

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 3 (48)



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК: СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ТЕХНІКА, ЕКОНОМІКА

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ, ТЕХНІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ І ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Заснований у 2005 р.

Випуск 3 (48)
<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3>
Виходить чотири рази на рік

pISSN 2706-9052
eISSN 2706-851X

Засновник: Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Головний редактор:

Іванишин В.В. – д-р. екон. наук, професор, академік НААН України, заслужений працівник сільського господарства України, ректор ЗВО «ПДУ» (Україна)

Виконавчий редактор:

Бялковська О.А. – д-р. екон. наук, професор, проректор 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 сільського господарства 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),

Горюк Ю.В. – канд. вет. наук, 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 № 9 від 28.08.2025 р.)

Підписано до друку 29.08.2025 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 3 (48)



“Helvetica”
Publishing House
2025

PODILIAN BULLETIN: AGRICULTURE, ENGINEERING, ECONOMICS

AGRICULTURAL, TECHNICAL, ECONOMIC AND VETERINARY SCIENCES

Founded in 2005

Issue 3 (48)

<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3>
Periodicity: 4 times a year

pISSN 2706-9052

eISSN 2706-851X

Founder: Higher Educational Institution «Podillia State University»

Editor-in-Chief:

Ivanysyn V.V. – Doctor of Economics, Professor,
Honored Worker of Agriculture of Ukraine,
Rector of HEI «PSU» (Ukraine)

Executive editor:

Bialkovska O.A. – Doctor of Economics, Professor,
Vice-Chancellor of 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 Juszcuk-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, Khmelnytskyi 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)

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

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

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

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

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

Recommended by Academic Council of HEI «PSU» (protocol № 9 from 28.08.2025)

Signed for printing on 29.08.2025.

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

Безвіконний П. В.

ВИНОС ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИНАМИ БУРЯКА КОРМОВОГО
ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ
В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ 9

Глухенький С. Л., Лихач В. Я.

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ СТАНКІВ, ПОРОДНОСТІ КНУРА-ПЛІДНИКА ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ
УТРИМАННЯ НА ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ТА ПРОДУКТИВНІ ОЗНАКИ СВИНОМАТОК І ПОРОСЯТ
У ПРОМИСЛОВОМУ СВИНАРСТВІ..... 15

Дрозд О. О., Мельник О. В., Ременюк Л. М.

ТОВАРНІСТЬ І ФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯБЛУК СОРТУ РЕНЕТ СИМИРЕНКА ЗАЛЕЖНО
ВІД РЕЖИМУ ОХОЛОДЖЕННЯ, ОБРОБКИ ДЕРЕВ ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТОМ
І ПЛОДІВ ІНГІБІТОРОМ ЕТИЛЕНУ 30

Іванів М. О., Сидякіна О. В., Гамула Є. А.

ВПЛИВ ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН ТА МІКРОДОБРИВ НА ВОДОСПОЖИВАННЯ ГІБРИДІВ
КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ 37

Лайтер В. В., Кухтин М. Д., Димчук А. В., Лайтер-Москалюк С. В.

ОЦІНКА ВМІСТУ НІТРАТІВ У МОЛОЦІ КОРОВ'ЯЧОМУ СИРОМУ ПРОТЯГОМ РОКУ 43

Люта І. М.

ВПЛИВ РОКУ ТА МІСЯЦЯ НАРОДЖЕННЯ І ОТЕЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ МОЛОЧНОЇ
ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ-ПЕРВІСТОК ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ..... 52

Матюха В. Л., Циліорик О. І., Семенов С. С.

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ СОРГО ВІД ШКІДНИКІВ
В УМОВАХ СТЕПУ УКРАЇНИ 59

Михайлюк Д. В., Правдива Л. А.

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ВИЖИВАНІСТЬ ТА ЗИМОСТІЙКІСТЬ
ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ..... 67

Мулярчук О. І., Степанченко В. М.

СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ СУХОЇ РЕЧОВИНИ
В РОСЛИНАХ ГОРОХУ ОВОЧЕВОГО..... 73

Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Шпирна В. Г., Жилін О. С., Грищенко О. Л.

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА БІШОФІТУ
В АГРОСИСТЕМАХ 79

Повод М. Г., Ковальова О. М., Михалко О. Г., Меженський Г. В., Луник Ю. М., Гончар В. І.

АНАЛІЗ ГАЛУЗІ СВИНАРСТВА ТА ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ДВОФАЗОВОГО ДОРОЩУВАННЯ ПОРОСЯТ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ГОДІВЛІ..... 86

Садовий А. А., Лихач В. Я.

ВПЛИВ ТЕПЛОВОГО СТРЕСУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ, ПОВЕДІНКУ ТА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН
СВИНЕЙ НА ВІДГОДІВЛІ 96

Цицюра Я. Г.

КОНЦЕПЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ЯК СИДЕРАТУ ЗА РІЗНИХ СТРОКІВ
ВИКОРИСТАННЯ НА ПІДСТАВІ БАГАТОРІЧНОГО ЦИКЛУ ВИВЧЕННЯ..... 104

Шейдик К. А.

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СОРТОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ *NICOTIANA RUSTICA* L.
ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СЕЛЕКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ СОРТОТИПІВ 118

Юрченко Ю. О.

ВПЛИВ СПОСОБУ СІВБИ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ НАСІННЯ СОЇ 126

Яценко Н. В., Ващенко О. В.

АДАПТИВНО-ПРОДУКТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГІБРИДІВ *CITRULLUS LANATUS* (THUNB.)
MATSUM. & NAKAI У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ 131

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Покотильська Н. В., Добровольська Е. В., Косович О. В. УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА	138
Чорнобай Д. М. СУТНІСТЬ, ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗНАЧЕННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	144

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Borak K. V., Kulyivskiy V. L., Borovskyi V. M., Rudenko V. G., Dobranskiy S. S. INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE WORKING BODIES OF TILLAGE MACHINES BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING	149
Околіта В. Ю., Бабко Є. М., Олішевський В. В. СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ	161

ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Boiko H. V., Bosa Ye. P. MODERN APPROACHES TO THERAPY AND RESUSCITATION OF DOGS IN CASES OF COUMARIN ANTICOAGULANT POISONING	169
Шептуха О. А., Масюк Д. М. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ ЕКСПРЕСІЇ МОЛЕКУЛЯРНИХ МАРКЕРІВ ЗІ СТАНОМ МІКОБІОМУ У ДВНАДЦЯТИПАЛІЙ КИШЦІ ПОРОСЯТ	176

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

Bezvikonnyy P. V. EXTRACTION OF MAIN NUTRITION ELEMENTS BY FODDER BEET PLANTS DEPENDING ON VARIETY FEATURES AND NORMS OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEP OF UKRAINE	9
Hlukhenkyi S. L., Lykhach V. Y. INFLUENCE OF MACHINE DESIGN, SIRE BREED AND TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF KEEPING ON REPRODUCTIVE AND PRODUCTIVE TRAITS OF SOWS AND PIGLETS IN INDUSTRIAL PIG PRODUCTION.....	15
Drozd O. O., Melnyk O. V., Remeniuk L. M. MARKETABILITY AND PHYSICAL PARAMETERS OF REINETTE SIMIRENKO APPLES DEPENDING ON THE COOLING MODE, TREATMENT OF TREES WITH ETHEPHON AND FRUITS WITH ETHYLENE INHIBITOR	30
Ivaniv M. O., Sydiakina O. V., Hamula Ye. A. INFLUENCE OF PLANT DENSITY AND MICRONUTRIENTS ON WATER CONSUMPTION OF MAIZE HYBRIDS UNDER CONDITIONS OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE	37
Laiter V. V., Kukhtyn M. D., Dymchuk A. V., Laiter-Moskaliuk C.V. ESTIMATION OF NITRATE CONTENT IN RAW COW'S MILK DURING THE YEAR.....	43
Liuta I. M. EFFECT OF YEAR AND MONTH OF BIRTH AND CALVING ON MILK PRODUCTION TRAITS IN PRIMIPAROUS COWS HOLSTEIN HEIFERS	52
Matiukha V. L., Tsyliuryk O. I., Semenov S. S. EFFECTIVENESS OF THE SORGHUM PROTECTION SYSTEM AGAINST PESTS UNDER THE CONDITIONS OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE	59
Mykhailiuk D. V., Pravdyva L. A. INFLUENCE OF ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE SURVIVAL AND WINTER HARDNESS OF WINTER WHEAT IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEP OF UKRAINE.....	67
Muliarchuk O. I., Stepanchenko V. M. VARIETAL CHARACTERISTICS OF DRY MATTER ACCUMULATION IN PLANTS OF VEGETABLE PEAS	73
Pysarenko P. V., Samoilik M. S., Dychenko O. Yu., Shpyrna V. H., Zhilin O. S., Hryshchenko O. L. COMPREHENSIVE USE OF PROBIOTICS AND BISHOPHYTES IN AGROSYSTEMS	79
Povod M. G., Kovalova O. M., Mykhalko O. G., Mezhenyskyi G. V., Lunyk Y. M., Gonchar V. I. ANALYSIS OF THE PIG FARMING INDUSTRY AND ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF TWO-PHASE GROWING OF PIGLETS UNDER VARIOUS FEEDING METHODS	86
Sadovyi A. A., Lykhach V. Y. INFLUENCE OF HEAT STRESS ON PRODUCTIVITY, BEHAVIOR AND PHYSIOLOGICAL STATUS OF FATTENING PIGS	96
Tsytsyura Y. G. CONCEPT OF USING OIL RADISH AS GREEN MANURE UNDER DIFFERENT APPLICATION PERIODS BASED ON A MULTI-YEAR STUDY CYCLE	104
Sheydyk K. A. SYSTEMATIZATION OF <i>NICOTIANA RUSTICA</i> L. VARIETAL DIVERSITY FOR OPTIMIZATION OF THE BREEDING PROCESS AND CLASSIFICATION OF VARIETAL TYPES	118
Yurchenko Yu. O. INFLUENCE OF SOWING METHOD ON THE FORMATION OF SOYBEAN SEED QUALITY.....	126
Yatsenko N. V., Vashchenko O. V. ADAPTIVE AND PRODUCTIVE POTENTIAL OF <i>CITRULLUS LANATUS</i> (THUNB.) MATSUM. & NAKAI HYBRIDS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE	131

ECONOMY

Pokotylska N. V., Dobrovolska E. V., Kosovych O. V. JOINT STOCK COMPANY PERSONNEL MANAGEMENT	138
--	-----

Chornobai D. M.

THE ESSENCE, FEATURES AND SIGNIFICANCE OF THE ENTREPRENEURIAL POTENTIAL OF RURAL AREAS	144
---	-----

TECHNICAL SCIENCES

Borak K. V., Kulykivskiy V. L., Borovskyi V. M., Rudenko V. G., Dobranskiy S. S.

INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE WORKING BODIES OF TILLAGE MACHINES BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING	149
---	-----

Okolita V. Yu., Babko E. M., Olishevsky V. V.

MODERN METHODS AND WAYS OF PURIFICATION OF SUNFLOWER OIL	161
--	-----

VETERINARY SCIENCES

Boiko H. V., Bosa Ye. P.

MODERN APPROACHES TO THERAPY AND RESUSCITATION OF DOGS IN CASES OF COUMARIN ANTICOAGULANT POISONING	169
--	-----

Sheptukha O. A., Masiuk D. M.

INTERRELATIONSHIPS BETWEEN THE EXPRESSION OF MOLECULAR MARKERS AND THE STATE OF THE MYCOBIOME IN THE DUODENUM OF PIGLETS	176
---	-----

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.1>

УДК 633.416:631.82

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: bezvikonnyy777@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4922-1763

ВИНОС ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИНАМИ БУРЯКА КОРМОВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І НОРМ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

У статті представлено результати багаторічних (2020–2024 роки) польових досліджень, спрямованих на вивчення впливу мінеральних добрив на вміст макроелементів (азоту, фосфору та калію) у біомасі кормових буряків різних сортів (Сонет, Ольжич, Стармон) в умовах Західного Лісостепу України. Особливу увагу приділено аналізу динаміки вмісту цих елементів у гичці та коренеплодах, а також визначенню їх винесення із ґрунту разом з урожаєм основної та побічної продукції.

Дослідження показали, що вміст азоту в гичці всіх сортів значно перевищував його концентрацію в коренеплодах. Внесення мінеральних добрив, особливо в дозах $N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$ кг д. р./га, сприяло максимальному накопиченню азоту як у листках (до 2,72% у сорту Ольжич), так і в коренеплодах. Середній вміст азоту в гичці становив: у сорту Сонет – 2,41%, Ольжич – 2,62%, Стармон – 2,54%; у коренеплодах відповідно – 1,12, 1,21, 1,39%.

Щодо фосфору, між вмістом його в гичці та коренеплодах чітких закономірностей не виявлено. Найбільше його накопичення зафіксовано в листках сорту Ольжич (0,64%) та коренеплодах сорту Стармон (0,51%) на суху масу. Застосування добрив сприяло підвищенню вмісту фосфору, особливо на варіантах із нормою $N_{150}P_{75}K_{225}$.

Калій, як елемент, що відіграє ключову роль у вуглеводному та білковому обміні, також продемонстрував підвищене накопичення у відповідь на удобрення. Найбільший його вміст виявлено в сорту Стармон – 1,73% у коренеплодах. У гичці концентрація калію в середньому перевищувала рівень у коренеплодах і змінювалася залежно від сорту, фази вегетації та умов живлення.

Вивчення виносу елементів живлення з урожаєм показало, що найбільше із ґрунту виноситься калію, далі – азоту та фосфору. Максимальний сумарний винос азоту, фосфору й калію спостерігався на удобрених варіантах сорту Стармон – 179 кг/га азоту, 45 кг/га фосфору та 227 кг/га калію. На контрольних ділянках без добрив ці показники були значно нижчими, що свідчить про критичне значення оптимального мінерального живлення для формування продуктивної врожайності й ефективного використання поживних речовин.

Отримані результати підтверджують важливу роль внесення добрив у регулюванні живлення кормових буряків, що дозволяє не лише підвищити концентрацію макроелементів у рослинах, але й забезпечити раціональне використання поживних речовин упродовж усього вегетаційного періоду.

Ключові слова: буряк кормовий, сорт, удобрення, вміст елементів живлення, винос.

Вступ. У розвитку тваринництва важливу роль відводять кормовиробництву, зокрема поліпшенню структури кормових культур і збільшенню виробництва соковитих кормів. Одними з найважливіших соковитих кормових культур є кормові буряки [2].

Кормовий буряк має винятково високу продуктивність – до 100–150 т/га. Але потенційні можливості цієї рослини реалізуються лише за поєднання складників технології вирощування та ґрунтово-кліматичних умов.

Одним із чинників, що впливає на накопичення поживних речовин у ґрунті та рослинах, що в результаті й визначає врожайність і якість коренеплодів, є забезпеченість кормових буряків елементами живлення [1].

Зважаючи на глобальне потепління, сучасні системи удобрення сприяють збереженню ґрунтової вологи й оптимізації водного балансу. Це, своєю чергою, зменшує негативний вплив зростання посушливості клімату на ріст, розвиток і продуктивність рослин.

Дослідженнями встановлено, що зольні елементи, які входять до складу рослин у меншій кількості, ніж вуглець, мають велике значення. Без їхньої участі неможливе утворення безазотистих і беззольних органічних сполук. Живлення рослин зольними елементами добре піддається регулюванню через застосування добрив [11].

Якщо співвідношення поживних речовин у середовищі наближається до того, яке властиве складу самих рослин буряків, це найбільшою мірою сприяє покращанню перебігу біохімічних реакцій у клітинах і підвищенню продуктивності культури [5].

М.Я. Бомба, І.В. Мартинюк [3] відзначають, що інтенсивність споживання рослинами азоту, фосфору та калію впродовж вегетаційного періоду значною мірою визначає їхню продуктивність. Одним зі шляхів підвищення продуктивності рослин буряка кормового є внесення мінеральних добрив на запланований рівень урожайності. Однак під час застосування добрив варто враховувати, що азот, фосфор і калій, що надходять у рослини, змінюють не тільки темпи росту та розвитку, а й концентрацію елементів живлення в органах рослин.

М.О. Ігнат'єв, М.І. Бахмат, І.А. Вітвіцький [6] стверджують, що за даними вмісту елементів живлення в органах рослини можна визначити потребу культури в елементах живлення. Водночас зазначено, що вміст поживних речовин залежить від сортових особливостей, рівня забезпеченості ґрунту елементами живлення та ґрунтово-кліматичних умов. Так, Г.І. Демидась, Л.М. Бурко [4] уважають, що без внесення фосфорного добрива надходження фосфору до рослин за підвищення температур із 18 до 35 °C збільшується на 300%. В особливо посушливих умовах спостерігається і зворотний відтік фосфору з підземних органів у коріння та ґрунт.

За даними Л.М. Карпук [7], винос азоту, фосфору та калію з урожаєм буряків залежить передусім від рівня врожайності.

Водночас В.В. Лихочвор, В.Ф. Петриченко [8] стверджують, що винос фосфору більшою мірою залежить від погодних умов, ніж від доз і видів добрив.

Тому вивчення вмісту зольних елементів у рослинах буряка кормового є важливим завданням, адже без оптимізації системи удобрення неможливо досягти високих урожаїв коренеплодів. Окрім того, розрахунок виносу елементів живлення для конкретних сортів у визначених природно-кліматичних умовах є важливим кроком для встановлення оптимальних доз добрив.

Мета роботи. Метою досліджень було визначення впливу норм і співвідношення мінеральних добрив на вміст та винос елементів живлення рослинами буряка кормового в умовах Західного Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводились упродовж 2020–2024 рр. на дослідному полі Навчально-виробничого центру «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий вилугуваний, малогумусний, середньосуглинковий на лесовидних суглинках. Вміст гумусу (за Тюрнімом) у шарі ґрунту 0–3 см становить 3,8–4,1%. Вміст сполук азоту, що легко гідролізуються (за Корнфілдом), становить 98–117 мг/кг, рухомого фосфору (за Чіріковим) – 81–94 мг/кг, обмінного калію (за Чіріковим) – 145–175 мг/кг ґрунту. Сума ввібраних основ коливається в межах 19,8–22,0 мг екв. на 100 г, має гідролітичну кислотність 0,791 мг екв. на 100 г ґрунту, ступінь насичення основами – 90%.

Схемою дослідів передбачене вивчення впливу різних співвідношень мінеральних добрив на динаміку формування площі листової поверхні та фотосинтетичних показників рослин буряка кормового. Схема дослідів включала такі фактори: фактор А – сорти: 1. Сонет (контроль); 2. Ольжич; 3. Стармон. Фактор В – норми внесення мінеральних добрив: 1. Без внесення добрив (контроль); 2. $N_{150}P_{150}K_{150}$; 3. $N_{225}P_{150}K_{75}$; 4. $N_{225}P_{75}K_{150}$; 5. $N_{150}P_{225}K_{75}$; 6. $N_{150}P_{75}K_{225}$; 7. $N_{75}P_{225}K_{150}$; 8. $N_{75}P_{150}K_{225}$. Площа облікової дослідної ділянки – 54 м², загальної – 65 м², повторність дослідів – чотирикратна.

Фенологічні спостереження, біометричні й фізіолого-біохімічні дослідження проводили відповідно до Методики дослідної справи в агрономії [10] та Методики проведення досліджень у буряківництві [9].

Результати досліджень показали (табл. 1), що вміст азоту в гичці буряків кормових усіх досліджуваних сортів значно більше, ніж у коренеплодах. Концентрація його в гичці змінювалася та в усіх випадках була вищою на варіантах дослідів із внесенням розрахункових доз мінеральних добрив. Так, на неудобреному варіанті дослідів в середньому за 2020–2024 рр. на час збирання вміст у гичці азоту становив: у сорту Сонет – 2,26% на суху масу, сорту Ольжич – 2,47%, сорту Стармон – 2,39% на суху масу.

Максимальний вміст азоту в листках буряка кормового спостерігали на варіантах з нормою внесення $N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$ кг д. р./га у всіх досліджуваних сортів, він відповідно становив: у сорту Сонет – 2,51 і 2,48% на суху масу, сорту Ольжич – 2,72 та 2,70%, сорту Стармон – 2,63 та 2,60% на суху масу. Аналогічна закономірність спостерігалась і в коренеплодах.

У середньому в сорту Сонет вміст азоту в гичці буряків кормових становив 2,41% на суху масу, у сорту Ольжич – 2,62%, сорту Стармон – 2,54%. Вміст азоту в коренеплодах у середньому за сортом становив: у сорту Сонет – 1,12%, сорту Ольжич – 1,21%, сорту Стармон – 1,39% на суху масу.

Аналіз отриманих даних дає підстави вважати, що мінеральні добрива спричинили збільшення вмісту азоту в рослинах і тим значніше, чим більша доза азотних добрив.

Фосфору належить одне з найважливіших місць в обміні речовин і енергії, взаємозв'язок яких визначає швидкість утворення органічних речовин і пересування їх по органах рослини.

Характер фосфорного обміну залежить від віку рослин, впливу на рослини навколишнього середовища, зокрема й умов мінерального живлення.

Таблиця 1. Вплив доз мінеральних добрив на вміст елементів живлення в рослинах кормових буряків на період збирання, % на суху речовину (середнє за 2020–2024 рр.)

Сорт (фактор А)	Фон живлення (фактор В)	Гичка			Коренеплід		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сонет (контроль)	Без внесення добрив (к)*	2,26	0,48	2,45	0,98	0,36	1,21
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	2,45	0,56	2,64	1,17	0,48	1,54
	N ₂₂₅ P ₁₅₀ K ₇₅	2,38	0,51	2,57	1,08	0,41	1,38
	N ₂₂₅ P ₇₅ K ₁₅₀	2,48	0,57	2,67	1,20	0,50	1,61
	N ₁₅₀ P ₂₂₅ K ₇₅	2,35	0,50	2,54	1,04	0,40	1,33
	N ₁₅₀ P ₇₅ K ₂₂₅	2,51	0,59	2,69	1,24	0,51	1,67
	N ₇₅ P ₂₂₅ K ₁₅₀	2,40	0,53	2,59	1,10	0,44	1,50
	N ₇₅ P ₁₅₀ K ₂₂₅	2,43	0,54	2,62	1,14	0,47	1,44
Ольжич	Без внесення добрив (к)*	2,47	0,54	2,65	1,14	0,39	0,93
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	2,67	0,67	2,88	1,21	0,52	1,46
	N ₂₂₅ P ₁₅₀ K ₇₅	2,59	0,61	2,78	1,17	0,44	1,22
	N ₂₂₅ P ₇₅ K ₁₅₀	2,70	0,68	2,91	1,27	0,54	1,50
	N ₁₅₀ P ₂₂₅ K ₇₅	2,55	0,59	2,75	1,15	0,42	1,14
	N ₁₅₀ P ₇₅ K ₂₂₅	2,72	0,71	2,94	1,30	0,57	1,56
	N ₇₅ P ₂₂₅ K ₁₅₀	2,63	0,63	2,81	1,18	0,46	1,29
	N ₇₅ P ₁₅₀ K ₂₂₅	2,65	0,65	2,85	1,24	0,49	1,38
Стармон	Без внесення добрив (к)*	2,39	0,50	2,57	1,22	0,43	1,55
	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	2,58	0,65	2,82	1,46	0,55	1,80
	N ₂₂₅ P ₁₅₀ K ₇₅	2,53	0,58	2,73	1,33	0,47	1,68
	N ₂₂₅ P ₇₅ K ₁₅₀	2,60	0,67	2,85	1,49	0,58	1,84
	N ₁₅₀ P ₂₂₅ K ₇₅	2,51	0,56	2,70	1,28	0,46	1,61
	N ₁₅₀ P ₇₅ K ₂₂₅	2,63	0,69	2,88	1,53	0,61	1,86
	N ₇₅ P ₂₂₅ K ₁₅₀	2,55	0,60	2,75	1,38	0,49	1,72
	N ₇₅ P ₁₅₀ K ₂₂₅	2,56	0,63	2,79	1,43	0,51	1,77

Примітка: (к)* – контроль.

У наших дослідженнях між вмістом фосфору в гичці й коренеплодах чітких відмінностей не спостерігалося. Вивчення характеру розподілу сполук фосфору по органах кормових буряків дозволило виявити, що на період збирання врожаю найбільший вміст фосфору в листках був у сорту Ольжич – 0,64%, а в коренеплодах – у сорту Стармон (0,51%). Якщо характеризувати вплив мінеральних добрив на вміст фосфору, то максимальне значення було зафіксовано на варіантах за використання добрив із нормою N₁₅₀P₇₅K₂₂₅ і становило в коренеплодах сорту Сонет 0,51%, сорту Ольжич – 0,57%, сорту Стармон – 0,61% на суху масу. Найменші значення показника вмісту фосфору в досліджуваних сортів зазначено на контрольних ділянках.

Варто зазначити, що на варіантах досліду із внесенням мінеральних добрив у рослин кормових буряків зберігалися високі середньодобові прирости сухої речовини до кінця вегетації. Тому на удобрених ділянках елементи живлення впродовж усього вегетаційного періоду використовувалися більш рівномірно, ніж на контролі.

Калій є ключовим елементом у процесах вуглеводного та білкового обміну рослин. Він забезпечує синтез цукрів у листках та їх доставку до молодих органів, де вони знову залучаються до метаболічних процесів.

В умовах Західного Лісостепу вміст калію в коренеплодах кормових буряків змінювався не тільки від рівня мінерального живлення, але й залежно від сортових особливостей. Найбільший вміст калію в коренеплодах відмічали в сорту Стармон, він становив у середньому за сортом 1,73%, у сорту Сонет – 1,46%, сорту Ольжич – 1,31% на абсолютно суху масу. Вміст калію в гичці був дещо вищим порівняно із вмістом його в коренеплодах, залежав від сорту, віку рослин і рівня мінерального живлення.

На удобренних варіантах, порівняно з контролем, найвищий вміст калію в коренеплодах відмічали на варіантах $N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$ кг д. р./га у всіх досліджуваних сортів. Так, за внесення добрив $N_{150}P_{75}K_{225}$ вміст калію в коренеплодах на період збирання становив: у сорту Сонет – 1,67%, сорту Ольжич – 1,56%, сорту Стармон – 1,86% на суху масу.

Об'єктивно оцінити накопичення елементів живлення в кормових буряках в умовах Західного Лісостепу можна проведенням аналізу параметрів їх виносу з урожаєм (табл. 2). Так, найбільше з урожаєм коренеплодів і побічною продукцією (гичкою) виноситься із ґрунту калію, зокрема: у сорту Сонет у середньому за варіантами – 158,8 кг/га, сорту Ольжич – 164,6 кг/га, сорту Стармон – 184,9 кг/га.

Таблиця 2. Винос елементів живлення з урожаєм залежно від удобрення, кг/га (середнє за 2020–2024 рр.)

Сорт (фактор А)	Фон живлення (фактор В)	Винос гичкою			Винос коренеплодами			Загальний винос		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сонет (контроль)	Без внесення добрив (к)*	35	12	57	50	15	73	85	27	130
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	56	16	74	84	21	96	140	37	170
	$N_{225}P_{150}K_{75}$	43	14	61	66	18	82	109	32	143
	$N_{225}P_{75}K_{150}$	64	17	77	93	21	101	157	38	178
	$N_{150}P_{225}K_{75}$	39	13	58	60	17	79	99	30	137
	$N_{150}P_{75}K_{225}$	66	18	86	97	22	110	163	40	196
	$N_{75}P_{225}K_{150}$	47	14	66	70	19	88	117	33	154
	$N_{75}P_{150}K_{225}$	51	15	70	77	20	92	128	35	162
Ольжич	Без внесення добрив (к)*	39	13	60	55	16	74	94	29	134
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	60	17	78	85	21	100	145	38	178
	$N_{225}P_{150}K_{75}$	46	14	65	68	18	83	114	32	148
	$N_{225}P_{75}K_{150}$	66	18	82	95	22	102	161	40	184
	$N_{150}P_{225}K_{75}$	44	14	62	64	17	80	108	31	142
	$N_{150}P_{75}K_{225}$	71	19	90	99	23	113	170	42	203
	$N_{75}P_{225}K_{150}$	52	15	69	75	18	89	127	33	158
	$N_{75}P_{150}K_{225}$	56	16	75	80	20	95	136	36	170
Стармон	Без внесення добрив (к)*	44	15	64	61	17	79	105	32	143
	$N_{150}P_{150}K_{150}$	62	18	90	89	22	114	151	40	204
	$N_{225}P_{150}K_{75}$	52	16	73	75	19	94	127	35	167
	$N_{225}P_{75}K_{150}$	68	19	93	97	23	117	165	42	210
	$N_{150}P_{225}K_{75}$	48	15	68	70	19	87	118	34	155
	$N_{150}P_{75}K_{225}$	75	20	101	104	25	126	179	45	227
	$N_{75}P_{225}K_{150}$	54	16	80	78	21	101	132	37	181
	$N_{75}P_{150}K_{225}$	59	17	85	84	21	107	143	38	192

Варто підкреслити, що з коренеплодами виноситься в сорту Сонет 90,1 кг/га, сорту Ольжич – 92,0 кг/га, сорту Стармон – 103,1 кг/га відповідно. Загальний винос азоту з урожаєм кормового буряка сорту Сонет у середньому за 2020–2024 рр. становив 124,8 кг/га, фосфору – 34,0 кг/га, сорту Ольжич – 131,9 та 35,1 кг/га, сорту Стармон – 140,0 та 37,9 кг/га.

Варто зауважити, що великий вплив на винос поживних речовин урожаєм надають добрива. Так, на контрольній ділянці без внесення мінеральних добрив винесення поживних речовин з урожаєм становило: у сорту Сонет – 85 кг/га азоту, 27 кг/га фосфору та 130 кг/га калію; у сорту Ольжич – 94, 29, 134 кг/га; сорту Стармон – 105, 32 та 143 кг/га відповідно.

Дослідженнями встановлено значний вплив добрив на винесення азоту, фосфору та калію із ґрунту. Максимальний винос елементів живлення спостерігали за внесення мінеральних добрив із нормою $N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$ у всіх досліджуваних сортів. У розрізі сортів найбільший винос елементів живлення з урожаєм буряків кормових спостерігали в сорту Стармон. Так, на варіанті з нормою $N_{150}P_{75}K_{225}$ винос азоту з урожаєм кормового буряка становив 179 кг/га, фосфору – 45, калію – 227 кг.

Важливо підкреслити, що інтенсивність винесення елементів живлення із ґрунту першочергово визначається врожайністю основної та побічної продукції, а не пропорційним вмістом цих елементів у рослинах буряка кормового.

Отже, винесення поживних речовин рослиною визначається комплексом факторів, що впливають на врожайність кормових буряків, а саме: сортом, рівнем мінерального живлення, погодними умовами, родючістю ґрунтів та іншим.

Висновки. На основі даних польових дослідів і лабораторних досліджень встановлено, що у 2020–2024 рр. на варіанті, де використовувалися мінеральні добрива з нормою $N_{150}P_{75}K_{225}$, спостерігали максимальний вміст елементів живлення в листках і коренеплодах буряка кормового в усіх досліджуваних сортів на період збирання. Максимальний винос елементів живлення спостерігали за внесення мінеральних добрив з нормою $N_{150}P_{75}K_{225}$ та $N_{225}P_{75}K_{150}$ у всіх досліджуваних сортів. У розрізі сортів найбільший винос елементів живлення з урожаєм буряків кормових спостерігали в сорту Стармон. Так, на варіанті з нормою $N_{150}P_{75}K_{225}$ винос азоту з урожаєм кормового буряка становив 179 кг/га, фосфору – 45, калію – 227 кг.

Список використаних джерел

1. Безвіконний П.В. Фотосинтетична діяльність рослин буряка кормового залежно від впливу мінеральних добрив. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. № (1) 46. С. 19–25. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.2>.
2. Безвіконний П.В. Формування маси листя буряка кормового залежно від застосування мікродобрив і фунгіцидів в умовах Західного Лісостепу. *Селекція, генетика, сортовипробування та агротехнології культурних рослин: виклики та перспективи* : матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, с. Центральне, 25 квітня 2025 р. С. 14–15.
3. Бомба М.Я., Мартинюк І.В. Кормовий буряк: шляхи вдосконалення технології вирощування. *Вчені Львівського державного університету виробництва*. 2005. Вип. 5. С. 28–30.
4. Демидась Г.І., Бурко Л.М. Вплив елементів технології вирощування на особливості формування урожаю буряків кормових *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2011. Вип. 7 (47). С. 17–20.
5. Заришняк А.С., Савчук К.А. Добрива – головний фактор підвищення продуктивності цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2005. № 4. С. 4–5.
6. Ігнат'єв М.О., Бахмат М.І., Вітвіцький І.А. Буряківництво. Кам'янець-Подільський, 2002. 208 с.
7. Карпук Л.М. Формування продуктивності буряків цукрових залежно від агротехнічних прийомів вирощування. *Агробіологія* : збірник наукових праць. Біла Церква, 2013. Вип. 11 (104). С. 60–64.
8. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Мінеральні добрива та їх застосування. 2-ге вид., доп. і випр. Львів : НВФ «Українські технології», 2012. 324 с.
9. Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М.В. Роїка, Н.Г. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д.Ю., 2014. 373 с.
10. Рожков А.О., Пузік В.К., Каленська С.М. Дослідна справа в агрономії : навчальний посібник : у 2 кн. Кн. 1 : Теоретичні аспекти дослідної справи / за ред. А.О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
11. Фомічов А.М., Середа К.П. Прогресивна технологія вирощування буряків кормових на корм і насіння : методичні рекомендації. Київ, 1985. 14 с.

Bezvikonnnyy 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: bezvikonnnyy777@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4922-1763

EXTRACTION OF MAIN NUTRITION ELEMENTS BY FODDER BEET PLANTS DEPENDING ON VARIETY FEATURES AND NORMS OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEP OF UKRAINE

Abstract

The article presents the results of multi-year (2020–2024) field research aimed at studying the influence of mineral fertilizers on the content of macroelements (nitrogen, phosphorus, and potassium) in the biomass of fodder beets of different varieties (Sonet, Olzhych, Starmon) in the conditions of the western Forest-Steppe of Ukraine. Particular attention is paid to the analysis of the dynamics of the content of these elements in leaves and root crops, as well as to the determination of their removal from the soil along with the yield of the main and by-products.

Studies have shown that the nitrogen content in the leaves of all varieties significantly exceeded its concentration in root crops. The application of mineral fertilizers, especially in doses $N_{150}P_{75}K_{225}$ and $N_{225}P_{75}K_{150}$ kg/ha, contributed to the maximum accumulation of nitrogen both in leaves (up to 2,72% in the Olzhych variety) and in root crops. The average nitrogen content in the leaves was: in the Sonet variety – 2,41%, Olzhych – 2,62%, Starmon – 2,54%; in root crops, respectively – 1,12, 1,21, 1,39%.

As for phosphorus, no clear patterns were found between its content in leaves and root crops. Its greatest accumulation was recorded in the leaves of the Olzhych variety (0,64%) and root crops of the Starmon variety (0,51%) on a dry weight basis. The use of fertilizers contributed to an increase in the phosphorus content, especially in the variants with the norm $N_{150}P_{75}K_{225}$.

Potassium, as an element that plays a key role in carbohydrate and protein metabolism, also demonstrated increased accumulation in response to fertilization. Its highest content was found in the Starmon variety – 1,73% in root crops. In the leaves, the potassium concentration on average exceeded the level in root crops and varied depending on the variety, vegetation phase and nutritional conditions.

The study of the removal of nutrients with the harvest showed that potassium is removed from the soil the most, followed by nitrogen and phosphorus. The maximum total removal of nitrogen, phosphorus and potassium was observed on fertilized variants of the Starmon variety – 179 kg/ha of nitrogen, 45 kg/ha of phosphorus and 227 kg/ha of potassium. On control plots without fertilizers, these indicators were significantly lower, which indicates the critical importance of optimal mineral nutrition for the formation of productive yields and efficient use of nutrients.

The results obtained confirm the important role of fertilizer application in regulating the nutrition of fodder beets, which allows not only to increase the concentration of macronutrients in plants, but also to ensure the rational use of nutrients throughout the growing season.

Key words: fodder beet, variety, fertilizer, nutrient content, removal.

References

1. Bezvikonnyi, P.V. (2025). Fotosyntetychna diialnist roslyn buriaka kormovoho zalezchno vid vplyvu mineralnykh dobryv [Photosynthetic activity of fodder beet plants depending on the influence of mineral fertilizers]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics*, iss. 1 (46), pp. 19–25 [in Ukrainian].
2. Bezvikonnyi, P.V. (2025). Formuvannia masy lystia buriaka kormovoho zalezchno vid zastosuvannia mikrodobryv i funghitsydiv v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Fodder beet leaf mass formation depending on the application of microfertilizers and fungicides in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Selektsiia, henetyka, sortovyprobuvannia ta ahrotekhnolohii kulturnykh roslyn: vyklyky ta perspektyvy: materialy XIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh i spetsialistiv* pp. 14–15. Tsentralne [in Ukrainian].
3. Bomba, M.Ya., & Martyniuk, I.V. (2005). Kormovy buriak: shliakhy vdoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia [Fodder beet: ways to improve growing technology]. *Vcheni Lvivskoho derzhavnogo universytetu vyrobnytstva – Scientists of the Lviv State University of Production*, iss. 5. pp. 28–30 [in Ukrainian].
4. Demydas, H.I., & Burko, L.M. (2011). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na osoblyvosti formuvannia urozhaiu buriakiv kormovykh [The influence of elements of cultivation technology on the peculiarities of fodder beet yield formation]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarynogo universytetu – Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University*, iss. 7 (47). pp. 17–20 [in Ukrainian].
5. Zaryshniak, A.S., & Savchuk, K.A. (2005). Dobryva – holovnyi faktor pidvyshchennia produktyvnosti tsukrovyykh buriakiv [Fertilizers – the main factor in increasing the productivity of sugar beets]. *Tsukrovi buriaky – Sugar beets*, iss. 4. pp. 4–5 [in Ukrainian].
6. Ihnatiev, M.O., Bakhmat, M.I., & Vitvitskyi, I.A. (2002). *Buriakivnytstvo [Beet growing]*. Kamianets-Podilskyi [in Ukrainian].
7. Karpuk, L.M. (2013). Formuvannia produktyvnosti buriakiv tsukrovyykh zalezchno vid ahrotekhnichnykh pryiomiv vyroshchuvannia [Formation of sugar beet productivity depending on agrotechnical cultivation methods]. *Ahrobiolohiia: zbirnyk naukovykh prats – Agrobiolohy: Collection of scientific works*, iss. 11 (104). pp. 60–64 [in Ukrainian].
8. Lykhochvor, V.V., & Petrychenko, V.F. (2012). *Mineralni dobryva ta yikh zastosuvannia. 2-he vydannia, dopovn. i vypravl [Mineral fertilizers and their application. 2nd edition, supplemented and corrected]*. Lviv: NVF “Ukrainski tekhnolohii” [in Ukrainian].
9. Roik, M.V., & Hizbullin, N.H. (2014). *Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi [Methods of conducting research in sugar beet growing]*. Kyiv: FOP Korzun D.Yu. [in Ukrainian].
10. Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., & Kalenska, S.M. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navch. posib.: u 2 kn. Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy [Research work in agronomy: a teaching manual: in 2 books. Book 1. Theoretical aspects of research work]*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian].
11. Fomichov, A.M., & Sereda, K.P. (1985). *Prohresyva tekhnolohiia vyroshchuvannia buriakiv kormovykh na korm i nasinnia: metodychni rekomendatsii [Progressive technology of growing fodder beets for feed and seeds: methodological recommendations]*. Kyiv [in Ukrainian].

Отримано: 26.05.2025

Рекомендовано: 30.06.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.2>
УДК 636.4.082.1:636.083

Глухенький С. Л.

здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії III року навчання,
кафедра технологій у птахівництві, свинарстві та вівчарстві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: s.hlukhenkyi@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0001-6819-1243

Лихач В. Я.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри технологій у птахівництві, свинарстві та вівчарстві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: vylykhach80@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-9150-6730

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ СТАНКІВ, ПОРОДНОСТІ КНУРА-ПЛІДНИКА ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ УТРИМАННЯ НА ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ТА ПРОДУКТИВНІ ОЗНАКИ СВИНОМАТОК І ПОРОСЯТ У ПРОМИСЛОВОМУ СВИНАРСТВІ

Анотація

У контексті євроінтеграційного курсу Україна активно впроваджує положення європейських директив щодо гуманного ставлення до сільськогосподарських тварин, зокрема – обмеження фіксованого утримання свиноматок у період поросності та лактації. Це актуалізує необхідність науково обґрунтованого підходу до вибору типів станків і схем утримання, які не лише забезпечують відповідність стандартам благополуччя, але й сприяють високій продуктивності тварин. У статті подано результати комплексного трифакторного дослідження, метою якого було з'ясування впливу різних умов утримання свиноматок у період поросності, типу станка за опоросу, породності кнура-плідника та їхньої взаємодії на відтворювальні та продуктивні ознаки свиноматок і порослят-сисунів. Дослідження проведено у 2023–2025 роках на базі ПОП «Вікторія» (Миколаївська область) за участі 576 гнізд свиноматок і 8 118 порослят, отриманих від двопородних маток (велика біла × ландрас) і кнурів термінальних ліній PIC 337 та “Maxter”. Експеримент проводився з дотриманням вимог Закону України «Про ветеринарну медицину» щодо благополуччя тварин. Встановлено, що умови утримання в цеху відтворення вірогідно впливали на більшість показників репродуктивної здатності: багатоплідність, масу гнізда, молочність, вирівняність приплоду, збереженість порослят, товщину шипу тощо. Найвищі показники були притаманні свиноматкам, які утримувалися індивідуально або з поетапним переходом у групові станки, а також у разі використання традиційних станків опоросу. Повністю групове утримання порослих свиноматок виявилось найменш ефективним. Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що вони можуть бути використані для вдосконалення технологій утримання свиноматок у промисловому свинарстві з урахуванням вимог благополуччя тварин і потреб ефективного виробництва.

Ключові слова: благополуччя, відтворювальні ознаки, породність, продуктивність, свиноматка, станкове обладнання, технологія, утримання.

Вступ. У контексті євроінтеграційного курсу Україна активно впроваджує положення європейських директив, зокрема щодо гуманного ставлення до сільськогосподарських тварин. Одним з актуальних питань є вдосконалення систем утримання свиноматок під час опоросу та лактації відповідно до вимог благополуччя тварин [3–5; 11; 21]. Сучасні дослідження свідчать, що конструкції станків мають урахувати не лише санітарно-гігієнічні та технологічні, але й етичні та біологічні потреби тварин у різні фізіологічні періоди [17; 19; 25]. Оптимальні технологічні рішення знижують рівень стресу, покращують доступ до корму, зменшують ризики травматизму та сприяють підвищенню ефективності виробництва [12; 20; 24].

Особливо чутливими до умов утримання тварини в періоди опоросу та лактації, коли вони демонструють підвищену реактивність до зовнішніх подразників [3; 18; 22]. Використання адаптивних станків сприяє не лише безпечному догляду за свиноматками та порослятами, а й реалізації природних поведінкових реакцій тварин, що позитивно впливає на їхній фізіологічний стан [23; 26].

Водночас повномасштабна війна в Україні, дефіцит інвестицій і обладнання створюють обмеження для впровадження нових технологій. У цих умовах свиного господарства шукають компромісні рішення – шляхом реконструкції наявних приміщень, модернізації станків і впровадження гнучких інженерних рішень [5; 10; 22]. Це дозволяє адаптувати виробництво до сучасних вимог, зберігати конкурентоспроможність і забезпечувати благополуччя тварин навіть за обмеженого бюджету.

Зростання уваги до етичного аспекту виробництва стимулює пошук ефективних і гуманних конструкцій утримання, що дозволяють зменшити стрес, підвищити життєздатність приплоду та продуктивність свиноматок [10; 13; 15; 18]. Адаптивні конструкції, які трансформуються залежно від віку поросят або стану свиноматки, є перспективним напрямом гармонізації між виробничими потребами та стандартами благополуччя.

Упровадження положень Директиви Ради ЄС 2008/120/ЄС, яка обмежує застосування фіксованих станків, створює нові виклики для науковців і практиків [14; 16]. Тому актуальним є вивчення впливу різних типів станків на фізіологічний стан, поведінку та відтворювальні ознаки свиноматок.

Мета роботи. Встановити вплив конструктивних особливостей станків для утримання свиноматок на різних стадіях репродуктивного циклу, типу виробничого досліду та породного походження кнурів-плідників, а також їхньої взаємодії на основні відтворювальні та продуктивні ознаки свиноматок і поросят-сисунів у промислових умовах, з подальшим науково обґрунтованим удосконаленням технологій утримання з урахуванням принципів благополуччя тварин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Комплексний науково-господарський дослід, що охоплював три експерименти, проводився впродовж 2023–2025 рр. на базі приватно-орендного підприємства «Вікторія» Баштанського району Миколаївської області. Загалом було досліджено 576 гнізд підсисних свиноматок із загальною кількістю 8 118 поросят-сисунів, отриманих від двопородних свиноматок (велика біла × ландрас) у поєднанні із кнурами термінальних ліній “Maxter” (“France Hybrides”, Франція) та PIC 337 (“PIC”, Великобританія). Осіменіння проводили вагінальним методом із застосуванням одноразових катетерів “MS Schippers” (Нідерланди) і свіжорозведеної сперми, отриманої в межах пункту штучного осіменіння господарства.

Усі експерименти реалізовувались у виробничих приміщеннях для холостих, поросних і лактуючих свиноматок згідно з нормами ВНТП-АПК-02.05 та рекомендаціями генетичних компаній [2]. Відповідно до схеми експерименту (табл. 1), сформовано чотири піддослідні групи тварин за принципом аналогів: I експеримент – утримання свиноматок у традиційних індивідуальних станках протягом усієї поросності; II експеримент – перший місяць поросності – індивідуальні станки, далі – переведення у групові станки; III експеримент – утримання холостих і поросних свиноматок у групових станках, виробник обладнання ТОВ «АгроДана» (Україна). Усі групи перед опоросом (за 5 діб) переводилися до цеху опоросу: I–II групи – у традиційні фіксуєчі станки опоросу (4,32 м²), III–IV – у вдосконалені станки з вільним утриманням свиноматок від 7-ї доби лактації до відлучення (7,20 м², ТОВ «АгроДана»).

Годівля тварин здійснювалася комбікормами власного виробництва для різних фізіологічних станів, згідно з раціонами, розробленими в господарстві з урахуванням рекомендацій генетичних компаній [9]. Застосовувалися білково-мінеральні добавки та премікси виробництва ТОВ «Цехаве Україна». Напування свиноматок здійснювалося з ніпельних напувалок, поросят – із чашкових (на висоті 7 см від підлоги). Джерелами локального обігріву для поросят були: інфрачервоні лампи, електрокилимки та брудери.

Усі ветеринарні процедури здійснювалися згідно із затвердженою схемою в господарстві. Мікроклімат забезпечувався системою негативної вентиляції з керуванням через мікропроцесори. Гній видалявся вакуумно-самопливною системою із гнойовими ваннами та трубопроводами.

Експеримент проводився з дотриманням вимог Закону України «Про ветеринарну медицину» (2021 р.) щодо благополуччя тварин [8].

Таблиця 1. Схема науково-господарського дослід з вивчення впливу конструктивних особливостей станків, типу виробничого досліду та породності кнурів-плідників на продуктивні ознаки свиноматок і поросят

Група			
I n = 48	II n = 48	III n = 48	IV n = 48
Породність			
♀(ВБ ^a × Л ^b) × ♂Мк ^c	♀(ВБ × Л) × ♂PIC 337 ^d	♀(ВБ × Л) × ♂Мк	♀(ВБ × Л) × ♂PIC 337
Експеримент 1. Утримання холостих і поросних свиноматок в індивідуальних станках.			
Експеримент 2. Утримання холостих і поросних свиноматок в індивідуальних станках перші 30 діб поросності. Утримання у групових станках протягом 30–110-ї діб поросності.			
Експеримент 3. Утримання холостих і поросних свиноматок у групових станках.			
Утримання в цеху опоросу для експериментів 1, 2, 3			
традиційний станок з фіксацією свиноматки протягом підсисного періоду		удосконалений станок для вільного утримання свиноматки із 7-ї доби після опоросу й до відлучення	

Примітки: a – велика біла порода; b – порода ландрас; c – термінальна лінія кнурів “Maxter”; d – термінальна лінія кнурів PIC 337.

Оцінювалися такі продуктивні ознаки: загальна кількість поросят при народженні – *TNB* (гол.), багатоплідність – *NBA* (гол.), частка мертвонароджених поросят – *PSB* (%), маса гнізда поросят при народженні (*LWB*) та відлученні (28 діб) – *LWW* (кг); жива маса кожного поросяти при народженні (великоплідність) – *AWPB*, відлученні (28 діб) – *APWW* (кг), кількість поросят у гнізді при відлученні – *NW28d* (гол.), середньодобовий приріст поросят-сисунів – *ADG* (г), збереженість приплоду (%). Для комплексного оцінювання використовували оціночний індекс відтворювальної здатності [6]. Оцінювання вгодованості свиноматок проводили за товщиною шпигу в точці *P2* за допомогою УЗ-сканера “*Renco*”, за відповідними загальноприйнятими методиками [6; 7].

Обробка експериментальних даних здійснювалась методом варіаційної статистики за використання пакету прикладних програм [1].

З метою виявлення статистично достовірного впливу основних експериментальних чинників на відтворювальні та продуктивні ознаки свиноматок і поросят-сисунів проведено трифакторний дисперсійний аналіз (табл. 2).

У дослідженні враховано такі фактори: тип експерименту (*A*), конструктивну особливість станків для опоросу (*B*) та генотип кнур-плідника за породністю (*C*), а також їх взаємодію (*A*×*B*, *A*×*C*, *B*×*C*, *A*×*B*×*C*). Отже, представлені нижче результати дозволяють оцінити рівень впливу кожного із чинників окремо та в їхній сукупній дії на ключові ознаки репродуктивної ефективності свиноматок і темпи росту поросят у підсисний період, що дозволяє визначити найбільш ефективні комбінації технологічних і генетичних рішень для оптимізації системи відтворення у промисловому свиноводстві.

Порівняльний аналіз результатів науково-господарських дослідів № № 1, 2 та 3, що різнилися за умовами утримання свиноматок в цеху відтворення, показав, що ці умови вірогідно впливали на всі ознаки відтворення свиноматок і кондицію останніх. Винятком були лише середня жива маса поросяти під час відлучення та приросту живої маси поросят від народження до відлучення. Окрім того, умови утримання свиноматок в цеху відтворення часто проявляли сумісний вірогідний вплив разом із породністю кнур-плідника та/або із типом станка (табл. 2).

На загальну кількість поросят при народженні, багатоплідність і загальну масу гнізда при народженні встановлено вірогідний вплив умов утримання свиноматок у цеху відтворення – холості та поросні свиноматки, які утримувалися в індивідуальних станках увесь період поросності (Експеримент 1) або перші 30 діб поросності, а від 30 до 110 доби поросності утримувалися у групових станках (Експеримент 2), майже не відрізнялися одна від одної за даними ознаками, але вірогідно переважали свиноматок, які утримувалися у групових станках увесь період (Експеримент 3), незалежно від типу станка під час опоросу. Установлено додатково вірогідний вплив породності кнур-плідника – свиноматки, яких було запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії *PIC 337*, зазвичай характеризувалися більш високим проявом ознак (рис. 1, 2, 3).

Таблиця 2. Результати трифакторного дисперсійного аналізу впливу експерименту (*A*), типу станка (опорос) (*B*), породності кнур-плідника (*C*) та їх сумісної дії на продуктивні ознаки свиноматок і поросят-сисунів

Ознака	Джерело мінливості						
	Експеримент (<i>A</i>)	Тип станка (опорос) (<i>B</i>)	Породність кнур-плідника (<i>C</i>)	<i>A</i> × <i>B</i>	<i>A</i> × <i>C</i>	<i>B</i> × <i>C</i>	<i>A</i> × <i>B</i> × <i>C</i>
<i>TNB</i>	***	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>NBA</i>	***	**	***	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>PSB</i>	**	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>LWB</i>	***	**	***	<i>ns</i>	***	*	<i>ns</i>
<i>AWPB</i>	***	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Вирівняність гнізда	***	***	***	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Індекс	***	***	***	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Молочність	***	***	<i>ns</i>	***	***	<i>ns</i>	***
<i>NW28d</i>	***	***	***	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>LWW</i>	***	***	**	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>APWW</i>	<i>ns</i>	***	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>ADG</i>	<i>ns</i>	***	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Збереженість	***	<i>ns</i>	***	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*
ТШ перед опоросом	***	***	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
ТШ при відлученні	***	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Втрати ТШ за лактацію	***	***	<i>ns</i>	*	*	<i>ns</i>	**

Примітки: *ns* – невірогідна різниця; * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

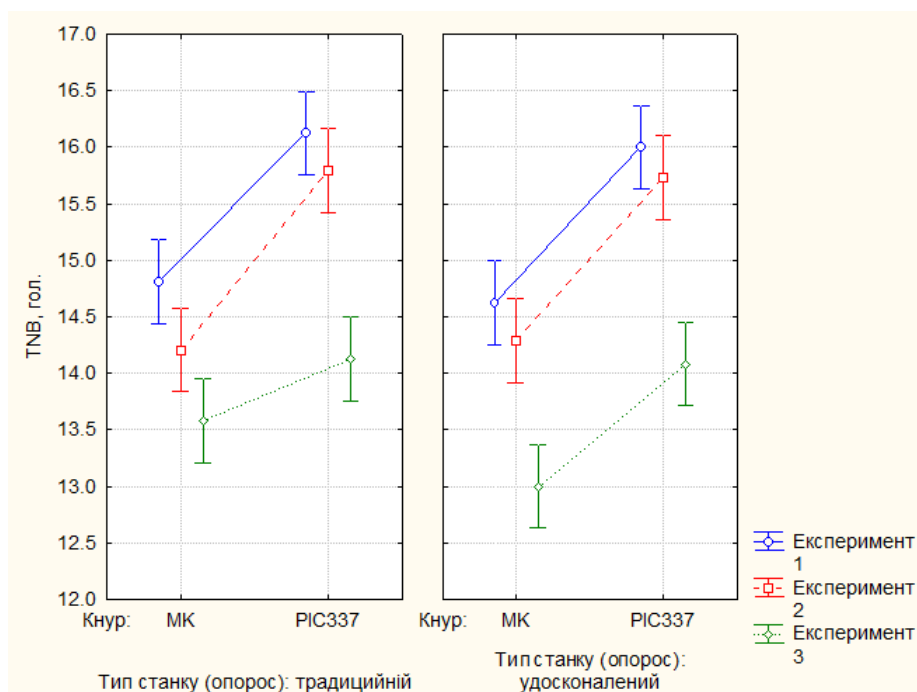


Рис. 1. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) загальної кількості поросят при народженні (TNB) залежно від експерименту, типу станка (опорос) та породності кнура-плідника

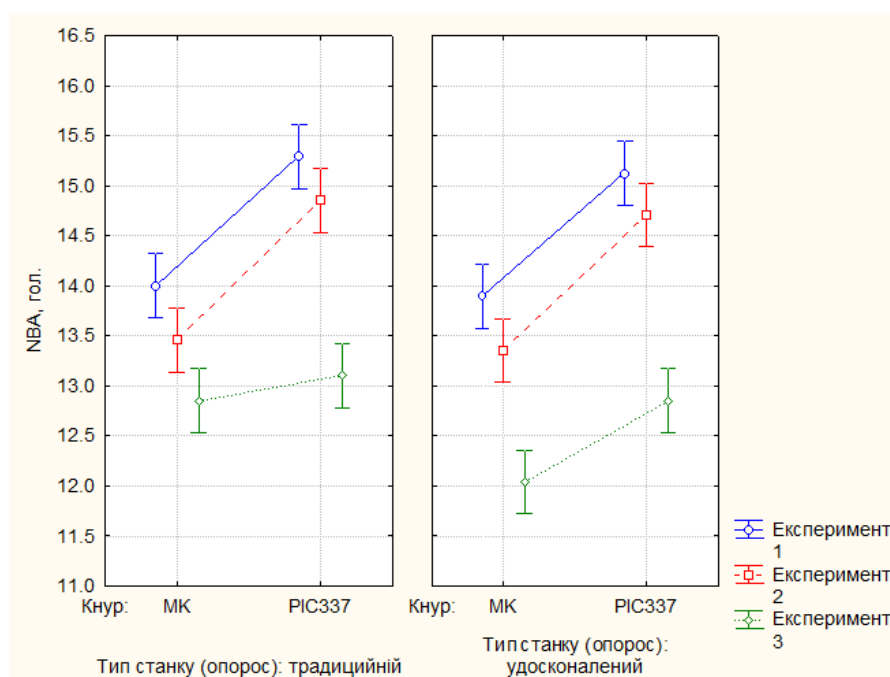


Рис. 2. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) багатоплідності (NBA) залежно від експерименту, типу станка (опорос) та породності кнура-плідника

Частка мертвонароджених поросят у гнізді залежала, з одного боку, від умов утримання свиноматок у цеху відтворення, а з іншого – від типу станка. В умовах Експерименту 3 відповідні оцінки були вищими, особливо в разі утримання свиноматок (під час опоросу) в удосконаленому станку (рис. 4).

Великоплідність залежала як від умов утримання свиноматок у цеху відтворення, так і від породності кнура-плідника. Найвищі оцінки великоплідності було відмічено для Експерименту 3 та Експерименту 2. Тоді як свиноматки, які утримувалися в індивідуальних станках увесь період поросності (Експеримент 1), характеризувалися найнижчими оцінками великоплідності. Порослята, яких було отримано від свиноматок, яких було запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії PIC 337, мали нижчі оцінки за даною ознакою і в більшому ступені ця різниця проявлялася при утриманні свиноматок у традиційному станку і в умовах Експерименту 1 (рис. 5).

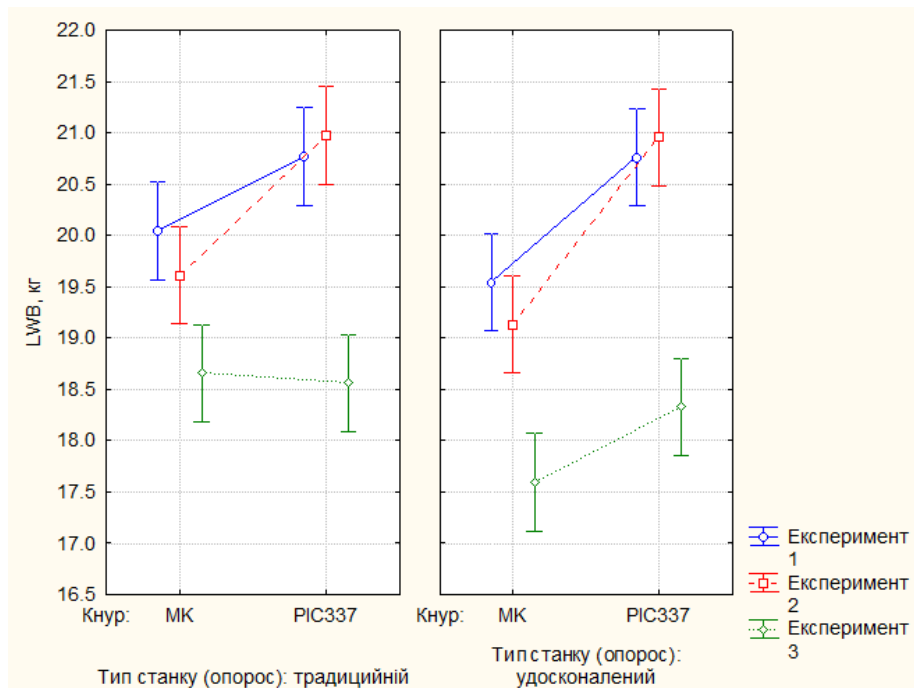


Рис. 3. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) загальної маси гнізда при народженні (*LWB*) залежно від експерименту, типу станку (опорос) та породності кнура-плідника

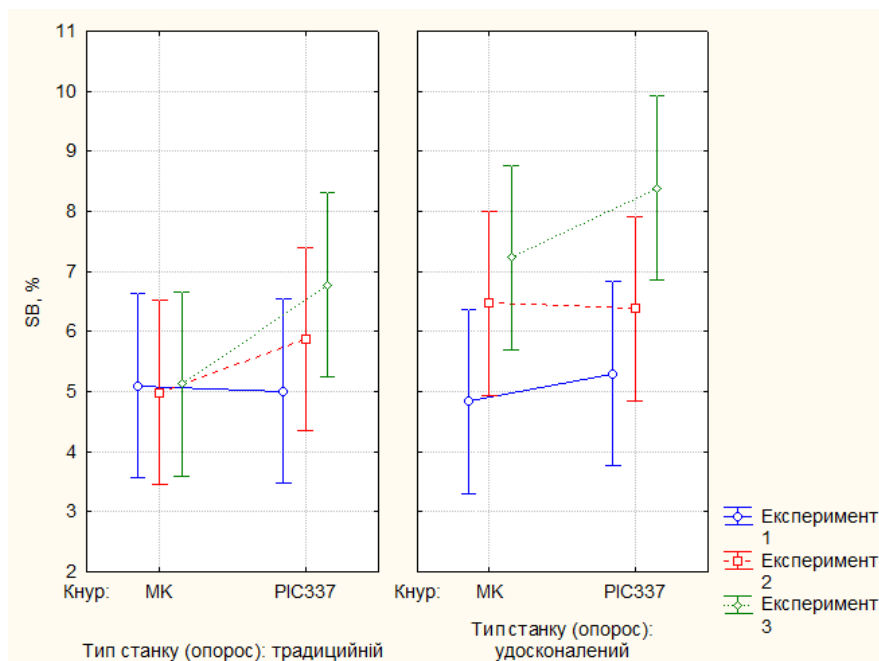


Рис. 4. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) частки мертвонароджених поросят у гнізді (*PSB*) залежно від експерименту, типу станку (опорос) та породності кнура-плідника

Вирівняність гнізда залежала від всіх трьох головних факторів, яких було включено до розгляду, а також ще і від сполучення умов утримання свиноматок в цеху відтворення та породності кнура-плідника. Знову ж, не залежно від типу станку під час опоросу, оцінки даної ознаки були вище серед свиноматок, які утримувалися в індивідуальних станках весь період поросності (Експеримент 1) або перші 30 діб поросності, а з 30 по 110 добу поросності утримувалися у групових станках (Експеримент 2), і в першу чергу ці відмінності було відмічено серед тварин, яких запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії *PIC 337*. Тоді як для свиноматок в умовах Експерименту 3 вплив породності кнура-плідника не виявлено (рис. 6).

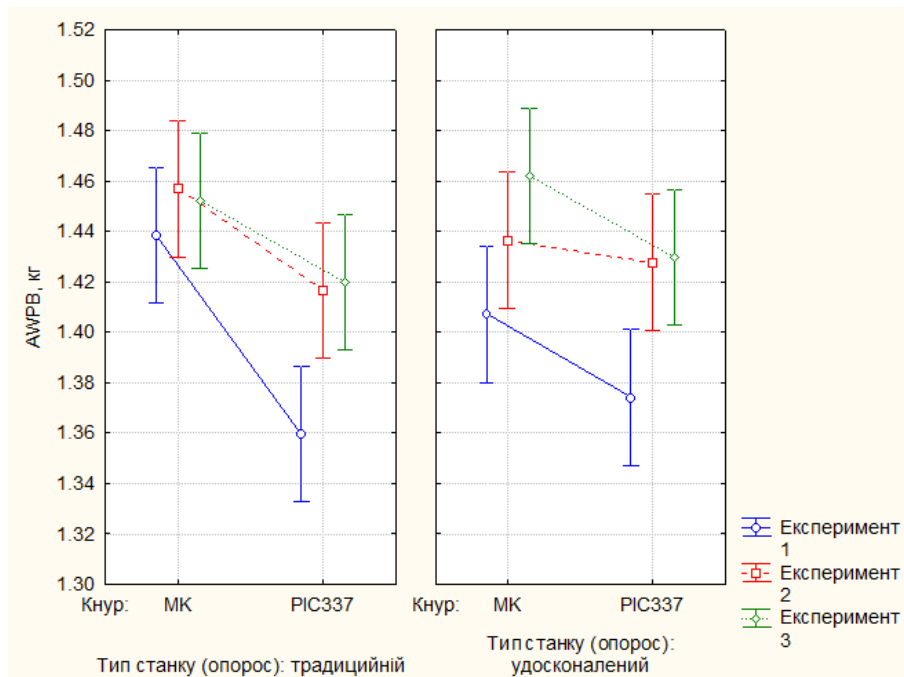


Рис. 5. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) великоплідності (APWB) залежно від експерименту, типу станку (опорос) та породності кнура-плідника

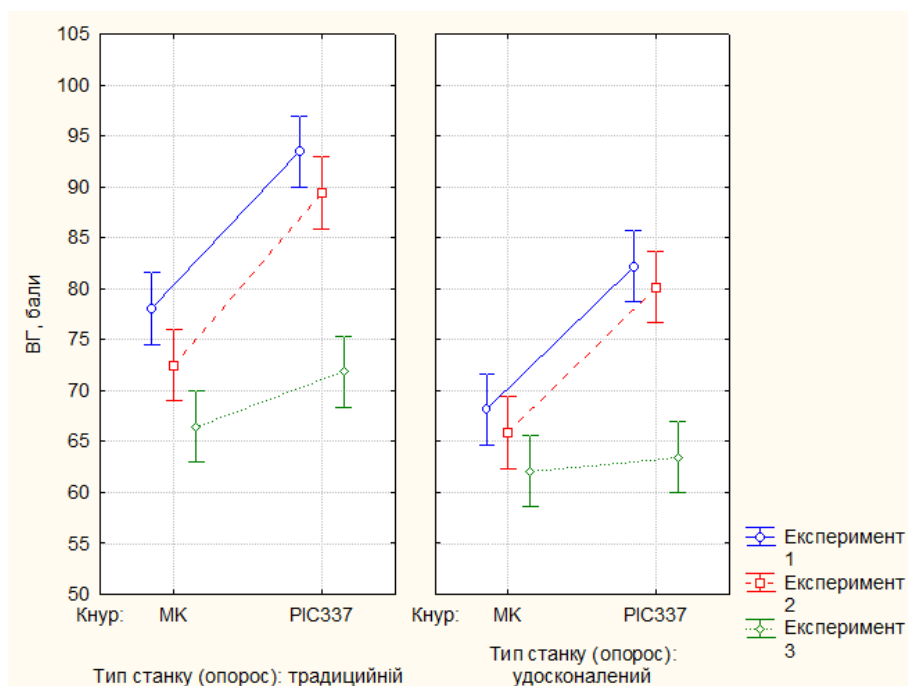


Рис. 6. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) вирівняності гнізда залежно від експерименту, типу станку (опорос) та породності кнура-плідника

Аналогічні закономірності виявлено і у відношенні індексу відтворювальних ознак (рис. 7).

Особливої уваги заслуговують результати, що стосуються характеру мінливості молочності свиноматок. Дана ознака демонструвала залежність від умов утримання свиноматок в цеху відтворення та типу станку під час опоросу, їх сумісного впливу та впливу всіх трьох головних факторів. Найвищою молочністю характеризувалися свиноматки, які утримувалися в індивідуальних станках весь період поросності (Експеримент 1), яких було запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії «Maxter» та які утримувалися під часу опоросу у традиційному станку. А найнижчі оцінки встановлено для свиноматок, які утримувалися в групових станках весь період поросності (Експеримент 3), а під час опоросу – у удосконаленому станку (не залежно від породності кнура-плідника). Прояв породності кнура-плідника та типу станку (під час опоросу) також залежав від умов утримання тварин в період поросності (рис. 8).

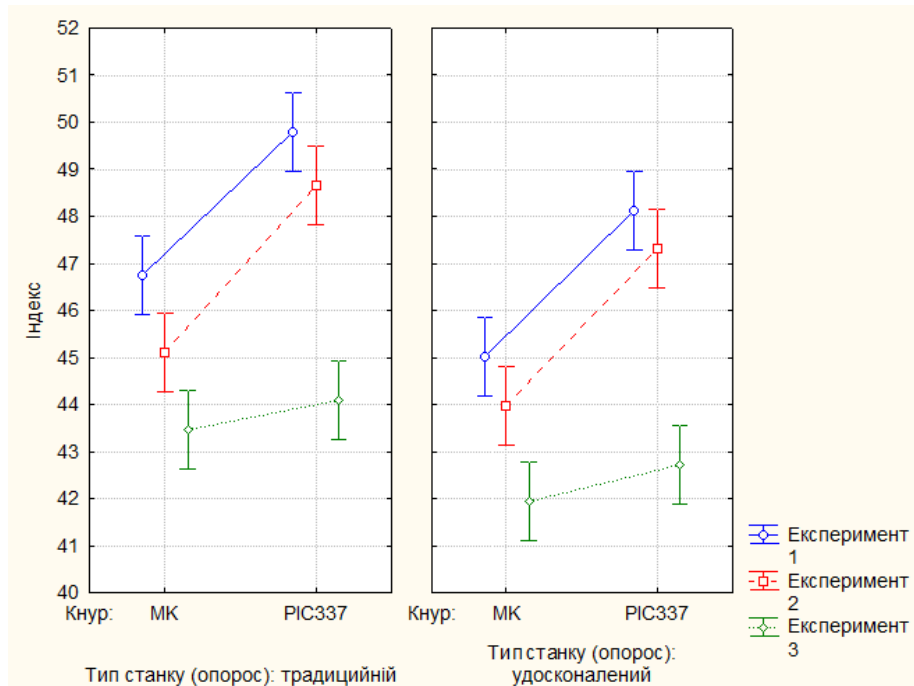


Рис. 7. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) індексу залежно від експерименту, типу станка (опорос) та породності кнура-плідника

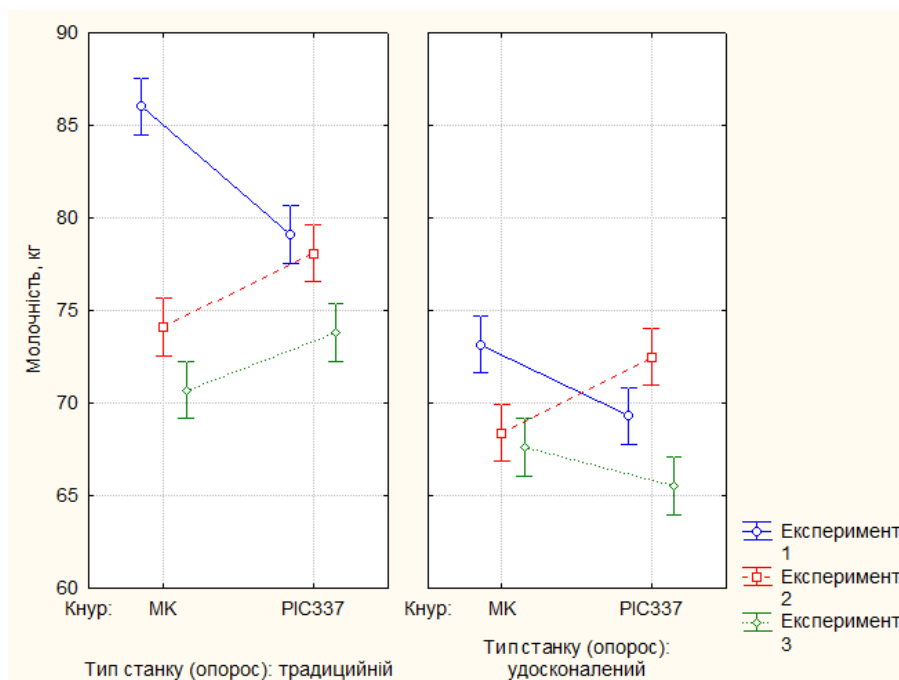


Рис. 8. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) молочності залежно від експерименту, типу станка (опорос) та породності кнура-плідника

Всі три головні фактори також впливали на кількість поросят при відлученні. Крім того, встановлено також сумісний вплив умов утримання свиноматок в цеху відтворення та породності кнура-плідника. В цілому, найвищі оцінки було отримано від свиноматок, які утримувалися в індивідуальних станках весь період поросності (Експеримент 1) або перші 30 діб поросності, а з 30 по 110 добу поросності утримувалися у групових станках (Експеримент 2), і яких було запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії PIC 337. Під час Експерименту 3 оцінки даної ознаки були найнижчими і не відчували впливу ані станку утримання під час опоросу, ані породності кнура плідника (рис. 9).

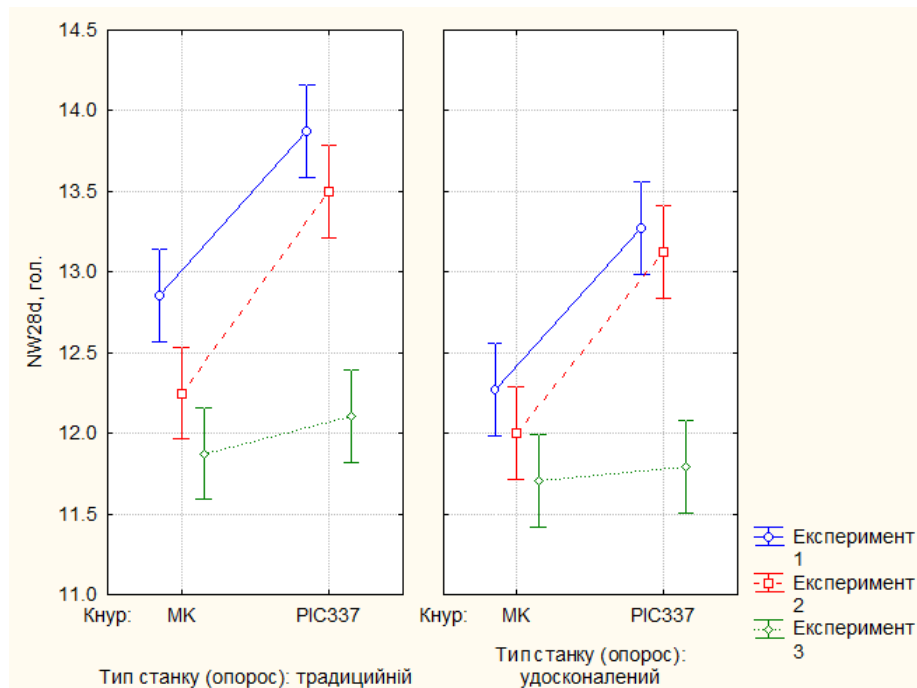


Рис. 9. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) кількості поросят при відлученні (NW28d) залежно від експерименту, типу станку (опорос) та породності кнур-плідника

На загальну масу гнізда при відлученні в більшому ступені впливали умови утримання свиноматок в цеху відтворення. Прояв даної ознаки був найкращим серед свиноматок, які утримувалися в індивідуальних станках весь період поросності (Експеримент 1) або перші 30 днів поросності, а з 30 по 110 добу поросності утримувалися у групових станках (Експеримент 2).

Характерно, що породність кнур-плідника по-різному впливала на прояв даної ознаки – в умовах Експериментів 1 та 2 тварини, яких було запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії PIC 337, переважали тварин, яких було запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії «Maxter», тоді як в умовах Експерименту 3, навпаки, поступалися їм (особливо, при утриманні під час опоросу в удосконаленому станку) (рис. 10).

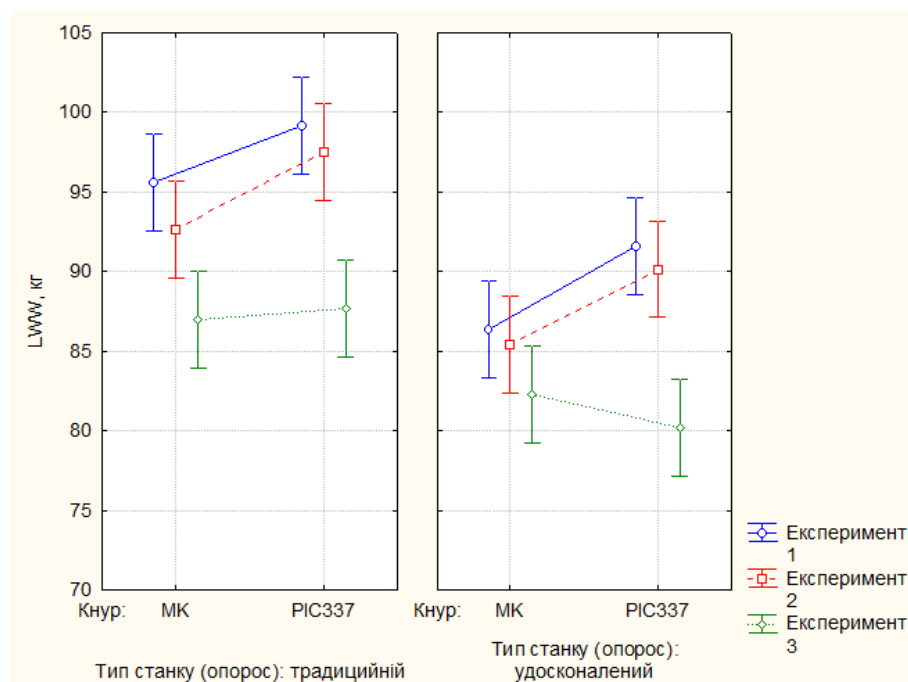


Рис. 10. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) загальної маси гнізда при відлученні (LWW) залежно від експерименту, типу станку (опорос) та породності кнур-плідника

Середня жива маса поросят під час відлучення, а також прирости від народження до відлучення залежали лише від типу станку під час опоросу та породності кнура-плідника. Найвищі оцінки були характерні для нащадків свиноматок, яких було запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії "Maxter" і які утримувалися під час опоросу у традиційному станку, а найнижчі – для нащадків свиноматок, яких було запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії PIC 337 і які утримувалися під час опоросу в удосконаленому станку (рис. 11, 12).

Збереженість поросят під час відлучення залежала від умов утримання свиноматок у цеху відтворення лише за утримання їх під час опоросу в удосконаленому станку. У такому разі найвищою збереженістю характеризувалися нащадки свиноматок, яких було запліднено спермою кнурів-плідників термінальної лінії PIC 337 (рис. 13).

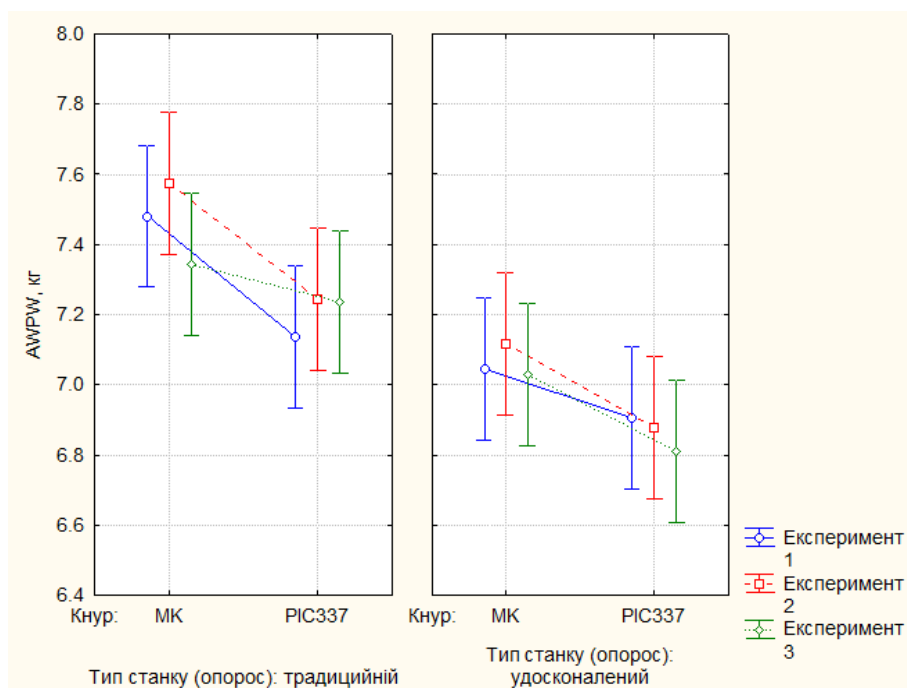


Рис. 11. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) середньої маси порося під час відлучення (APWW) залежно від експерименту, типу станку (опорос) та породності кнура-плідника

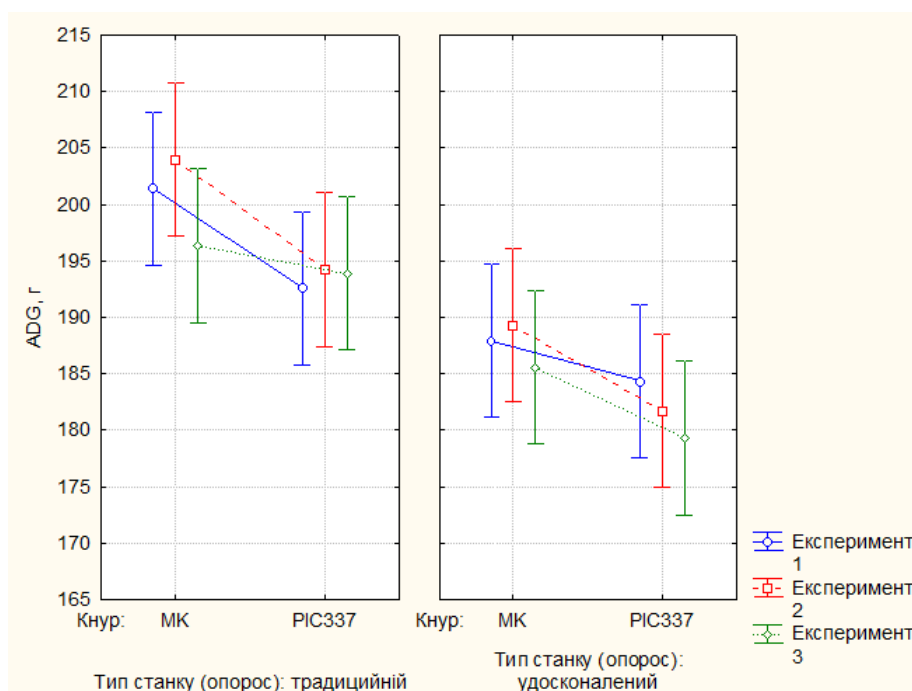


Рис. 12. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) приросту живої маси від народження до відлучення (ADG) залежно від експерименту, типу станку (опорос) та породності кнура-плідника

Аналогічно, товщина шпику перед опоросом була вірогідно нижчою серед свиноматок, які утримувалися у групових станках увесь період (Експеримент 3), незалежно від типу станка під час опоросу та породності кнура-плідника. У решті випадків вона вірогідно не відрізнялася у тварин різних груп (рис. 14).

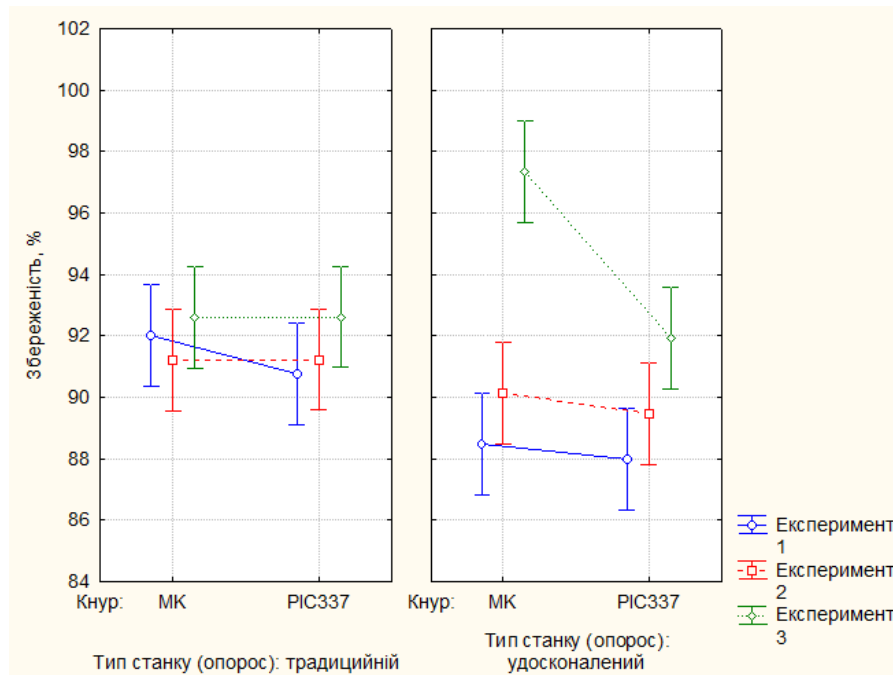


Рис. 13. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) збереженості поросят до відлучення залежно від експерименту, типу станка (опорос) і породності кнура-плідника

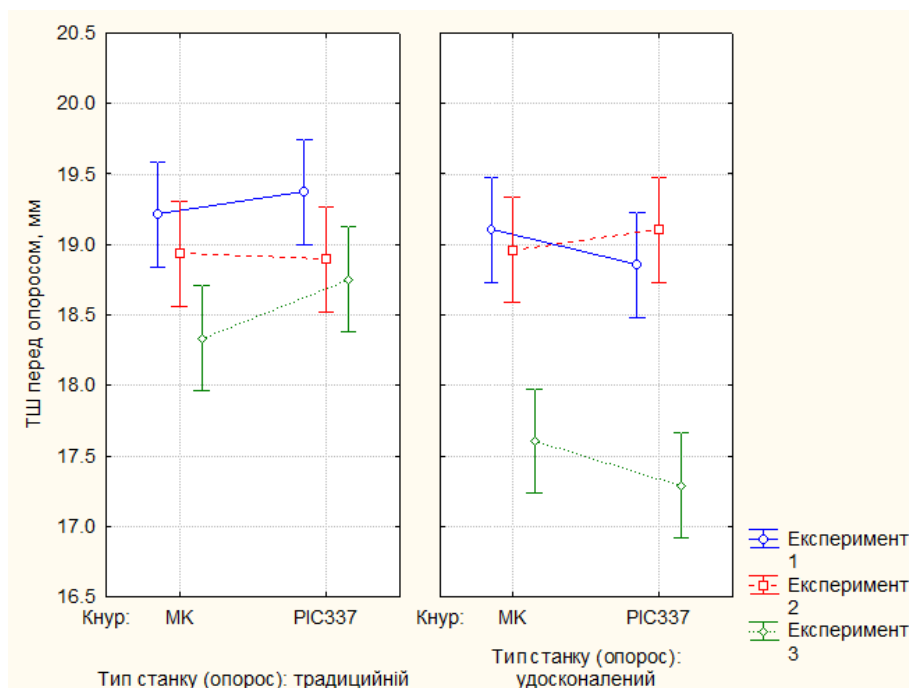


Рис. 14. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) товщини шпику (ТШ) перед опоросом залежно від експерименту, типу станка (опорос) і породності кнура-плідника

Що стосується товщини шпику під час відлучення, то і умови утримання свиноматок у цеху відтворення, і тип станка під час опоросу демонстрували вірогідний вплив. Знову ж, як і у більшості попередніх випадків, найкращими оцінками даної ознаки характеризувалися свиноматки, які утримувалися в індивідуальних станках увесь період поросності (Експеримент 1) або перші 30 днів поросності, а від 30-ї до 110-ї доби поросності утримувалися у групових станках (Експеримент 2), і які утримувалися у традиційному станку, незалежно від породності

кнур-плідника. Найнижчими були оцінки товщини шпигу під час відлучення серед свиноматок в умовах Експерименту 3, які утримувалися в удосконаленому станку за опоросу (рис. 15).

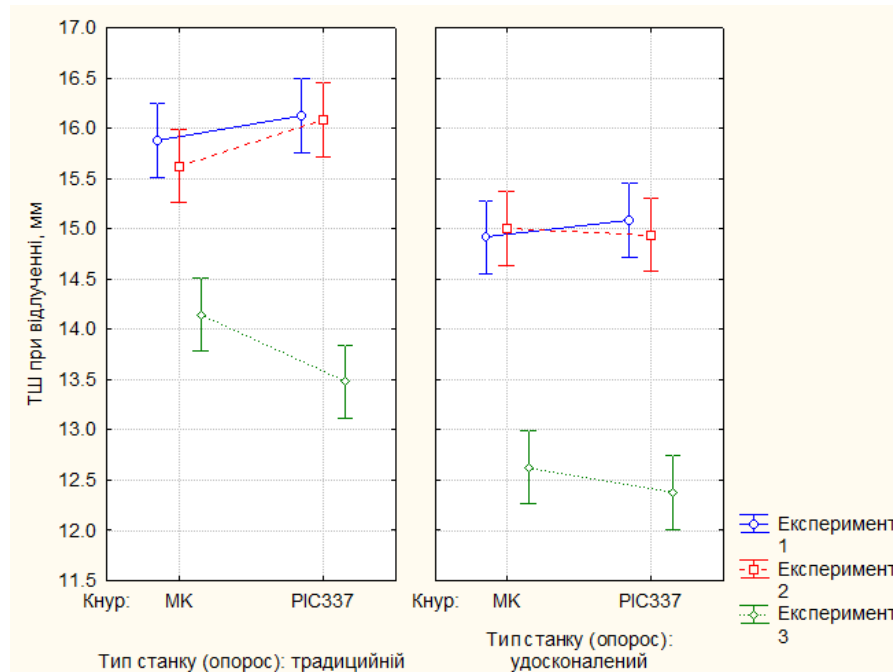


Рис. 15. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) товщини шпигу (ТШ) під час відлучення залежно від експерименту, типу станка (опорос) і породності кнур-плідника

Протилежну тенденцію відмічено щодо втрати товщини шпигу за лактацію (рис. 16). Тобто найменшими втратами характеризувалися свиноматки, які утримувалися в індивідуальних станках увесь період поросності (Експеримент 1) або перші 30 діб поросності, а від 30-ї до 110-ї доби поросності утримувалися у групових станках (Експеримент 2), насамперед серед тварин, які утримувалися під час опоросу у традиційному станку.

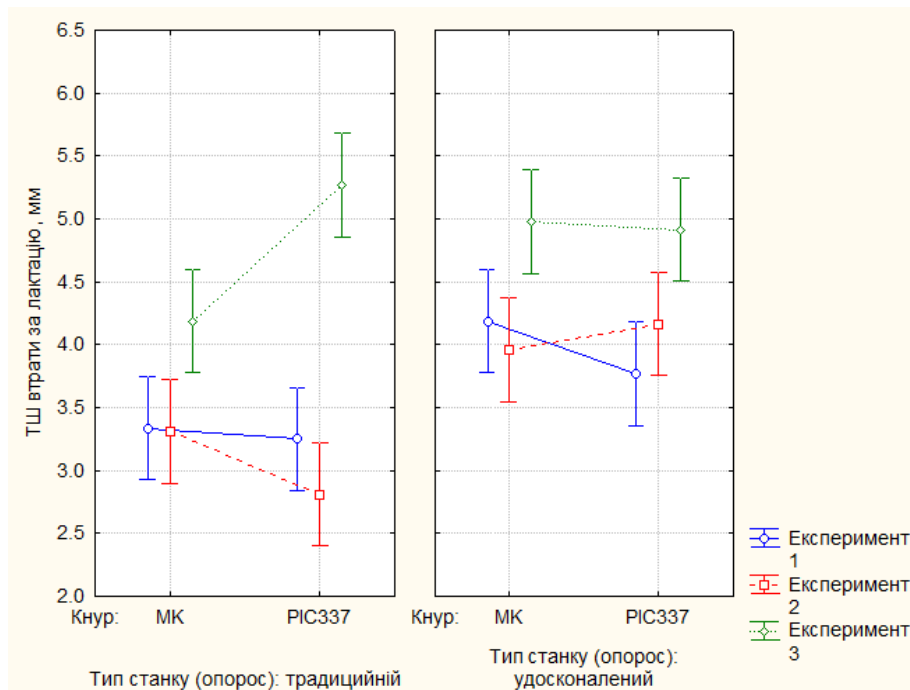


Рис. 16. Оцінки середніх арифметичних ($\pm 95\%$ ДІ) втрати товщини шпигу (ТШ) за лактацію залежно від експерименту, типу станка (опорос) і породності кнур-плідника

Це може свідчити про менші енергетичні витрати таких свиноматок під час лактації, що, імовірно, пов'язано з обмеженою фізичною активністю в умовах фіксації, а також із кращим збереженням енергетичних резервів

організму за період поросності. Окрім того, зниження рухової активності у традиційних станках могло зменшити катаболізм жирової тканини під час інтенсивного періоду лактації. Натомість свиноматки, які утримувалися в удосконалених станках з вільним доступом до переміщення, продемонстрували вищі показники втрати товщини шпигу, що може бути наслідком підвищеної фізичної активності та більшої мобілізації енергетичних резервів на потреби лактації та терморегуляції.

Отже, конструкція станкового обладнання і режим утримання свиноматок у період поросності та лактації суттєво впливають на ступінь втрати ними жирових запасів, що необхідно враховувати у формуванні годівельних стратегій, особливо в умовах інтенсивного відтворення.

Висновки. Умови утримання свиноматок у період поросності мають вирішальне значення для основних відтворювальних ознак. Найвищі результати за загальною кількістю порослят при народженні, багатоплідністю, вирівняністю гнізда, масою гнізда під час відлучення та індексом відтворення встановлено у свиноматок, які утримувалися в індивідуальних станках протягом усієї поросності або з переведенням до групових станків після 30-ї доби.

Фактор породності кнура-плідника суттєво впливає на більшість відтворювальних ознак. Найкращі результати отримано в поєднаннях із використанням кнурів термінальної лінії PIC 337, особливо в поєднанні з індивідуальним або змішаним типом утримання свиноматок під час поросності.

Тип станка під час опоросу вірогідно впливає на живу масу порослят при відлученні, середньодобовий приріст і збереженість приплоду. Традиційні фіксуєчі станки забезпечили кращу молочність свиноматок і кращі продуктивні показники порослят у більшості варіантів, ніж удосконалені станки з вільним утриманням.

Товщина шпигу та її втрата під час лактації тісно пов'язані з типом утримання. Свиноматки, що утримувалися індивідуально або комбіновано, мали менші втрати жирових запасів, що може свідчити про менше навантаження та стабільніший енергетичний баланс.

Найнижчі показники більшості продуктивних ознак зафіксовано в умовах цілком групового утримання протягом поросності (Експеримент 3), особливо в поєднанні з утриманням у вдосконалених станках під час опоросу. Це свідчить про необхідність обережного впровадження таких систем без попередньої адаптації та техніко-економічного обґрунтування.

Перспективи досліджень полягають у вивченні поведінки та продуктивності свиноматок різних поєднань залежно від умов утримання і конструкцій станків, економічному обґрунтуванні технологій утримання з урахуванням принципів благополуччя тварин.

Список використаних джерел

1. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С.С. Крамаренко та ін. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.
2. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські 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.
3. Глухенький С.Л., Лихач В.Я. Дотримання принципів благополуччя в цеху опоросу українських промислових комплексів. *Освіта і наука в умовах викликів і загроз. Внесок молодих учених у сталий розвиток* : збірник матеріалів Міжнародної наукової конференції. Київ : НУБіП України, 2024. С. 346–347.
4. Глухенький С.Л., Лихач В.Я. Продуктивність свиноматок за конструктивних особливостей станкового обладнання в цеху опоросу. *Таврійський науковий вісник. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2024. Вип. 140. С. 406–418. DOI: 10.3278/2/2226-0099.2024.140.49.
5. Глухенький С.Л., Лихач В.Я. Продуктивність свиноматок за конструктивних особливостей станкового обладнання в цеху відтворення та опоросу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. № 1 (46). С. 32–41. DOI: 10.37406/2706-9052-2025-1.4.
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. Про затвердження вимог до благополуччя сільськогосподарських тварин під час їх утримання : наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України № 224 від 08.02.2021 р. Зареєстр. 18.02.2021 р. Міністерством юстиції України, № 206/35828.
9. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин / Г.В. Проваторов та ін. Суми : ТОВ ВДТ «Університетська книга», 2007. 488 с.
10. Підвищення ефективності промислового виробництва свинини на основі використання етологічних факторів : монографія / А.В. Лихач, В.Я. Лихач. Миколаїв : Іліон, 2023. 422 с.
11. Пундик В.П., Каплінський В.В., Тесак Г.В. Характеристика станкового обладнання для підсисних свиноматок та удосконалення окремих елементів. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин*. 2015. Вип. 16. № 1. С. 158–162.
12. Технологія виробництва продукції свинарства : навчальний посібник / М.Г. Повод та ін. ; за ред. М.Г. Повода. Київ : Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 360 с.
13. Утримання свиноматок: нововведення в області менеджменту опоросу – від традиційних до альтернативних. URL: <https://pigua.info/uk/post/technologies/utrimanna-svinomatok-novovvedenna-v-oblasti-menedzmentu-oporosu-vid-tradicijnih-do-alternativnih2> (дата звернення: 19.12.2024).

14. ван де Вейр Хелін Аріане. Вимоги до благополуччя свиней: імплементація європейських стандартів. *Прибуткове свиначство*. 2019. № 5 (47). URL: <https://www.pigua.info/uk/post/vimogi-do-blagopolucca-svinej-implementacia-evropejskih-standartiv> (дата звернення: 23.12.2024).
15. Царенко О.М., Крятов О.В., Бондарчук Л.В. Ресурсозберігаючі технології виробництва свинини: теорія і практика : навчальний посібник. Суми : Універсальна книга, 2004. 269 с.
16. 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).
17. Dourmad J.Y., Velly V.L., Gourdine J.L., Renaudeau D. Effect of ambient temperature in lactating sows, a meta-analysis and simulation approach in the context of climate change. *Animal-Open Space*. 2022. Vol. 1. P. 100025. DOI: 10.1016/j.anopes.2022.100025.
18. Glencorse D., Plush K., Hazel S., D'Souza D., Hebart M. Impact of non-confinement accommodation on farrowing performance : A systematic review and meta-analysis of farrowing crates versus pens. *Animals*. 2019. Vol. 9. № 11. P. 957. DOI: 10.3390/ani9110957.
19. Heidinger B., Maschat K., Kuchling S., Hochfellner L., Winckler C., Baumgartner J., Leeb C. Short confinement of sows after farrowing, but not pen type affects live-born piglet mortality. *Animal*. 2022. Vol. 16. P. 100446. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100446.
20. Leonard S.M., Xin H., Brown-Brandl T.M., Ramirez B.C., Dutta S., Rohrer G.A. Effects of farrowing stall layout and number of heat lamps on sow and piglet production performance. *Animals*. 2020. Vol. 10. № 2. P. 348. DOI: 10.3390/ani10020348.
21. Lykhach V., Lenkov L., Lykhach A., Reznichenko V., Faustov R. Technological solutions for improving the welfare of gestating sows in group housing. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2025. Vol. 21. № 2. P. 61–74. DOI: 10.31548/dopovidi/2.2025.61.
22. 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.
23. Mahfuz S., Mun H.-S., Dilawar M.A., Yang C.-J. Applications of smart technology as a sustainable strategy in modern swine farming. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. № 5. P. 2607. DOI: 10.3390/su14052607.
24. Pacheco M.V., Brown-Brandl T.M., Rohrer G.A., Vieira de Sousa R., Silva Martello L. Impacts of farrowing pen design, season, and sow parity on litter performance and piglet mortality. *Animals*. 2024. Vol. 14. № 2. P. 325. DOI: 10.3390/ani14020325.
25. Reznichenko V., Lykhach V. Sow and piglet productivity improvement in the farrowing department using milk substitutes. *Animal Science and Food Technology*. 2023. Vol. 14. № 4. P. 74–86. DOI: 10.31548/animal.4.2023.74.
26. Seddon Y.M., Moustsen V.A. Design of the farrowing pen 64. The farrowing environment sets the conditions for sow and piglet productivity as well as their welfare. *Animal-science proceedings*. 2023. Vol. 14. P. 707–811. DOI: 10.1016/j.anscip.2023.08.065.

Hlukhenkyi S. L.

*Postgraduate Student of the Third Year of Study,
Department of Technologies in Poultry, Pig and Sheep Breeding,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: s.hlukhenkyi@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0001-6819-1243

Lykhach V. Y.

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Technologies in Poultry, Pig and Sheep Breeding,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: vylykhach80@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-9150-6730

INFLUENCE OF MACHINE DESIGN, SIRE BREED AND TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF KEEPING ON REPRODUCTIVE AND PRODUCTIVE TRAITS OF SOWS AND PIGLETS IN INDUSTRIAL PIG PRODUCTION

Abstract

In the context of its European integration course, Ukraine is actively implementing the provisions of European directives on the humane treatment of farm animals, in particular, the restriction of fixed housing for sows during pregnancy and lactation. This necessitates a scientifically based approach to the choice of types of pens and housing schemes that not only ensure compliance with welfare standards but also contribute to high animal productivity. The article presents the results of a comprehensive three-factor study aimed at determining the effect of different conditions of sow housing during farrowing, the type of farrowing stall, the breed of the sire and their interaction on the reproductive and productive traits of sows and suckling piglets. The study was conducted in 2023–2025 on the basis of the private enterprise “Victoria” (Mykolaiv region) with the participation of 576 sows and 8 118 piglets obtained from two-breed sows (Large White × Landrace) and boars of the terminal lines PIC 337 and Maxter. The experiment was conducted in compliance with the requirements of the Law of Ukraine “On Veterinary Medicine” regarding animal welfare. It was found that

the conditions in the farrowing room significantly influenced most reproductive performance parameters: fertility, nest weight, milk yield, litter uniformity, piglet survival, ham thickness, etc. The highest rates were observed in sows kept individually or with a gradual transition to group pens, as well as in the case of using traditional farrowing pens. Fully group housing of gestating sows was the least effective. The practical value of the results obtained is that they can be used to improve sow housing technologies in industrial pig production, taking into account the requirements of animal welfare and the needs of efficient production.

Key words: welfare, reproductive traits, breeding, productivity, sow, machine equipment, technology, maintenance.

References

1. Kramarenko, S.S., Lugovoy, S.I., Lykhach, A.V., & Kramarenko, O.S. (2019). *Analiz biometrychnykh danykh u rozvedenni ta selektsii tvaryn* [Analysis of biometric data in animal breeding and selection]. Mykolayiv: MNAU, 211 [in Ukrainian].
2. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svnarski pidpriemstva (kompleksy, fermi, mali fermi), VNTP-APK-02.05* [Departmental norms of technological design Pig enterprises (complexes, farms, small farms), VNTP-APK-02.05]. Kyiv: Minahropolityky Ukrainy, (2005), 98. Retrieved from: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svnarski-pidpriemstva-VNTP-APK-02.05.pdf [in Ukrainian].
3. Hlukhenkyi, S.L., & Lykhach, V.Ya. (2024). Dotrymannia pryntsyypiv blahopoluchchia v tsekhu oporosu ukrainskykh promyslovykh kompleksiv. [Adherence to the principles of welfare in the farrowing shop of Ukrainian industrial complexes]. *Osvita i nauka v umovakh vyklykiv i zahroz. Vnesok molodykh vchenykh v stalyy rozvytok: zbirnyk materialiv mizhnarodnoi naukovoï konferentsii*. Kyiv: NUBiP Ukrainy, 346–347 [in Ukrainian].
4. Hlukhenkyi, S.L., & Lykhach, V.Ya. (2024). Produktivnist svynomatok za konstruktyvnykh osoblyvostei stankovoho obladnannia v tsekhu oporosu [Productivity of sows with design features of machine equipment in farrowing shop]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, 140, 406–418 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.49> [in Ukrainian].
5. Hlukhenkyi, S.L., & Lykhach, V.Ya. (2025). Produktivnist svynomatok za konstruktyvnykh osoblyvostei stankovoho obladnannia v tsekhu vidtvorennya ta oporosu. [Productivity of sows with the design features of machine equipment in the reproduction and farrowing shop]. *Podilskiy visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 1 (46), 32–41. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.4> [in Ukrainian].
6. Ladyka, V.I., Khmelnychiy, L.M., & Povod, M.G. (2023). *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnystva: pidruchnyk dlia aspirantiv* [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]. Odesa: Oldi+, 244 [in Ukrainian].
7. Ibatulin, I.I., & Zhukorskyi, O.M. (2017). *Methodology and organization of scientific research in animal husbandry* [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry]. Kyiv, 328 [in Ukrainian].
8. 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 Yustytzii Ukrainy № 206/35828 [in Ukrainian].
9. Provatorov, H.V., Ladyka, V.I., Bondarchuk, L.V., Provatorova, V.O., & Opara, V.O. (2007). *Normy hodivli, ratsiony i pozhyvni 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].
10. 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].
11. Pundyk, V.P., Kaplinskyi, V.V., & Tesak, H.V. (2015). Kharakterystyka stankovoho obladnannia dlia pidsysnykh svynomatok ta udoskonalennia okremykh elementiv [Characteristics of machine equipment for sows and improvement of individual elements]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu biolohii tvaryn*, 16 (1), 158–162 [in Ukrainian].
12. Povod, M.O., Bondarska, O., Lykhach, V., Zhyshka, S., & Nechmilov V., et al. (2021). *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii svynarstva* [Technology of pig production: a textbook]. Kyiv: Naukovo-metodychnyi tsentr VFPO, 360 [in Ukrainian].
13. Utrymannia svynomatok: novovvedennia v oblasti menezhmentu oporosu – vid tradytsiinykh do alternatyvnykh [Sow housing: innovations in farrowing management – from traditional to alternative]. Retrieved from: <https://pigua.info/uk/post/technologies/utrimanna-svynomatok-novovvedenna-v-oblasti-menedzmentu-oporosu-vid-tradicijnih-do-alternativnih2> [in Ukrainian].
14. van de Veir, Khelin Ariane (2019). Vymohy do blahopoluchchia svynei: implementatsiia yevropeyskykh standartiv [Pig welfare requirements: implementation of European standards]. *Prybutkove svynarstvo*, 5 (47). Retrieved from: <https://www.pigua.info/uk/post/vimogi-do-blagopolucca-svinej-implementacia-evropejskih-standartiv> [in Ukrainian].
15. 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].
16. Council Directive 2008/120/EC (2008, December). Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL> [in English].
17. Dourmad, J.Y., Velly, V.L., Gourdine, J.L., & Renaudeau, D. (2022). Effect of ambient temperature in lactating sows, a meta-analysis and simulation approach in the context of climate change. *Animal-Open Space*, 1, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.anopes.2022.100025> [in English].
18. Glencorse, D., Plush, K., Hazel, S., D’Souza, D., & Hebart, M. (2019). Impact of non-confinement accommodation on farrowing performance: A systematic review and meta-analysis of farrowing crates versus pens. *Animals*, 9 (11), 957. <https://doi.org/10.3390/ani9110957> [in English].
19. Heidinger, B., Maschat, K., Kuchling, S., Hochfellner, L., Winckler, C., Baumgartner, J., Leeb, C. (2022). Short confinement of sows after farrowing, but not pen type affects live-born piglet mortality. *Animal*, 16, 100446. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100446> [in English].

20. Leonard, S.M., Xin, H., Brown-Brandl, T.M., Ramirez, B.C., Dutta, S., & Rohrer, G.A. (2020). Effects of farrowing stall layout and number of heat lamps on sow and piglet production performance. *Animals*, 10 (2), 348. <https://doi.org/10.3390/ani10020348> [in English].
21. Lykhach, V., Lenkov, L., Lykhach, A., Reznichenko, V., & Faustov, R. (2025). Technological solutions for *improving* the welfare of gestating sows in group housing. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 21 (2), 61–74 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/2.2025.61> [in English].
22. 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].
23. Mahfuz, S., Mun, H.-S., Dilawar, M.A., & Yang, C.-J. (2022). Applications of smart technology as a sustainable strategy in modern swine farming. *Sustainability*, 14 (5), 2607. <https://doi.org/10.3390/su14052607> [in English].
24. Pacheco, M.V., Brown-Brandl, T.M., Rohrer, G.A., Vieira de Sousa, R., & Silva Martello, L. (2024). Impacts of farrowing pen design, season, and sow parity on litter performance and piglet mortality. *Animals*, 14 (2), 325. <https://doi.org/10.3390/ani14020325> [in English].
25. Reznichenko, V., & Lykhach, V. (2023). Sow and piglet productivity improvement in the farrowing department using milk substitutes. *Animal Science and Food Technology*, 14 (4), 74–86 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/animal.4.2023.74> [in English].
26. Seddon, Y.M., & Moustsen, V.A. (2023). Design of the farrowing pen 64. The farrowing environment sets the conditions for sow and piglet productivity as well as their welfare. *Animal-science proceedings*, 14, 707–811. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anscip.2023.08.065> [in English].

Отримано: 30.06.2025

Рекомендовано: 05.08.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.3>
УДК 634.11:664.8.03: [631.811.98:631.547.66/.67]

Дрозд О. О.

доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій,
Уманський національний університет
Умань, Україна

E-mail: olga.drozd@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2419-7624

Мельник О. В.

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри плодівництва і виноградарства,
Уманський національний університет
Умань, Україна

E-mail: novsada@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6707-5731

Ременюк Л. М.

випускник аспірантури,
Уманський національний університет
Умань, Україна

ТОВАРНІСТЬ І ФІЗИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯБЛУК СОРТУ РЕНЕТ СИМИРЕНКА ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМУ ОХОЛОДЖЕННЯ, ОБРОБКИ ДЕРЕВ ЕТИЛЕНПРОДУЦЕНТОМ І ПЛОДІВ ІНГІБІТОРОМ ЕТИЛЕНУ

Анотація

Досліджено зміни товарності та фізичних показників яблук сорту Ренет Симиренка впродовж тривалого холодильного зберігання залежно від режиму охолодження, обробки дерев етиленпродуцентом (Етефон) і плодів інгібітором етилену (1-метилциклопропен). Дослідження проводили в Уманському національному університеті садівництва. За два тижні до очікуваного збору врожаю насадження обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (етрел, 180 г/га) з додаванням КАНО (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти, 20 г/га), контрольні ділянки обприскували водою. Яблука заготовляли з настанням збиральної стиглості. У день збору одну частину плодів охолоджували за температури $5 \pm 1^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря 90–95%, наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³). Іншу частину яблук експонували впродовж трьох діб за температури $16 \pm 1^\circ\text{C}$ із наступним охолодженням до $5 \pm 1^\circ\text{C}$ і обробкою 1-МЦП. Далі продукцію шість місяців зберігали в холодильній камері КХР-12М за температури $2 \pm 1^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря 90–95%.

Встановлено, що за температури $2 \pm 1^\circ\text{C}$ раціональна тривалість холодильного зберігання плодів із необроблених Етефоном дерев (з 90% виходом товарних плодів) становить шість місяців, незалежно від режиму охолодження, а за обробки Етефоном – до шести місяців лише для негайно охолодженої продукції. За обробки 1-МЦП вихід товарних плодів високий (97%), незалежно від застосування Етефону й охолодження.

Наприкінці зберігання за обробки дерев Етефоном і тридобового затримання післязбирального охолодження прискорено зростає відбивання шкіркою світла та нижча щільність м'якуша. Незалежно від обробки Етефоном і охолодження, за післязбиральної обробки 1-МЦП зміна основного забарвлення і щільності повільніша.

Під час зберігання залежність щільності м'якуша яблук від рівня відбивання шкіркою світла на хвилі 675 нм обернено лінійна, а виходу товарних плодів від щільності – прямолінійна.

Вихід товарної продукції, відбивання світла та щільність визначаються післязбиральною обробкою яблук 1-МЦП. На товарність продукції і щільність передзбиральної обробки дерев Етефоном і режим охолодження впливають слабо (2–4%), на відбивання світла вплив чинників у межах 12–14%.

Ключові слова: яблука, Ренет Симиренка, Етефон, режим охолодження, 1-метилциклопропен, зберігання, товарна якість, відбивання світла, щільність м'якуша.

Вступ. В умовах зростання обсягів виробництва й модернізації технології вирощування яблук актуальним є вдосконалення зберігання продукції.

Із синтезом природного фітогормону етилену пов'язані зміна забарвлення [9] та набування властивого плодам смаку, аромату й консистенції під час післязбирального дозрівання [5; 10]. Етиленпродуцент Етефон (етрел)

широко застосовують для стримування росту дерев [4], проріджування зав'язі, покращення забарвлення та прискорення досягання плодів яблуні, груші, вишні та сливи [2; 3; 16]. Водночас передзбиральне обприскування дерев Етефоном підвищує етилен-активність і знижує щільність яблук [11].

Щільність – один з основних критеріїв оцінки якості яблук. Плоди так званих твердих сортів, зокрема Ренет Симиренка, мають надходити в реалізацію зі щільністю м'якуша не менш ніж 5,5–6,0 кг/см² [15]. За підвищеної температури, після відвантаження з холодильника плоди розм'якшуються інтенсивніше, тому одразу після зберігання щільність яблук має бути на 1,0 кг/см² вищою.

Дозрівання й етилен-активність плодів прискорюються затримуванням післязбирального охолодження продукції, наслідком чого стає втрата щільності під час зберігання [6]. Цьому запобігають своєчасним охолодженням свіжозібраних плодів, що сприяє успішному збереженню і зменшенню втрат [8], та післязбиральною обробкою яблук інгібітором етилену 1-метилциклопропом (далі – 1-МЦП). 1-МЦП мінімізує негативну дію затримання післязбирального охолодження і уповільнює розм'якшення плодів під час зберігання та реалізації [7].

Мета роботи – оцінювання товарності та фізичних показників за вдосконаленої технології зберігання яблук пізньозимового сорту Ренет Симиренка з обробкою насаджень Етефоном, затриманням післязбирального охолодження і обробкою інгібітором етилену 1-МЦП.

Дослідження в сезонах зберігання 2012/2013 і 2013/2014 рр. проводили в Уманському національному університеті садівництва. Насадження яблуні пізньозимового сорту Ренет Симиренка – на карликовій підщепі М.9 зі схемою садіння 4,0 x 1,0 м, із залуженням міжрядь і чистим паром у пристовбурних смугах. За два тижні до очікуваного збору врожаю дерева обробляли фізіологічно-активною речовиною Етефон (стрел, 180 г/га) з додаванням КАНО (калійна сіль α -нафтилоцтової кислоти – для запобігання передчасному опаданню плодів, 20 г/га), контрольні ділянки обприскували водою; витрата робочої рідини – 300 л/га. Планування, ведення дослідів й обробку результатів здійснювали загальноприйнятими методами [1].

Яблука заготовляли з настанням збиральної стиглості, беручи до уваги індекс Стрейфа [12]. З типових дерев відбирали однорідну за ступенем стиглості продукцію вищого товарного сорту за ГСТУ 01.1-37-160:2004 та вміщували в ящики № 75 (ГОСТ 10131-93), поділені на три частини – повторності (по 7 кг) перегородками з цупкого паперу. Число ящиків кожного варіанту відповідало періодичності товарного аналізу.

У день збирання частину плодів охолоджували за температури 5 ± 1 °C та відносної вологості повітря 90–95%, наступного дня обробляли 1-МЦП (СмартФреш, 0,068 г/м³); іншу частину експонували впродовж трьох діб за температури 16 ± 1 °C з наступним охолодженням до 5 ± 1 °C і обробкою 1-МЦП.

Для обробки ящики з яблуками ставили в газонепроникний контейнер із плівки завтовшки 200 мк і циркуляцією повітря автономним вентилятором, куди вміщували склянку з дистильованою водою і обчисленою на одиницю об'єму контейнера дозою порошкоподібного препарату (з розрахунку 0,068 г/м³, рекомендація виробника). Після 24-годинної експозиції контейнер згортали й плоди ставили на зберігання в холодильну камеру КХР-12М за температури 2 ± 1 °C і відносної вологості повітря 90–95%. Яблука з необроблених дерев, без обробки 1-МЦП та без триденної експозиції – контроль.

Фізичні показники плодів оцінювали після збирання та двох, чотирьох і шести місяців зберігання. Щільність м'якуша визначали на 20 плодах закріпленим на штативі пенетрометром FT-327 із плунжером діаметром 11 мм (шкірку зрізували), основне забарвлення (у місці без покривного) – спектроколориметром "Spekol", за відбиванням світла на хвилі 675 нм, що відповідає максимуму поглинання хлорофілом; товарне оцінювання продукції здійснювали за ГСТУ 01.1-37-160:2004.

Температуру в камері контролювали спиртовими термометрами й автоматично, відносну вологість повітря – гігрометром. Результати досліджень обробляли дисперсійним аналізом за допомогою програми "Statistica 12".

Виклад основного матеріалу дослідження. Незалежно від режиму подальшого охолодження з обробки інгібітором етилену 1-МЦП, за відсутності обробки дерев Етефоном вихід товарних плодів протягом шести місяців зберігання зафіксовано на рівні не менш ніж 90,4% (рис. 1). Водночас обробка дерев Етефоном, у сукупності із тридобовим затриманням охолодження плодів, знизила показник до 89,7% після чотирьох та до 88,4% – після шести місяців зберігання. Післязбиральна обробка плодів 1-МЦП забезпечила високий – 96,5–97,1% – вихід товарної продукції наприкінці зберігання, незалежно від обробки насаджень Етефоном і режиму охолодження.

Зміна показника відбивання плодами світла (основне забарвлення) визначалася обробкою Етефоном, режимом охолодження і обробкою 1-МЦП (рис. 2, зліва). На початку зберігання вищим рівнем показника з монотонним зростанням у процесі зберігання вирізнялися плоди з необроблених етиленпродуцентом і 1-МЦП та охолоджені із затримкою. Порівняно із цим, після шестимісячного зберігання відбивання світла за негайного охолодження та без обробки Етефоном і без 1-МЦП в 1,3 раза більше, і в 1,5 раза більше за обробки Етефоном. Затримка ж охолодження прискорила деградацію хлорофілу у шкірці – показник відповідно в 1,5 і 1,6 раза більший.

Незалежно від обробки дерев Етефоном, за післязбиральної обробки 1-МЦП відбивання світла в негайно охолоджених плодів більше в 1,1 раза, порівняно з початковим значенням, в 1,2 більше в охолоджених із затримкою і не оброблених Етефоном яблук, в 1,3 раза – з такою обробкою.

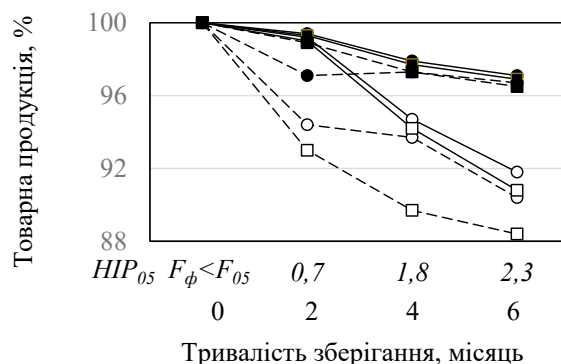


Рис. 1. Вихід товарної продукції яблук сорту Ренет Симиренка під час зберігання залежно від перед- і післязбиральної обробки (середнє для врожаю 2012–2013 рр.):

- негальне охолодження
- без обробки Етефоном і 1-МЦП;
 - без обробки Етефоном з 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном, без 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном і 1-МЦП.
- 3-добове затримання охолодження
- без обробки Етефоном і 1-МЦП;
 - без обробки Етефоном з 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном, без 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном і 1-МЦП

Без обробки плодів 1-МЦП щільність м'якуша активно знижувалася, незалежно від застосування Етефону й режиму післязбирального охолодження (рис. 2, справа). Оскільки для відвантаження в торговельну мережу допустима щільність не менш ніж 6,5 кг/см², без обробки яблук 1-МЦП бажаний показник забезпечувався лише протягом перших двох місяців зберігання.

Передзбиральна обробка Етефоном, із тридобовим затриманням охолодження плодів, прискорила зниження щільності після шести місяців зберігання до рівня відповідно 4,9 та 4,6 кг/см². За післязбиральної обробки 1-МЦП рівень показника наприкінці шестимісячного зберігання високий (7,2–8,0 кг/см²), незалежно від обробки Етефоном і тридобового затримання охолодження. Подібні дані для оброблених Етефоном яблук сорту Стар-кримсон отримано Y. Sun зі співавторами в Китаї [13], V. Ting зі співавторами для оброблених 1-МЦП яблук Бребури та Фуджі в Новій Зеландії [14].

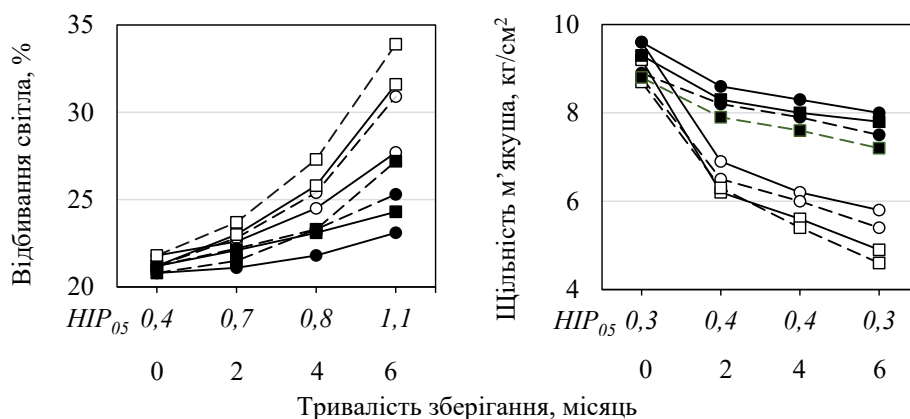


Рис. 2. Зміна відбивання світла від шкірки (ліва) і щільності м'якуша (права) яблук сорту Ренет Симиренка, залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (середнє для врожаю 2012–2013 рр.):

- негальне охолодження
- без обробки Етефоном і 1-МЦП;
 - без обробки Етефоном з 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном, без 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном і 1-МЦП.
- 3-добове затримання охолодження
- без обробки Етефоном і 1-МЦП;
 - без обробки Етефоном з 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном, без 1-МЦП;
 - оброблено Етефоном і 1-МЦП

Нижчий рівень відбивання світла, отже, менше пожовтіння плодів, зафіксовано без обробки Етефоном, з негайним охолодженням після збирання (табл. 1). Починаючи із другого місяця зберігання післязбиральна обробка 1-МЦП достовірно сповільнила зміну основного забарвлення. Обробленням Етефоном і тридобовим затриманням післязбирального охолодження суттєво прискорено втрату щільності, тоді як за обробки 1-МЦП показник на 1,8–2,4 кг/см² вищий.

Таблиця 1. Відбивання світла на хвилі 675 нм і щільність м'якуша яблук сорту Ренет Симиренка залежно від перед- і післязбиральної обробки, під час зберігання (результати дисперсійного аналізу, 2012–2013 рр.)

Тривалість зберігання, міс.	Передзбиральна обробка			Післязбиральне охолодження			Доза Смарт-Фреш, г/м ³		
	Без обробки	Етефон з КАНО	HIP_{05}	Негайне	Затримка на 3 доби	HIP_{05}	0	0,068	HIP_{05}
Відбивання світла, %									
0	21,3	21,3	$F_{\phi} < F_{0,5}$	21,3	21,3	$F_{\phi} < F_{0,5}$	21,2	21,0	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	22,2	22,6	0,3	22,2	22,6	0,3	23,0	21,7	0,3
4	23,8	24,9	0,4	23,8	24,8	0,4	25,8	22,9	0,4
6	26,7	29,3	0,5	26,7	29,3	0,5	31,0	24,9	0,5
Щільність м'якуша, кг/см ²									
0	9,2	9,0	0,2	9,4	8,8	0,2	9,0	9,1	$F_{\phi} < F_{0,5}$
2	7,6	7,2	0,2	7,5	7,2	0,2	6,5	8,3	0,2
4	7,1	6,7	0,2	7,0	6,7	0,2	5,6	7,9	0,2
6	6,7	6,1	0,1	6,6	6,2	0,1	5,2	7,6	0,1

Залежність щільності м'якуша яблук сорту Ренет Симиренка від світловідбивання на хвилі 675 нм обернено лінійна: за нижчої щільності відбивання світла вище (рис. 3), тоді як за вищої щільності вихід товарної продукції також зростає – залежність прямолінійна (рис. 4).

Встановлено вплив передзбиральної обробки Етефоном, режиму післязбирального охолодження і обробки 1-МЦП на зміну виходу товарної продукції та фізичні показники яблук (табл. 2).

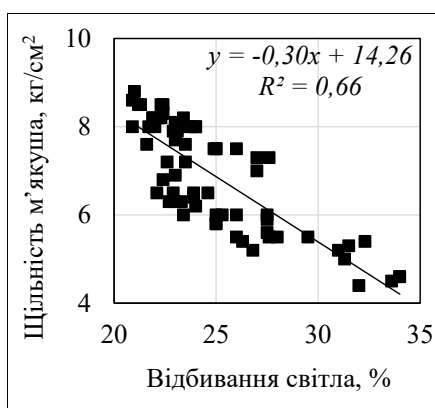


Рис. 3. Залежність щільності м'якуша (y) від відбивання світла (x) шкіркою яблук сорту Ренет Симиренка на хвилі 675 нм

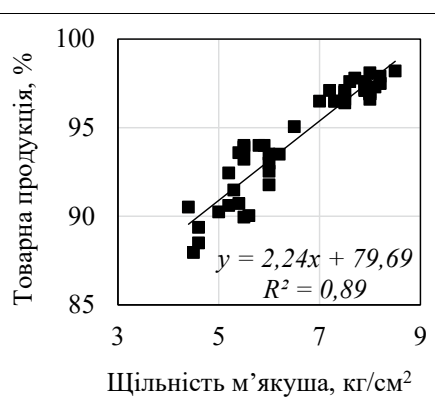


Рис. 4. Залежність виходу товарної продукції (y) від щільності (x) яблук сорту Ренет Симиренка

Таблиця 2. Вплив досліджуваних чинників на вихід товарної продукції та зміну фізичних показників яблук сорту Ренет Симиренка після шестимісячного зберігання (урожай 2012–2013 рр.), %

Чинник	Товарна продукція	Відбивання світла	Щільність м'якуша
Передзбиральна обробка Етефоном	2	12	4
Післязбиральне охолодження	3	14	3
Післязбиральна обробка 1-МЦП	59	70	89

Після шести місяців зберігання вихід товарної продукції, зміна рівня відбивання світла (ступінь пожелтіння) і щільність плодів визначалися здебільшого обробкою яблук 1-МЦП. Товарність і щільність значно менше залежали від передзбиральної обробки Етефоном і режиму охолодження; порівняно невисокий вплив цих чинників і на відбивання світла.

Висновки. Рациональна тривалість холодильного зберігання яблук сорту Ренет Симиренка, зібраних із необроблених Етефоном дерев, за температури 2 ± 1 °C (з 90% виходом товарних плодів) – до шести місяців, незалежно від режиму охолодження, а за обробки Етефоном – до шести місяців лише для негайно охолодженої продукції. За обробки інгібітором етилену 1-МЦП вихід товарних плодів високий (97%), незалежно від застосування Етефону й режиму охолодження.

За обробки дерев Етефоном (за два тижні до збирання врожаю) і тридобового затримання післязбирального охолодження прискорено зростає відбивання шкіркою світла (деградація хлорофілу – більше пожовтіння) та нижча щільність м'якуша після шестимісячного зберігання. За післязбиральної обробки 1-МЦП зміна основного забарвлення і щільності повільніша, незалежно від обробки Етефоном і охолодження.

Під час зберігання залежність щільності м'якуша яблук (y) від рівня відбивання (x) шкіркою світла на хвилі 675 нм обернено лінійна ($y = -0,30x + 14,26$, $R^2 = 0,66$), а виходу товарних плодів (y) від щільності (x) – прямолінійна ($y = 2,24x + 79,69$, $R^2 = 0,89$).

Вихід товарної продукції, відбивання світла та щільність передусім залежать від післязбиральної обробки яблук 1-МЦП; на товарність продукції і щільність передзбиральна обробка дерев Етефоном і режим охолодження вплинули слабо (2–4%), на відбивання світла вплив чинників у межах 12–14%.

Подяка компанії “AgroFresh” (Польща) за надання препарату «СмартФреш».

Список використаних джерел

1. Методичні рекомендації з питань зберігання і переробки плодів та ягід / Г.М. Рибак та ін. Київ : Укр. НДІ садівництва, 1980. 75 с.
2. Carra B., Dini M., Abreu E.S., Pasa M.S., Pasa C.P., Francescato P., Herter F.G., Mello-Farias P.C. Ethephon increases return bloom and yield of Rocha pear trees. *Acta Horticulturae*. 2021. Vol. 1303 (41). P. 291–298. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1303.41.
3. Cocco C., Schildt G.W., Tessaro F.A. Effect of ethephon application on fruit quality at harvest and post-harvest storage of Japanese plum (*Prunus salicina*) cv. Fortune. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2021. Vol. 65. 11 p. DOI: 10.1590/1678-4324-202210183.
4. Duyvelshoff C., Cline J.A. Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young Northern Spy apple trees. *Scientia Horticulturae*. 2013. Vol. 151. P. 128–134. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.12.002.
5. Gwanpua S.G., Vicent V., Hertog M.L.A.T.M., Nikolai B.M., Geeraerd A.H., Verlinden B.E., Van I.J. Modelling biological variation in the skin background color of Jonagold apples during controlled atmosphere storage. *Acta Horticulturae*. 2015. Vol. 1071. P. 303–310. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1071.38.
6. Johnston J.W., Hewett E.W., Hertog M.L.A.T.M. Apple (*Malus domestica*) softening in the postharvest coolchain: effects of delayed cooling and shelf-life temperatures. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2005. Vol. 33. P. 283–292. DOI: 10.1080/01140674.2005.9514361.
7. Kurubas M.S., Erkan M. Impacts of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of Ankara pears during long-term storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2018. Vol. 42 (2). P. 88–96. DOI: 10.3906/tar-1706-72.
8. Pathare P.B., Opara U.L., Vigneault C., Delele M.A., Al-Said F.A.J. Design of packaging vents for cooling fresh horticultural produce. *Food and Bioprocess Technology*. 2012. Vol. 5 (6). P. 2031–2045. DOI: 10.1007/s11947-012-0883-9.
9. Paul V., Pandey R. Current status of 1-methylcyclopropene (1-MCP) use in postharvest management of apple. *Indian Food Industry Magazine*. 2021. Vol. 3 (4). P. 24–38.
10. Qi W., Wang H., Zhou Z., Yang P., Wu W., Li Z. Ethylene emission as a potential indicator of Fuji apple flavor quality evaluation under low temperature. *Horticultural Plant Journal*. 2020. Vol. 6 (4). P. 231–239. DOI: 10.1016/j.hpj.2020.03.007.
11. Schultz E.E., Mallmann W.L., Ludwig V., Thewes F.R., Pasquetti, B.M.R. Aminoethoxyvinylglycine, naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on pre-harvest fruit drop, volatile compounds profile, and overall quality of ‘Galaxy’ apples. *Erwerbs-Obstbau*. 2023. Vol. 65 (1). P. 7–23. DOI: 10.1007/s10341-022-00691-w.
12. Streif J. Optimum harvest date for different apple cultivars in the Bodensee area. *Proceedings of a meeting working group optimum harvest date. 9–10 June, 1994. Lofthus, Norway*. 1994. P. 178–183.
13. Sun Y., Shi Z., Jiang Y., Zhang X., Li X., Li F. Effects of preharvest regulation of ethylene on carbohydrate metabolism of apple (*Malus domestica* Borkh cv. Starkrimson) fruit at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae*. 2021. Vol. 276. P. 109748. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109748.
14. Ting V.J.L., Silcock P., Biasioli F., Bremer P. The physical and structural effects of 1-MCP on four different apple cultivars during storage. *Foods*. 2023. № 12. P. 1–21. DOI: 10.3390/foods12224050.
15. Tomala K., Grzymala U., Jeziorek K., Wozniak M., Tomala W., Wojtalewicz M., Tomala M., Dziuban R. Sposoby poprawy jakości przechowalniczej jabłek. *Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*. 2010. № 10. P. 107–123.
16. Yuan R., Li J. Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of Delicious apples. *HortScience*. 2008. Vol. 43 (5). P. 1454–1460. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1454.

Drozd O. O.

Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Food Technology,
Uman National University
Uman, Ukraine
E-mail: olga.drozd@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2419-7624

Melnyk O. V.

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Fruit Growing and Viticulture,
Uman National University
Uman, Ukraine

E-mail: novsad@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6707-5731

Remeniuk L. M.

Graduate Student,
Uman National University
Uman, Ukraine

MARKETABILITY AND PHYSICAL PARAMETERS OF REINETTE SIMIRENKO APPLES DEPENDING ON THE COOLING MODE, TREATMENT OF TREES WITH ETHEPHON AND FRUITS WITH ETHYLENE INHIBITOR

Abstract

The article presents the research results of cooling delay, pre-harvest tree spraying with ethylene producer (Ethephon) and post-harvest fruit treatment with ethylene inhibitor 1-methylcyclopropene (1-MCP) on changes in marketability and physical parameters of Reinette Simirenko apples during long-term cold storage. The research was carried out at Uman National University of Horticulture. Two weeks before the expected harvest, trees were sprayed with a physiologically active substance Ethephon (ethrel, 180 g/ha) with the addition of NAA (potassium salt of α -naphthylacetic acid, 20 g/ha); control plots were sprayed with water. The apples were collected in the stage of early harvest maturity. On the day of harvest, one part of the fruits was cooled at a temperature of 5 ± 1 °C and a relative humidity of 90–95% and the next day treated with 1-MCP (SmartFresh, 0,068 g/m³). The other part of the apples was exposed for three days at a temperature of 16 ± 1 °C with subsequent cooling to 5 ± 1 °C and treatment with 1-MCP. The fruits were stored for six months in a KHR-12M refrigerating chamber at a temperature of 2 ± 1 °C and a relative humidity of 90–95%.

Regardless of the cooling regime, it has been established that the rational storage duration of apples collected from trees without Ethephon treatment is up to six months (with 90% standard fruit output), while when sprayed with Ethephon, only immediately cooled fruits are stored for the same period. Treatment with the ethylene inhibitor 1-MCP provides a high standard fruit output 97%, regardless of Ethephon tree spraying and the fruit cooling delay.

At the end of storage, when trees are treated with Ethephon and a three-day post-harvest cooling delay occurs, the skin's light reflection increases rapidly and the flesh firmness decreases. Regardless of Ethephon treatment and cooling, the change in ground skin color and firmness is slower with post-harvest apple treatment with 1-MCP.

During storage, the dependence of apple firmness on the level of light reflection by the skin at 675 nm is inversely linear, and the dependence of standard fruit output on density is linear.

The standard fruit output, light reflectance, and the firmness are determined primarily by the postharvest apple treatment with 1-MCP. Pre-harvest tree treatment with Ethephon and the cooling regime of fruits have a weak effect on the firmness and standard fruit output (2–4%), and the influence of these factors on the skin light reflection was found to be within 12–14%.

Key words: apple, Reinette Simirenko, Ethephon, cooling mode, 1-methylcyclopropene, storage, product quality, skin light reflection, flesh firmness.

References

1. Rybak, G.M., Mykhaylova, E.V., & Blashkina, O.A., et al. (1980). *Metodychni rekomendatsii z pytan zberihannia i pererobky plodiv ta yahid* [Methodological recommendations on the storage and processing of fruits and berries]. Kyiv: Ukr. NDI sadivnytstva, 75 p. [in Ukrainian].
2. Carra, B., Dini, M., Abreu, E.S., Pasa, M.S., Pasa, C.P., Francescato, P., Herter, F.G., & Mello-Farias, P.C. (2021). Ethephon increases return bloom and yield of Rocha pear trees. *Acta Horticulturae*, Vol. 1303 (41), pp. 291–298. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1303.41 [in English].
3. Cocco, C., Schildt, G.W., & Tessaro, F.A. (2021). Effect of ethephon application on fruit quality at harvest and post-harvest storage of Japanese plum (*Prunus salicina*) cv. Fortune. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 65, 11 p. DOI: 10.1590/1678-4324-2022210183 [in English].
4. Duyvelshoff, C., & Cline, J.A. (2013). Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young Northern Spy apple trees. *Scientia Horticulturae*, Vol. 151, pp. 128–134. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.12.002 [in English].
5. Gwanpua, S.G., Vicent, V., Hertog, M.L.A.T.M., Nikolai, B.M., Geeraerd, A.H., Verlinden, B.E., & Van, I.J. (2015). Modelling biological variation in the skin background color of Jonagold apples during controlled atmosphere storage. *Acta Horticulturae*, Vol. 1071, pp. 303–310. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1071.38 [in English].
6. Johnston, J.W., Hewett, E.W., & Hertog, M.L.A.T.M. (2005). Apple (*Malus domestica*) softening in the postharvest coolchain: effects of delayed cooling and shelf-life temperatures. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, Vol. 33, pp. 283–292. DOI: 10.1080/01140674.2005.9514361 [in English].
7. Kurubas, M.S., & Erkan, M. (2018). Impacts of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of Ankara pears during long-term storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 42 (2), pp. 88–96. DOI: 10.3906/tar-1706-72 [in English].

8. Pathare, P.B., Opara, U.L., Vigneault, C., Delele, M.A., & Al-Said, F.A.J. (2012). Design of packaging vents for cooling fresh horticultural produce. *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 5 (6), pp. 2031–2045. DOI: 10.1007/s11947-012-0883-9 [in English].
9. Paul, V., & Pandey, R. (2021). Current status of 1-methylcyclopropene (1-MCP) use in postharvest management of apple. *Indian Food Industry Magazine*, Vol. 3 (4), pp. 24–38 [in English].
10. Qi, W., Wang, H., Zhou, Z., Yang, P., Wu, W., & Li, Z. (2020). Ethylene emission as a potential indicator of Fuji apple flavor quality evaluation under low temperature. *Horticultural Plant Journal*, Vol. 6 (4), pp. 231–239. DOI: 10.1016/j.hpj.2020.03.007 [in English].
11. Schultz, E.E., Mallmann, W.L., Ludwig, V., Thewes, F.R., & Pasquetti, B.M.R. (2023). Aminoethoxyvinylglycine, naphthalene acetic acid and ethephon: impacts on pre-harvest fruit drop, volatile compounds profile, and overall quality of ‘Galaxy’ apples. *Erwerbs-Obstbau*, Vol. 65 (1), pp. 7–23. DOI: 10.1007/s10341-022-00691-w [in English].
12. Streif, J. (1994). Optimum harvest date for different apple cultivars in the Bodensee area. *Proceedings of a meeting working group optimum harvest date. 9–10 June, 1994*. Lofthus, Norway, pp. 178–183 [in English].
13. Sun, Y., Shi, Z., Jiang, Y., Zhang, X., Li, X., & Li, F. (2021). Effects of preharvest regulation of ethylene on carbohydrate metabolism of apple (*Malus domestica* Borkh cv. Starkrimson) fruit at harvest and during storage. *Scientia Horticulturae*, Vol. 276, pp. 109748. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109748 [in English].
14. Ting, V.J.L., Silcock, P., Biasioli, F., & Bremer, P. (2023). The physical and structural effects of 1-MCP on four different apple cultivars during storage. *Foods*, № 12, pp. 1–21. DOI: 10.3390/foods12224050 [in English].
15. Tomala, K., Grzymala, U., Jeziorek, K., Wozniak, M., Tomala, W., Wojtalewicz, M., Tomala, M., & Dziuban, R. (2010). Sposoby poprawy jakości przechowalniczej jabłek [Ways to improve the storage quality of apples]. *Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*, № 10. pp. 107–123 [in Polish].
16. Yuan, R., & Li, J. (2008). Effect of sprayable 1-MCP, AVG, and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of Delicious apples. *HortScience*, Vol. 43 (5), pp. 1454–1460. DOI: 10.21273/HORTSCI.43.5.1454 [in English].

Отримано: 17.04.2025

Рекомендовано: 26.05.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.4>
УДК 633.15:631.8:631.67(477.72)

Іванів М. О.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
в.о. завідувача кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
Кропивницький, Україна
E-mail: ivaniv_m@ksaeu.kherson.ua
ORCID: 0000-0002-4793-6194

Сидякіна О. В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри рослинництва та агроінженерії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
Кропивницький, Україна
E-mail: sydiakina_o@ksaeu.kherson.ua
ORCID: 0000-0001-8812-6078

Гамула Є. А.

здобувач наукового ступеня доктора філософії,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
Кропивницький, Україна
E-mail: gatula2204@gmail.com
ORCID: 0009-0007-5214-7599

ВПЛИВ ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН ТА МІКРОДОБРИВ НА ВОДОСПОЖИВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

У статті наведено результати досліджень з вивчення впливу густоти стояння рослин та позакореневих підживлень мікродобривами на сумарне водоспоживання і коефіцієнт водоспоживання посівів гібридів кукурудзи марки DEKALB в ґрунтово-кліматичних умовах Північного Степу України. Метою дослідження було встановити ефективні агротехнічні заходи, які забезпечують раціональне використання вологи, збереження родючості ґрунтів та високу продуктивність агроценозів кукурудзи. Польові дослідження проводили у 2022–2024 рр. на чорноземі звичайному малогумусному в ТОВ АФ «Агротехнологія-Плюс» Кропивницького району Кіровоградської області. У трифакторному досліді вивчали гібриди різних груп ФАО (310–420), вісім рівнів густот стояння рослин (55–110 тис./га) та три варіанти позакореневих підживлень (контроль – обробка водою, Аміно Ультра Кукурудза, Мікро-Мінераліс Кукурудза). За результатами досліджень встановлено, що сумарне водоспоживання суттєво залежало від погодних умов року: від 1487 м³/га у найпосушливішому 2024 р. до 4219 м³/га у найбільш зволоженому 2022 р. У середньому 61,8% водоспоживання забезпечували опади, решта припадала на запаси ґрунтової вологи. Найнижчим коефіцієнт водоспоживання (236–309 м³/т) визначено у 2024 р., найвищим (367–391 м³/т) – у 2022 р. Оптимальною у дослідженнях була густина стояння рослин у діапазоні 55–75 тис./га, для якої характерні найбільш ощадливі витрати води на формування одиниці врожаю (308–311 м³/т). Застосування мікродобрив сприяло більш економічному використанню води – коефіцієнт водоспоживання знижувався на 11–17% порівняно з контролем. Найвищу ефективність забезпечили позакореневі підживлення мікродобривом Аміно Ультра Кукурудза. Між сумарним водоспоживанням, коефіцієнтом водоспоживання та врожайністю зерна встановлено дуже тісні кореляційні зв'язки ($R^2 = 0,9280\text{--}0,9995$), що засвідчує високу ефективність досліджуваних елементів технології вирощування кукурудзи у контексті адаптації до змін клімату та дефіциту водних ресурсів.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, густина стояння рослин, позакореневе підживлення, мікродобриво, сумарне водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання.

Вступ. За сучасних кліматичних змін, що супроводжуються більш частими періодами посухи, нерівномірним розподілом опадів та зростанням температур атмосферного повітря, питання раціонального використання водних ресурсів набуває особливої актуальності. Кукурудза відома як посухостійка культура, проте вона чутлива до нестачі вологи, особливо в критичні фази росту й розвитку – ВВСН 61–69 (цвітіння) і ВВСН 75–79 (налив

зерна). Водний стрес під час цвітіння уповільнює ріст і розвиток рослин та збільшує інтервал між появою тичинок і приймочок (ASI), що призводить до послаблення заплідненості й абортів зерен (ZmEXPA5 визначено геном, який зменшує ASI та підвищує рівень урожайності) [6; 9].

Нестача вологи під час цвітіння кукурудзи призводить до зниження загальної ефективності фотосинтезу та його окремих складових (закриття продихів, пригнічення активності ферментів), що обмежує транспортування асимілятів до зерна, що знаходиться у стадії формування. Нестача вологи призводить до зниження внутрішньої концентрації CO₂ у листках через закриття продихів, а також інгібує ферментативні процеси в циклі Кальвіна-Бенсона, що ще більшою мірою послаблює ефективність фотосинтезу. Як результат, порушується синтез і транспортування вуглеводів до зав'язі та знижується виповненість зерна [5].

Рациональне водоспоживання посівів кукурудзи значною мірою обумовлюється біологічними особливостями гібридів, густотою стояння рослин та ефективністю живлення, зокрема проведенням позакоренових підживлень мікродобривами. Добір адаптованих до регіональних умов гібридів, оптимізації просторового розміщення та живлення рослин дозволяють не лише підвищити продуктивність агроценозів, а й забезпечити рациональне використання ґрунтової вологи посівами [1–4; 10].

У дослідженнях останніх років акцентовано увагу на важливості інтеграції агрофізіологічного моніторингу з технологічними заходами, які забезпечують адаптацію рослин до умов водного стресу. Використання сучасних гібридів кукурудзи з підвищеною толерантністю до посухи у поєднанні з контрольованими агротехнічними заходами дозволяє послабити негативний вплив абіотичних чинників на ріст, розвиток і продуктивність культури [7; 8].

Дослідження впливу особливостей гібридів, густоти стояння рослин та позакоренових підживлень мікродобривами на водоспоживання посівів кукурудзи є науково обґрунтованим, практично орієнтованим та спрямованим на розробку ресурсозберігаючих елементів технології вирощування за умов обмеженого зволоження.

Мета дослідження – дослідити вплив густоти стояння рослин та позакоренових підживлень мікродобривами на сумарне водоспоживання та коефіцієнт водоспоживання гібридів кукурудзи марки DEKALB різних груп ФАО в умовах Північного Степу України.

Виклад основного матеріалу. Польові дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. на чорноземі звичайному малогумусному глибокому в ТОВ АФ «Агротехнологія-Плюс» Кропивницького району Кіровоградської області за загальноприйнятими методиками.

Дослід трифакторний. Фактор А – гібриди кукурудзи марки DEKALB різних груп ФАО (310–420). Фактор В – густота стояння рослин (55–110 тис./га). Фактор С – позакоренові підживлення мікродобривами: обробка водою – контроль, Аміно Ультра Кукурудза (0,75 кг/га), Мікро-Мінераліс Кукурудза (1,5 л/га). Обробку посівів проводили двічі – у фази 3–5 і 7–9 листків.

Вміст вологи в шарі ґрунту 0–100 см визначали перед сівбою та після збирання врожаю термостатно-ваговим методом. Для обчислення сумарного водоспоживання використовували метод водного балансу. Коефіцієнт водоспоживання розраховували за відношенням сумарного водоспоживання до врожайності зерна.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали згідно програми Microsoft Excel та програмно-інформаційного комплексу Agrostat. Оцінку тісноти кореляційного зв'язку проводили відповідно до шкали Чеддока.

За результатами досліджень встановлено, що сумарне водоспоживання посівів кукурудзи значно залежало від умов вологозабезпеченості років вирощування. Максимальним його визначено у найбільш вологому 2022 р. – 4219 м³/га, мінімальним – у найпосушливішому 2024 р. – 1487 м³/га, або в 2,8 рази меншим (табл. 1).

Таблиця 1

Сумарне водоспоживання та його баланс за вирощування кукурудзи (середнє за досліджуваними факторами)

Рік вирощування	Сумарне водоспоживання, м ³ /га	Частка у балансі, м ³ /га	
		опадів	ґрунтової вологи
2022	4219	2850	1369
2023	2512	1455	1057
2024	1487	772	715
2022–2024 рр.	2739	1692	1047

Частка опадів і ґрунтової вологи у балансі водоспоживання кукурудзи впродовж 2022–2024 рр. свідчить про варіативність джерел вологозабезпечення залежно від агрокліматичних умов року.

У 2022 р., який характеризувався відносно сприятливими умовами з достатньою кількістю опадів упродовж вегетаційного періоду, переважну частку балансу водоспоживання забезпечили атмосферні опади – 67,6%, на частку ґрунтової вологи припадало 32,4% (рис. 1).

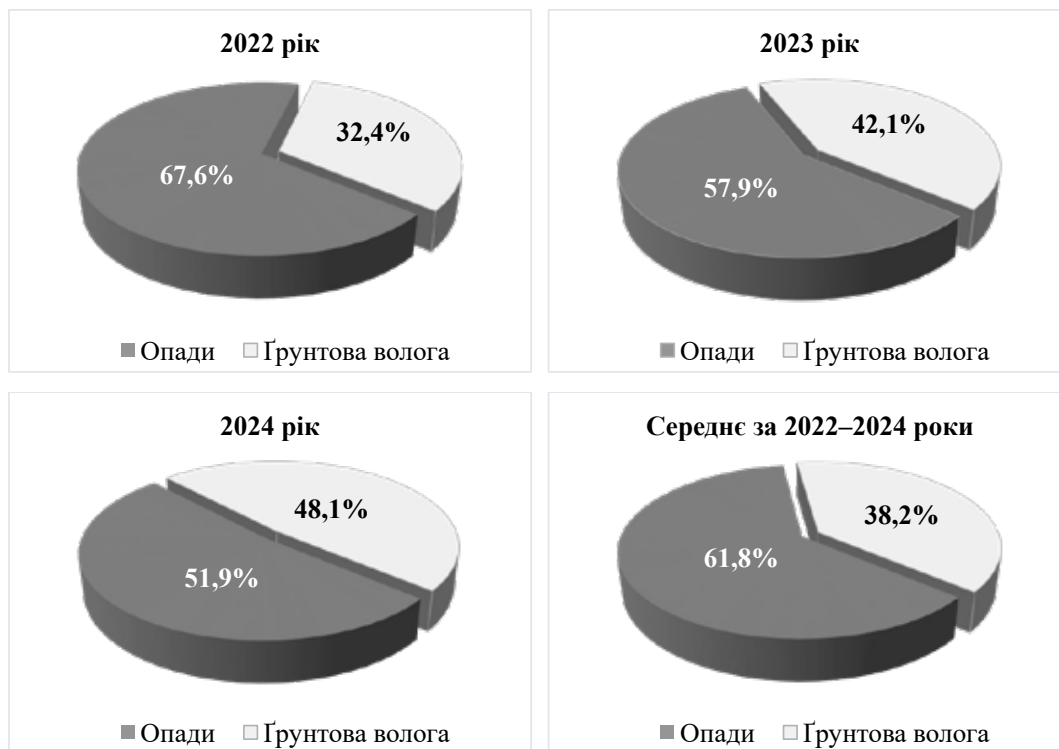


Рис. 1. Складові елементи балансу сумарного водоспоживання (середнє за досліджуваними факторами), %

У 2023 р. зменшення кількості опадів призвело до зростання частки використання вологи з ґрунтових запасів до 42,1%, опади при цьому забезпечували 57,9% потреби рослин. У 2024 р. частка опадів у балансі водоспоживання знизилася до 51,9%, і майже половину потреби (48,1%) рослини кукурудзи використовували із запасів ґрунтової вологи, що підтверджує зростання посушливості у регіоні.

У середньому за три роки досліджень атмосферні опади формували 61,8% сумарного водоспоживання посівів кукурудзи, а ґрунтові вологозапаси – 38,2%, що обґрунтовує вирішальне значення вологозабезпеченості в умовах Північного Степу, особливо за сучасних кліматичних змін.

Побудована кореляційно-регресійна залежність між урожайністю зерна та сумарним водоспоживанням посівів кукурудзи засвідчує дуже сильний зв'язок між досліджуваними показниками, що підтверджує коефіцієнт кореляції $R = 0,9791-0,9837$.

Рівень зволоження років вирощування суттєво вплинув на формування коефіцієнту водоспоживання. Найнижчими його значення були у найпосушливішому 2024 р., найвищими – у 2022 р., у якому він був у середньому по досліді в 1,6 разів більшим.

У 2022 р., який характеризувався найвищим рівнем зволоження, коефіцієнт водоспоживання був максимальним у досліді і коливався в межах 367–391 м³/т залежно від гібриду. У 2023 р. він виявився значно меншим, мінімальні його значення забезпечили гібриди ДКС 4098 (ФАО 310) і ДКС 5206 (ФАО 420) – 291 і 296 м³/т відповідно, а найбільші – ДКС 4391 (ФАО 350) та ДКС 5075 (ФАО 410) – 309 м³/т. Найменшу кількість вологи на формування одиниці врожаю посіви кукурудзи витрачали у 2024 р., коли через недостатнє зволоження коефіцієнт водоспоживання варіював у межах від 252 до 309 м³/т. У середньому за три роки досліджень коефіцієнт водоспоживання для більшості гібридів виявився практично однаковим і знаходився у межах 313–316 м³/т, виняток складав лише гібрид ДКС 4598 (ФАО 360), у якого даний показник становив 333 м³/т, що вказує на більші потреби даного гібриду до умов вологозабезпеченості.

Коефіцієнт водоспоживання суттєво залежав від густоти стояння рослин, що свідчить про значний вплив даного елемента технології на ефективність використання вологи рослинами (табл. 2).

У сприятливому за зволоженням 2022 р. найнижчі значення коефіцієнта водоспоживання визначено за густоти стояння рослин 75 тис./га – 367 м³/т, максимальні – у надмірно загущених посівах (110 тис./га) – 402 м³/т. У 2023 р. найнижчий коефіцієнт водоспоживання забезпечила густота стояння рослин 65–70 тис./га (293–295 м³/т), за всіх інших рівнів густот він зростав. У найбільш посушливому 2024 р. коефіцієнт водоспоживання варіював у межах від 236 м³/т за густоти стояння рослин 55 тис./га до максимальних значень 319 м³/т за щільності посівів 90 тис./га.

У середньому за 2022–2024 рр. найефективнішим використання вологи посівами кукурудзи визначено за густоти стояння рослин 55–75 тис./га (308–311 м³/т), що дозволяє вважати даний діапазон як оптимальний відносно витрат вологи на формування одиниці врожаю. Найвищі значення коефіцієнта водоспоживання у середньому за

три роки досліджень забезпечила густота стояння рослин 90–110 тис./га – 328–336 м³/т, що вказує на нераціональні витрати вологи у загущених посівах.

Таблиця 2. Вплив густоти стояння рослин на коефіцієнт водоспоживання посівів кукурудзи у середньому за факторами, м³/т

Густота стояння рослин, тис./га	Роки досліджень			Середнє за 2022–2024 рр.
	2022	2023	2024	
55	379	317	236	311
60	373	299	252	308
65	368	295	260	308
70	371	293	266	310
75	367	297	269	311
80	382	301	288	324
90	390	299	319	336
110	402	310	272	328

Позакореневі підживлення мікродобривами найбільшою мірою серед досліджуваних факторів вплинули на коефіцієнт водоспоживання посівів кукурудзи, про що свідчить максимальна різниця між варіантами дослідів (рис. 2).

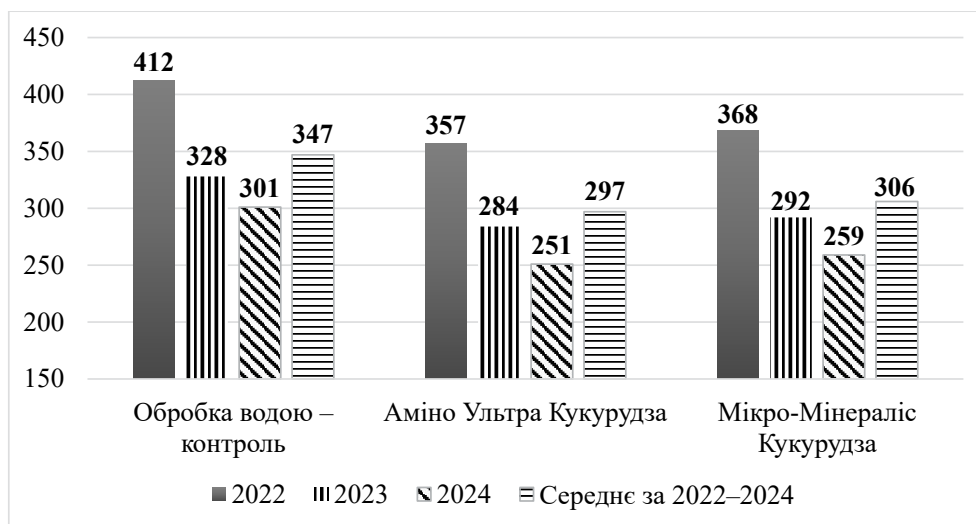


Рис. 2. Вплив позакореневих підживлень мікродобривами на коефіцієнт водоспоживання посівів кукурудзи у середньому за факторами, м³/т

У 2022 р., який характеризувався відносно сприятливими умовами зволоження, коефіцієнт водоспоживання у контрольному варіанті дослідів з обробкою посівів водою становив 412 м³/т. У варіантах із застосуванням мікродобрив Аміно Ультра Кукурудза та Мікро-Мінераліс Кукурудза даний показник був нижчим відповідно на 55 та 44 м³/т, що свідчить про більш ощадливі витрати вологи на формування одиниці врожаю за рахунок проведення позакореневих підживлень посівів.

У 2023 р. коефіцієнт водоспоживання у контролі становив 328 м³/т, а у варіантах із мікродобривами – 284–292 м³/т, тобто на 36–44 м³/т або 11–13% менше, що обґрунтовує позитивну дію позакореневих підживлень навіть за умов менш достатнього зволоження.

У найбільш посушливому 2024 р. ефективність позакореневих підживлень мікродобривами зберіглася. У контрольному варіанті коефіцієнт водоспоживання становив 301 м³/т, а у варіантах з Аміно Ультра Кукурудза та Мікро-Мінераліс Кукурудза – 251–259 м³/т, що менше на 42–50 м³/т або 14–17%.

У середньому за три роки досліджень найнижчий коефіцієнт водоспоживання визначено за використання мікродобрива Аміно Ультра Кукурудза – 297 м³/т, що на 50 м³/т менше, ніж у контролі з обробкою посівів водою. За впливу мікродобрива Мікро-Мінераліс Кукурудза коефіцієнт водоспоживання був дещо вищим – 306 м³/т.

Коефіцієнт водоспоживання посівів кукурудзи залежно від гібриду, густоти стояння рослин та позакореневих підживлень мікродобривами у середньому за три роки досліджень підтверджує складну взаємодію між досліджуваними факторами, що обумовлює ефективність використання вологозапасів в агроценозі культури.

Незважаючи на значні коливання коефіцієнту водоспоживання за роками вирощування кукурудзи, результати статистичного аналізу свідчать про наявність дуже тісної залежності між даним показником і рівнем сформованої врожайності: $R^2 = 0,9280\text{--}0,9995$ для густоти стояння рослин та $R^2 = 0,9536\text{--}0,9993$ для гібридів марки DEKALB.

Висновки. Сумарне водоспоживання посівів кукурудзи значною мірою залежало від агрокліматичних умов року вирощування, зокрема кількості атмосферних опадів і ґрунтових вологозапасів, що зумовило різницю майже втричі між найбільш вологим (2022) і найбільш посушливим (2024) роками. Баланс водоспоживання формувався за участі як атмосферних опадів, так і ґрунтової вологи, причому в умовах дефіциту опадів зростала частка використання ґрунтової вологи, що засвідчує її вирішальне значення у забезпеченні водного режиму рослин.

Найменшими витрати води на формування одиниці врожаю визначено за густоти стояння рослин 55–75 тис./га – 308–311 м³/т. Загущення посівів понад 90 тис./га суттєво збільшувало коефіцієнт водоспоживання. Найнижчі його значення забезпечили гібриди ДКС 4391, ДКС 4712 та ДКС 5206, найвищі – гібрид ДКС 4598. Позакореневі підживлення мікродобривами зменшували коефіцієнт водоспоживання на 11–17%. Дещо вищу ефективність забезпечувало мікродобриво Аміно Ультра Кукурудза.

Список використаних джерел

1. Вожегова 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>.
2. Носов С. Особливості водоспоживання гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від строків сівби в Північній підзоні Степу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2014. № 18. С. 210–217.
3. Пустовий С. І., Якунін О. П., Дудка М. І. Агроекономічна ефективність вирощування зерна гібридів кукурудзи залежно від попередника і мінерального удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 142–148. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.19>.
4. Шумигай І. В., Дементьєва О. І. Вирощування гібридів кукурудзи на Півдні України в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 2. С. 74–78. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2014_2_16.
5. Boyer J. S., Westgate M. E. Grain yields with limited water. *Journal of Experimental Botany*. 2004. Vol. 55(407). P. 2385–2394. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh219>.
6. Li Y., Zhang P., Sheng W., Zhang Z., Rose R. J., Song Y. Securing maize reproductive success under drought stress by harnessing CO₂ fertilization for greater productivity. *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14. P. 1221095. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1221095>.
7. Sheoran S., Kaur Y., Kumar S., Shukla S., Rakshit S., Kumar R. Recent Advances for Drought Stress Tolerance in Maize (*Zea mays* L.): Present Status and Future Prospects. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 872566. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.872566>.
8. Ssemugenze B., Ocwa A., Kuunya R., Gumisiriya C., Bojtor C., Nagy J., Széles A., Illés A. Enhancing Maize Production Through Timely Nutrient Supply: The Role of Foliar Fertiliser Application. *Agronomy*. 2025. Vol. 15(1). P. 176. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010176>.
9. Tao K., Li Ya., Hu Yu., Li Yo., Zhang D., Li C., He G., Song Ya., Shi Yu., Li Yu., Wang T., Lu Yu., Liu X. Overexpression of *ZmEXPA5* reduces anthesis-silking interval and increases grain yield under drought and well-watered conditions in maize. *Molecular Breeding*. 2023. Vol. 43(12). P. 84. <https://doi.org/10.1007/s11032-023-01432-x>.
10. Zhao J., Xue Q., Hao B., Marek T. H., Jessup K. E., Xu W., Bean B. W., Colaizzi P. D. Yield determination of maize hybrids under limited irrigation. *Journal of crop improvement*. 2019. Vol. 33(3). P. 410–427. <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1606129>.

Ivaniv M. O.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Acting Head of the Department of Crop Production and Agroengineering,
Kherson State Agrarian and Economic University
Kropyvnytskyi, Ukraine
E-mail: ivaniv_m@ksaeu.kherson.ua
ORCID: 0000-0002-4793-6194

Sydiakina O. V.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Crop Production and Agroengineering,
Kherson State Agrarian and Economic University
Kropyvnytskyi, Ukraine
E-mail: sydiakina_o@ksaeu.kherson.ua
ORCID: 0000-0001-8812-6078

Hamula Ye. A.PhD (Doctor of Philosophy) degree applicant,
Kherson State Agrarian and Economic University
Kropyvnytskyi, Ukraine**E-mail:** gamula2204@gmail.com**ORCID:** 0009-0007-5214-7599**INFLUENCE OF PLANT DENSITY AND MICRONUTRIENTS
ON WATER CONSUMPTION OF MAIZE HYBRIDS UNDER CONDITIONS
OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE****Abstract**

The article presents the results of a study on the influence of plant density and foliar micronutrient fertilization on total water consumption and the water consumption coefficient in maize hybrids of the DEKALB brand under the soil and climatic conditions of the Northern Steppe of Ukraine. The aim of the research was to determine effective agrotechnical measures that ensure rational water use, preservation of soil fertility, and high productivity of maize agroecosystems. Field experiments were conducted during 2022–2024 on ordinary low-humus chernozem at Agrotechnologia-Plus LLC, Kropyvnytskyi district, Kirovohrad region. The three-factor experiment included hybrids of different FAO groups (310–420), eight levels of plant density (55–110 thousand plants/ha), and three options for foliar fertilization (control – water treatment, Amino Ultra Maize, Micro-Mineralis Maize). According to the results, total water consumption varied significantly depending on the weather conditions of the year: from 1487 m³/ha in the driest year (2024) to 4219 m³/ha in the wettest (2022). On average, 61.8% of water consumption was provided by precipitation, while the rest came from soil moisture reserves. The lowest water consumption coefficient (236–309 m³/t) was recorded in 2024, and the highest (367–391 m³/t) in 2022. The optimal plant density ranged from 55 to 75 thousand plants/ha, as this range showed the most efficient water use for grain formation (308–311 m³/t). The use of micronutrient foliar fertilizers contributed to more economical water use—the water consumption coefficient decreased by 11–17% compared to the control. The highest efficiency was observed with the application of Amino Ultra Maize. Very strong correlations ($R^2 = 0.9280–0.9995$) were established between total water consumption, the water consumption coefficient, and grain yield, confirming the high efficiency of the studied maize cultivation practices in the context of climate change adaptation and water resource scarcity.

Key words: maize, hybrid, plant density, foliar feeding, micronutrient fertilizer, total water consumption, water consumption coefficient.

References

1. Vozhehova, R. A., & Bielov, Ya. V. (2019). Vodospozhyvannia hibrydiv kukurudzy zalezno vid elementiv tekhnolohii v zroshuvanykh umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Water consumption of corn hybrids depending on technology elements in irrigated conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, 108, 12–18. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.2> [in Ukrainian].
2. Nosov, S. (2014). Osoblyvosti vodospozhyvannia hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti zalezno vid strokiv sivyv v Pivnichnii pidzoni Stepu Ukrainy [Peculiarities of water consumption of corn hybrids of different maturity groups depending on sowing dates in the Northern subzone of the Steppe of Ukraine]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia – Bulletin of Lviv National Agrarian University. Agronomy*, 18, 210–217 [in Ukrainian].
3. Pustovyi, S. I., Yakunin, O. P., & Dudka, M. I. (2021). Ahroekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia zerna hibrydiv kukurudzy zalezno vid poperednyka i mineralnoho udobrennia [Agroeconomic efficiency of growing corn hybrids depending on the predecessor and mineral fertilizer]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, 117, 142–148. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.19> [in Ukrainian].
4. Shumyhai, I. V., & Dementieva, O. I. (2014). Vyroshchuvannia hibrydiv kukurudzy na Pivdni Ukrainy v umovakh zroshennia [Growing corn hybrids in Southern Ukraine under irrigated conditions]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological Journal*, 2, 74–78 [in Ukrainian].
5. Boyer, J. S., & Westgate, M. E. (2004). Grain yields with limited water. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2385–2394. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh219> [in English].
6. Li, Y., Zhang, P., Sheng, W., Zhang, Z., Rose, R. J., & Song, Y. (2023). Securing maize reproductive success under drought stress by harnessing CO₂ fertilization for greater productivity. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1221095. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1221095> [in English].
7. Sheoran, S., Kaur, Y., Kumar, S., Shukla, S., Rakshit, S., & Kumar, R. (2022). Recent Advances for Drought Stress Tolerance in Maize (*Zea mays* L.): Present Status and Future Prospects. *Frontiers in Plant Science*, 13, 872566. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.872566> [in English].
8. Ssemugenze, B., Ocwa, A., Kuunya, R., Gumisiriya, C., Bojtor, C., Nagy, J., Széles, A., & Illés, A. (2025). Enhancing Maize Production Through Timely Nutrient Supply: The Role of Foliar Fertiliser Application. *Agronomy*, 15(1), 176. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010176> [in English].
9. Tao, K., Li, Ya., Hu, Yu., Li, Yo., Zhang, D., Li, C., He, G., Song, Ya., Shi, Yu., Li, Yu., Wang, T., Lu, Yu., & Liu, X. (2023). Overexpression of *ZmEXPA5* reduces anthesis-silking interval and increases grain yield under drought and well-watered conditions in maize. *Molecular Breeding*, 43(12), 84. <https://doi.org/10.1007/s11032-023-01432-x> [in English].
10. Zhao, J., Xue, Q., Hao, B., Marek, T. H., Jessup, K. E., Xu, W., Bean, B. W., & Colaizzi, P. D. (2019). Yield determination of maize hybrids under limited irrigation. *Journal of crop improvement*, 33(3), 410–427. <https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1606129> [in English].

Отримано: 30.06.2025

Рекомендовано: 04.09.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.5>
УДК 636.2:614.9:637

Лайтер В. В.

аспірант кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: laiterslavik@gmail.com
ORCID: 0009-0002-9382-7383

Кухтин М. Д.

доктор ветеринарних наук, професор,
завідувач кафедри харчової біотехнології і хімії,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Тернопіль, Україна
E-mail: kuchtynnic@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0195-0767

Димчук А. В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: scandinav.23@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7749-9327

Лайтер-Москалюк С. В.

кандидат ветеринарних наук,
доцент кафедри гігієни тварин та ветеринарного забезпечення кінологічної служби
Національно поліції України,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: layter.moskalyuk1977@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5662-7636

ОЦІНКА ВМІСТУ НІТРАТІВ У МОЛОЦІ КОРОВ'ЯЧОМУ СИРОМУ ПРОТЯГОМ РОКУ

Анотація

Продукти харчування тваринного походження меншою мірою контролюються на вміст нітратів (за винятком ковбас), оскільки вони не є потенційним джерелом надходження в організм споживачів цих речовин. Водночас молоко коров'яче також може бути джерелом додаткового надходження нітратів в організм, тому особливо актуальним є контроль їх вмісту в молоці, яке є щоденним компонентом раціону багатьох споживачів, включно з дітьми. Підвищений вміст нітратів у молоці може виникати внаслідок надходження нітратів до організму корови з кормами або водою, особливо за умов порушення технології годівлі, зниження активності мікрофлори рубця чи неякісних кормів. Тому ефективність перетворення нітратів у травному тракті корів прямо впливає на якість молочної продукції. Метою роботи було визначення можливих сезонних змін кількості нітратів у молоці коров'ячому, отриманому від двох порід корів – голштинської та чорно-рябої. Для визначення кількості нітратів у молоці використовували стандартний метод з використанням відновлення кадмієм і аналізування інжекційного потоку після діалізу.

Установлено, що в молоці сирому, отриманому від голштинської і чорно-рябої порід корів у літні місяці, вміст нітратів суттєво не відрізнявся і був у межах від 2,9 до 6,5 мг/кг молока. Водночас не виявлено вірогідної залежності щодо впливу породи корів на вміст нітратів у молоці за однакового раціону й типу годівлі тварин. У березні вміст нітратів у молоці голштинської і чорно-рябої порід корів у всіх господарствах був вірогідно більший, ніж у січні. До того ж у березні на фермах № 2 та № 3 з голштинськими породами корів та у двох із чорно-рябими кількість нітратів у молоці перевищувала, хоч і несуттєво, значення в 10 мг/кг.

Отже, можливе збільшення вмісту нітратів у молоці потребує ґрунтовніших досліджень щодо механізмів надходження їх у молоко за сучасної технології утримання та годівлі корів.

Ключові слова: молоко коров'яче, вміст нітратів, безпечність молока, денітрифікація.

Вступ. Нітрати є природними компонентами азотного циклу кругообігу речовин у природі, тому закономірно вони наявні в рослинній сировині та надходять в організм споживачів за схемою «грунт – рослина – тварина – людина» або напряду з рослинною продукцією [18, с. 12; 28, с. 95]. У незначних концентраціях нітрати не є шкідливими для організму людини, однак у підвищених – можуть бути потенційно небезпечними для здоров'я споживачів [16, с. 395; 27, с. 165]. Для більшості рослинної сировини, яка використовується в раціоні людей як продукти харчування, вміст нітратів регламентується гранично допустимим концентраціями [12; 14]. Натомість продукти харчування тваринного походження меншою мірою контролюються на вміст нітратів (за винятком ковбас), оскільки вони не є потенційним джерелом надходження в організм споживачів цих речовин [3, с. 306; 9, с. 105]. Водночас повідомляється [10, с. 1987; 19, с. 462; 26, с. 77], що молоко коров'яче також може бути джерелом додаткового надходження нітратів в організм, тому особливо актуальним є контроль їх вмісту в молоці, яке є щоденним компонентом раціону багатьох споживачів, включно з дітьми.

Наукові дослідження свідчать, що найбільш чутливими до впливу нітратного токсикозу є діти. Це зумовлено тим, що фермент метгемоглобінредуктаза, який відповідає за відновлення метгемоглобіну до функціонального гемоглобіну, починає синтезуватися лише після тримісячного віку [26, с. 78]. Окрім того, у людей із захворюваннями шлунково-кишкового тракту, печінки, де спостерігаються порушення мікробіоценозу, процес утилізації нітратів відбувається менш ефективно [24, с. 262]. Отже, діти практично позбавлені природного захисту від нітратного токсикозу, а особи з дисбіозом кишечника виявляють підвищену чутливість до токсичного впливу нітратів [15, с. 2; 17 с. 352]. Зважаючи на те, що коров'яче молоко є одним із ключових компонентів раціону, особливо в дитячому віці, контроль його хімічної безпечності, зокрема визначення вмісту нітратів, набуває особливої актуальності для запобігання хронічному нітратному навантаженню.

Підвищений вміст нітратів у молоці може виникати внаслідок надходження нітратів до організму корови з кормами або водою, особливо за умов порушення технології годівлі, зниження активності мікрофлори рубця чи неякісних кормів [1, с. 6; 4, с. 162; 6, с. 175; 23 с. 42]. Загалом, для жуйних тварин нітрати самі собою відносно нетоксичні, оскільки в рубці жуйних тварин під дією мікроорганізмів вони відновлюються до нітритів – речовин із високим ступенем токсичності. Нітрити, потрапляючи до крові тварини, можуть окиснювати гемоглобін у метгемоглобін, що порушує кисневий обмін [7, с. 36; 8, с. 147; 22]. Окрім того, залишки нітритів можуть потрапити до молока, що несе потенційну загрозу для здоров'я людини, особливо дітей [11, с. 503; 15, с. 2; 21]. Тому ефективність перетворення нітратів у травному тракті корів прямо впливає на якість молочної продукції.

Отже, молоко коров'яче широко використовується в харчуванні населення різного віку, тому його хімічна безпечність є пріоритетом для забезпечення здоров'я споживачів.

Мета роботи. Сезонне оцінювання динаміки вмісту нітратів у коров'ячому молоці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відбір проб молока коров'ячого для дослідження проводили на п'ятих фермах, де утримують голштинську й чорно-рябу породи корів у зимові та літні (червень, липень, серпень) місяці. Молоко для дослідження відбирали двічі на місяць під час доїння корів. Доїння в даних господарствах проводяться у молокопроводі і в доїльних залах. Тварини мають однотипну годівлю, раціон в основному складається зі сінажу та концентрованих кормів.

Лабораторні дослідження з визначення вмісту нітратів у молоці коров'ячому сирому проводили в науково-дослідних лабораторіях ЗВО «Подільський державний університет». Для цього використовували стандартний референтний метод кадмієвої колонки або кадмієвого редукційного дослідження з подальшим спектрофотометричним аналізом. Суть методу полягає у відновленні нітратів (NO_3^-) до нітритів (NO_2^-) за допомогою металевого кадмію у спеціальній колонці. Утворені нітрити вступають у реакцію з реагентами сульфаніламідом і N-нафтиламином і утворюють яскраво-рожеву азосполуку. Інтенсивність цього забарвлення вимірювали на спектрофотометрі за 540 нм. Чутливість методу становить 0,5 мг/кг для нітратів та 1,0 мг/кг для нітритів [2]. Цей стандарт є актуальним і широко використовується в лабораторіях для досягнення хімічної безпечності молочних продуктів.

Для забезпечення вірогідності результатів використовували систему контролю якості, яка містила такі елементи:

Контрольний зразок (бланк) – використовували для врахування фону, зумовленого реагентами, посудом або зовнішнім середовищем.

Стандартні розчини (еталони) – готували з точно відомими концентраціями нітратів для побудови калібрувальної кривої.

Контроль редукції – перевірка ефективності кадмієвої колонки шляхом проведення аналізу зразків із відомим вмістом нітратів.

Спайк-зразки – зразки молока, до яких штучно додавали відомі кількості нітратів для оцінювання точності методу в умовах реальної матриці [2].

Усі вимірювання проводили у триразовій повторності, а отримані результати піддавалися статистичній обробці з використанням середніх значень і стандартних відхилень ($p < 0,05$).

Уважається, що сезонний фактор істотно впливає на рівень нітратів у кормах і отриманому коров'ячому молоці. Зокрема, улітку, коли в раціоні переважають зелені корми, вміст нітратів у кормовій базі може бути підвищеним через активне використання азотних добрив. Однак завдяки високій біологічній активності зелених

кормів мікрофлора рубця корів здебільшого ефективно перетворює нітрати на аміак, що зменшує ризик їх потрапляння в молоко. Узимку ситуація ускладнюється: годівля корів відбувається переважно сіном, соломою, сінажем, силосом – кормами зі зниженим вмістом біоактивних речовин (вітаміни, ферменти, мінерали), що може призводити до зниження активності мікрофлори рубця та, як наслідок, до накопичення нітратів і навіть нітритів у молоці [1, с. 6; 4 с. 162].

Водночас натеper у більшості господарств раціон високопродуктивних корів значно відрізняється від того, що був 15–20 років тому. Раціон в основному однотипний протягом року, складається з високоякісного сінажу, значної кількості концентрованих кормів і різних мінерально-вітамінних добавок. Тому годівля, на нашу думку, не може суттєво вплинути на вміст нітратів в отриманому молоці. Для з'ясування впливу цього чинника нами проведено дослідження на п'ятьох фермах з подібним раціоном для високопродуктивних корів. Результати досліджень вмісту нітратів у молоці корів голштинської породи, отриманому в літні місяці, наведено на рис. 1.

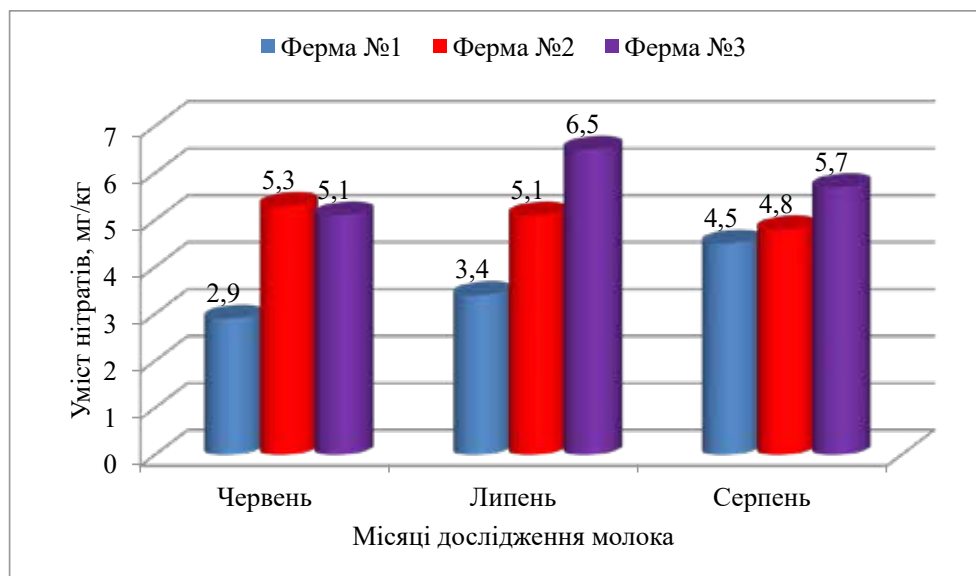


Рис. 1. Уміст нітратів у молоці сирому голштинської породи корів, відібраному в літні місяці

З рис. 1 видно, що в червні найменша кількість нітратів у молоці реєструвалася на фермі № 1 – $2,9 \pm 0,2$ мг/кг. У молоці з ферм № 2 та № 3 їхня кількість статистично не відрізнялася одне від одного й становила 5,3 та 5,1 мг/кг відповідно. Тобто в молоці із цих господарств у червні вміст нітратів був у середньому в 1,8 раза ($p < 0,05$) більший, ніж із ферми № 1.

Дослідження молока в липні від цих ферм не виявило вірогідної різниці в господарствах № 1 та № 2, порівняно з їх вмістом у червні. Натомість у молоці з господарства № 3 виявлено збільшення кількості нітратів в 1,3 раза ($p < 0,05$), порівняно із вмістом нітратів у червні із цієї ферми.

У молоці, відібраному в серпні з ферм № 2 та № 3, виявили незначні коливання вмісту нітратів, порівняно з їх концентрацією в червні та липні, які не мали статистично вірогідного значення. Натомість у молоці з ферми № 1 концентрація нітратів була в 1,3 раза ($p < 0,05$) більша, ніж у липні, та в 1,5 раза, ніж у червні.

Загалом відзначаємо, що протягом літніх місяців уміст нітратів у молоці від корів голштинської породи з ферм № 2 та № 3 суттєво не відрізнявся і був у діапазоні від 4,8 до 6,5 мг/кг молока. Водночас у молоці з ферми № 1, де також утримують голштинську породу корів, концентрація нітратів у червні була найнижча ($2,9 \pm 0,2$ мг/кг), якщо порівнювати із двома іншими господарствами, але зростала в середньому в 1,5 раза ($p < 0,05$) проти їх вмісту в серпні. Однак у всіх трьох господарствах концентрація нітратів не перевищувала гранично допустиму концентрацію в 10 мг/кг, яка вважається безпечною для молока.

Результати досліджень щодо вмісту нітратів у молоці, отриманому у двох господарствах від корів чорно-рябої породи в літні місяці, наведено на рис. 2.

З рис. 2 спостерігаємо, що в червні кількість нітратів у молоці у двох господарствах була в межах статистично вірогідних відхилень і становила 4,5 та 4,1 мг/кг відповідно. Дослідження за місяць – у липні – виявило дещо нижчий уміст нітратів на фермі № 4 – $4,0 \pm 0,1$ мг/кг та зростання до 4,8 мг/кг у господарстві № 5.

У серпні кількість нітратів у молоці, дослідженому в господарстві № 4, була така сама, як у липні – $3,9 \pm 0,1$ мг/кг, а в молоці господарства № 5 зросла в 1,4 раза ($p < 0,05$) – до $5,7 \pm 0,2$ мг/кг, проти їх вмісту в червні.

Загалом відзначаємо, що в молоці, отриманому від чорно-рябої породи корів у літні місяці, уміст нітратів не перевищував гранично допустимої концентрації, у господарстві № 4 не зазнавав суттєвих змін. Натомість у молоці ферми № 5 концентрація нітратів зростала протягом літа. Однак якщо порівняти концентрацію нітратів у молоці, отриманому від голштинської породи корів, з умістом від чорно-рябої, то різниці не спостерігаємо.

Зокрема, максимальний уміст нітратів у молоці від голштинської породи становив $6,5 \pm 0,2$ мг/кг, $5,7 \pm 0,2$ мг/кг у молоці, отриманому від чорно-рябої породи корів.

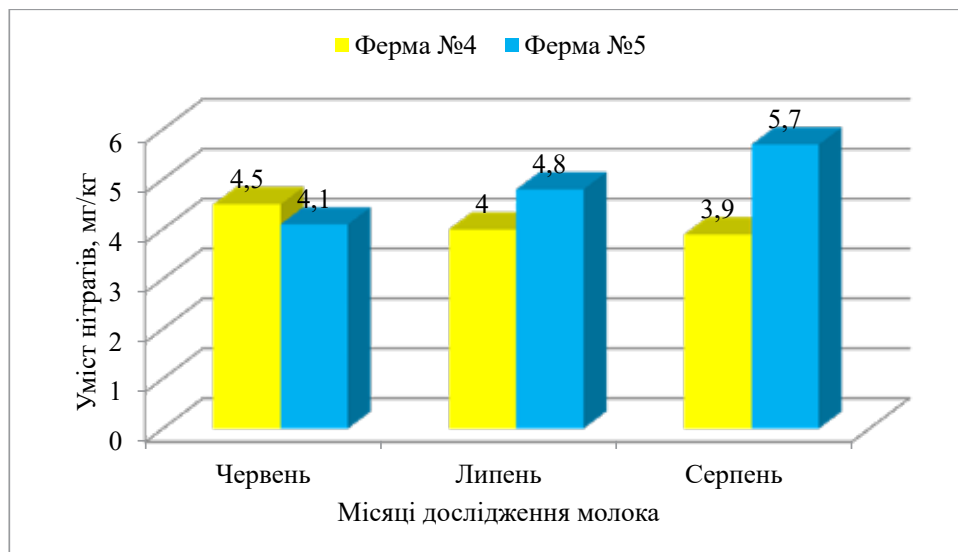


Рис. 2. Уміст нітратів у молоці сирому чорно-рябої породи корів, відібраному в літні місяці

На рис. 3 наведено результати оцінювання вмісту нітратів у молоці сирому голштинської породи корів, відібраному в зимові та весняні місяці.

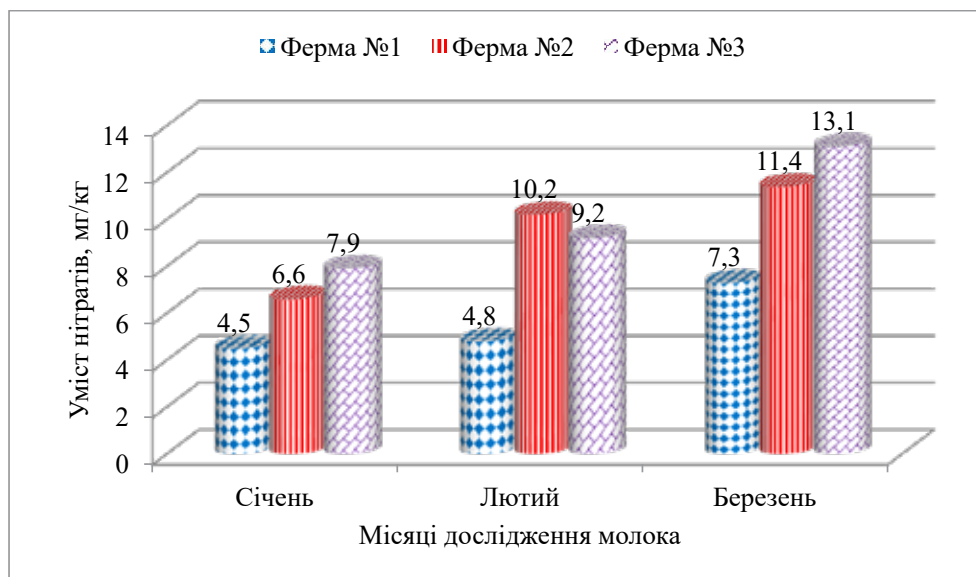


Рис. 3. Уміст нітратів у молоці сирому голштинської породи корів, відібраному в зимові та весняні місяці

З даних рис. 3 видно, що в січні концентрація нітратів у молоці із трьох господарств різнилася. Зокрема, у молоці з ферми № 1 уміст нітратів був найменший і становив $4,5 \pm 0,1$ мг/кг. Дещо вища кількість нітратів реєструвалася в молоці з ферми № 2 – в 1,5 раза ($p < 0,05$), якщо порівнювати з фермою № 1, та найбільша концентрація виявлялася в молоці з ферми № 3 – $7,9 \pm 0,2$ мг/кг.

За місяць дослідження, у лютому, уміст нітратів практично не зазнавав вірогідних змін у молоці з ферм № 1 і № 3, водночас у молоці з ферми № 2 збільшився в 1,5 раза ($p < 0,05$), до $10,2 \pm 0,3$ мг/кг, порівняно з умістом у січні. Також можна відзначити, що в молоці з ферми № 2 кількість нітратів була у 2,1 раза ($p < 0,05$) більша, ніж у молоці з № 1 у цей період дослідження.

У березні спостерігаємо зростання в 1,5 раза ($p < 0,05$), до $7,3 \pm 0,2$ мг/кг вмісту нітратів у молоці з ферми № 1, порівняно з їхньою кількістю в лютому. У молоці господарства № 2 кількість нітратів була більша, ніж попереднього місяця – $11,4 \pm 0,3$ мг/кг, але цей уміст не був статистично вірогідний. Порівняно із січнем кількість нітратів у господарстві № 2 в березні була в 1,7 раза ($p < 0,05$) більша. Водночас у березні найбільшу концентрацію

нітратів реєстрували в молоці з ферми № 3 – $13,1 \pm 0,3$ мг/кг, тобто в 1,4 раза більший уміст, ніж у лютому, та в 1,6 раза, ніж у січні.

Загалом відзначаємо, що в березні вміст нітратів у молоці голштинської породи у трьох господарствах був вірогідно більший, ніж у січні. До того ж у березні в господарствах № 2 та № 3 кількість нітратів перевищувала, хоч і несуттєво, значення 10 мг/кг, тобто гранично допустиму концентрацію, яка була нормативом умісту для сирого молока.

Результати досліджень кількості нітратів у молоці, отриманому від корів чорно-рябої породи в зимовий період, наведено на рис. 4.

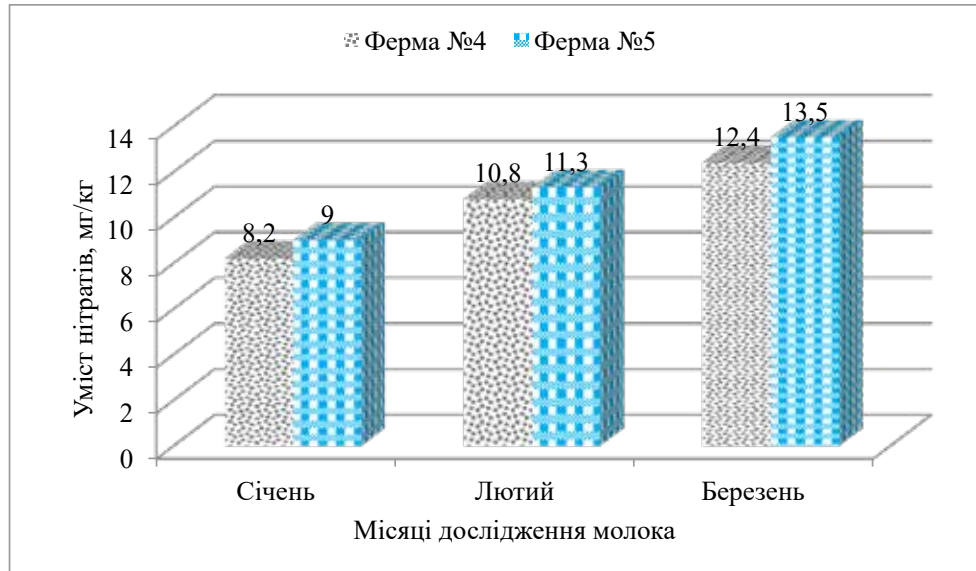


Рис. 4. Уміст нітратів у молоці сирому чорно-рябої породи корів, відібраному в зимові та весняний місяці

З рис. 4 спостерігаємо вірогідну динаміку поступового зростання вмісту нітратів у молоці, отриманому за період із січня по березень. Зокрема, уміст нітратів у молоці двох господарств із чорно-рябою породою збільшився із січня по березень у середньому в 1,5 раза, до $12,4 \pm 0,3$ та $13,5 \pm 0,3$ мг/кг відповідно. Така концентрація вмісту нітратів у молоці від чорно-рябої породи корів у березні була аналогічна концентрації в молоці від корів голштинської породи ферм № 1 та № 2 в цей період. Тобто, згідно з нашими експериментальними даними, можна стверджувати, що різниці щодо впливу породи корів на вміст нітратів не спостерігається.

Уміст нітратів у коров'ячому молоці зазвичай залишається на дуже низькому рівні, оскільки нітрати мають обмежену здатність до акумуляції у тваринних продуктах, зокрема й у молоці. Після потрапляння в організм корови разом із кормами чи водою нітрати проходять складні перетворення у травному тракті. У рубці – першому відділі шлунка жуйних тварин – під впливом анаеробної мікрофлори вони відновлюються спочатку до нітритів, а далі до аміаку. Отриманий аміак використовується мікроорганізмами для синтезу білка або виводиться з організму [13, с. 68; 20 с. 23]. Такий біохімічний шлях значною мірою обмежує потрапляння залишкових нітратів і нітритів у кров, отже – і в молоко. Метою даної роботи було визначення можливих сезонних змін кількості нітратів у молоці коров'ячому, отриманому від двох порід корів – голштинської та чорно-рябої. Отримані результати виявили, що в молоці сирому, отриманому від голштинської і чорно-рябої порід корів у літні місяці, уміст нітратів суттєво не відрізнявся і був у діапазоні від 2,9 до 6,5 мг/кг молока. Не виявлено вірогідної залежності щодо впливу породи корів на вміст нітратів у молоці за однакового раціону й типу годівлі тварин. У дослідженнях [23, с. 41] вказується, що вміст нітратів у молоці, отриманому в літній період і дослідженому на молокопереробному підприємстві, мав ширші діапазони значень. Зокрема, основна частина заготовленого молока була з умістом нітратів до 5,0 мг/кг – 67,6% досліджених проб, приблизно 30,3% проб молока мали вміст нітратів від 5,0 до 10,0 мг/кг, лише 2,1% проб були з концентрацією нітратів понад 10,1 мг/кг. У зимово-осінній період ситуація була зовсім іншою, зокрема, зменшується кількість проб молока з умістом нітратів до 5,0 мг/кг, таких проб було 7,7%, натомість зростає до 71,6% проб молока з умістом нітратів від 5,1 до 10,0 мг/кг, 20,7% проб, які містили понад 10,1 мг/кг нітратів. Із наведених даних цих авторів не ясно, від яких порід корів було отримане молоко, який тип годівлі застосовувався. Тобто ми можемо констатувати лише те, що отримане в літній період молоко мало меншу кількість нітратів, ніж молоко осінньо-зимового періоду. Водночас результати досліджень [1, с. 6; 4, с. 162] вказують на надзвичайно великий вплив на вміст нітратів у молоці коров'ячому збалансованої годівлі корів кормами, що багаті на мінерально-вітамінні речовини. Саме через те, що в зимовий період годівля тварин відбувається кормами із замалою кількістю біологічно активних речовин, спостерігається зниження денітрифікуючих властивостей мікробіоти рубця [4, с. 163].

Під час дослідження вмісту нітратів нами виявлено, що в березні вміст нітратів у молоці голштинської і чорно-рябої порід корів у всіх господарствах був вірогідно більший, ніж у січні. До того ж у березні на фермах № 2 та № 3 з голштинськими породами корів та на двох із чорно-рябими кількість нітратів у молоці перевищувала, хоч і несуттєво, значення в 10 мг/кг, тобто гранично допустиму концентрацію, яка була нормативом для молока сирого. Даний сезонний фактор зростання вмісту нітратів у молоці, імовірно, пов'язаний з наявністю значної кількості корів з гіпоацидозним станом, за якого знижується активність рубцевої мікрофлори та порушується детоксикаційна функція печінки, про що повідомляють декілька авторів [5, с. 27; 25, с. 86]. У такому разі можуть накопичуватися нітрати й навіть нітрити в молоці, якщо корови ще й водночас споживають корми з високим умістом нітратів.

Отже, дослідження виявили, що в окремих період року можуть скластися фізіологічні та сезонні фактори, які можуть призвести до наявності в молоці коров'ячому значної кількості нітратів. Молоко з умістом нітратів понад 10 мг/кг вважається небезпечним для дітей, що спонукає проводити контроль його хімічної безпечності.

Висновки. Установлено, що в сирому молоці, отриманому від голштинської і чорно-рябої порід корів у літні місяці, вміст нітратів суттєво не відрізнявся і був у межах від 2,9 до 6,5 мг/кг молока. Водночас не виявлено вірогідної залежності щодо впливу породи корів на вміст нітратів у молоці за однакового раціону й типу годівлі тварин.

Установлено, що в березні вміст нітратів у молоці голштинської та чорно-рябої порід корів у всіх господарствах був вірогідно більший, ніж у січні. До того ж у березні на фермах № 2 та № 3 з голштинськими породами корів та на двох із чорно-рябими кількість нітратів у молоці перевищувала, хоч і несуттєво, значення в 10 мг/кг.

Отже, можливе збільшення вмісту нітратів у молоці потребує ґрунтовніших досліджень щодо механізмів надходження їх у молоко за сучасної технології утримання та годівлі корів.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні вмісту нітратів у кормах, воді, які використовуються для годівлі корів, та обґрунтуванні безпечних концентрацій у молоці.

Список використаних джерел

1. Васів Р.О., Гунчак В.М., Гуфрій Д.Ф., Мусієнко Т.Т. Нітратно-нітритний токсикоз у тварин і птиці, шляхи його усунення та отримання якісної продукції від них. *Інформаційний листок Львівського центру науково-технічної і економічної інформації*. 2001. № 1. С. 6.
2. ДСТУ ISO 14673-3/IDF 189-3:2015. Молоко та молочні продукти. Визначення масової частки нітратів і нітритів. Ч. 3 : Практичний метод з використанням відновлення кадмієм та аналізування інжекційного потоку після діалізу (ISO 14673-3:2004 (IDF 189-3:2004), IDT).
3. Колесник Т.Л., Колесник А.О., Яковлев І.О. Формування споживчих властивостей варених ковбас за показником безпеки. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2014. № 2. С. 304–314.
4. Мусієнко М.Т., Крижанівський Я.Й., Кухтин М.Д., Гащак О.Я., Кваша В.І. Вміст нітратів у молоці та метгемоглобіну у крові корів як показник поживної цінності зимових раціонів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2008. Т. 10. № 3 (38). Ч. 1. С. 162–164.
5. Самойленко А.О., Бухикало А.А. Ацидоз рубця. *Modern directions of scientific research development : the 6th International scientific and practical conference*, Chicago, 24–26 November 2021. Chicago, USA, 2021. P. 27.
6. Черненко О.М., Черненко О.І., Санжара Р.А., Соколан А.К. Нітрати в молоці корів з різною реакцією на стрес. *Актуальні проблеми підвищення якості та безпеки виробництва й переробки продукції тваринництва* : матеріали Науково-практичної конференції, 14 лютого 2020 р. Дніпро, 2020. С. 174–176.
7. Ayaş R. Nitrate metabolism in ruminants. *Current Research in Veterinary Medicine*. 2024. № 2. P. 31–46.
8. Ayaş R. Nitrate toxication in ruminants. *A view of agriculture from an academic perspective*. 2024. № 1. P. 143–156.
9. Bal-Prylpyko L.V., Patyka M.V., Leonova B.I., Starkova E.R., Brona A.I. Trends, achievements and prospects of biotechnology in the food industry. *Mikrobiologichnyi zhurnal*. Kiev, 2016. T. 78. № 3. P. 99–111. DOI: 10.15407/microbiolj78.03.099.
10. Chamandust S., Mehrasebi M.R., Kamali K., Solgi R., Taran J., Nazari F., Hosseini M.J. Simultaneous determination of nitrite and nitrate in milk samples by ion chromatography method and estimation of dietary intake. *International journal of food properties*. 2016. Vol. 19. P. 1983–1993. DOI: 10.1080/10942912.2015.1091007.
11. Chetty A.A., Prasad S. Flow injection analysis of nitrate and nitrite in commercial baby foods. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 197. Part A. P. 503–508. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.10.079.
12. Commission Regulation (EC) № 1881/2006 of 19 December 2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs.
13. Croitoru M.D., Szénási D.A., Fülöp I. Presence of nitrate and nitrite in cow forage, plasma, and milk. *Acta Alimentaria*. 2015. № 44 (1). P. 68–75.
14. GB 2761-2017, GB 2762-2017. China: China releases standard for maximum levels of mycotoxins in foods.
15. Hord N.G., Tang Y., Bryan N.S. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2009. Vol. 90. Issue 1. P. 1–10. DOI: 10.3945/ajcn.2008.27131.
16. Hord N.G., Ghannam J.S., Garg H.K., Berens P.D., Bryan N.S. Nitrate and nitrite content of human, formula, bovine, and soy milks: implications for dietary nitrite and nitrate recommendations. *Breastfeeding Medicine*. 2011. Vol. 6. № 6. P.393–399. DOI: 10.1089/bfm.2010.0070.
17. Khosrokhavar R., Hosseini M.J., Amini M., Pirali-Hamedani M., Ghazi-Khansari M., Bakhtiarian A. Validation of an analytical methodology for determination of oxytetracycline residue in milk by HPLC with UV detection. *Toxicology Mechanisms and Methods*. 2008. Vol. 18. Issue 4. P. 351–354. DOI: 10.1080/15376510701610984.

18. Kukhtyn M., Horiuk Y., Yaroshenko T., Laiter-Moskaliuk S., Levytska V., Reshetnyk A. Monitoring the content of nitrates in vegetables and the influence of the pickling technology on the denitrification process. *Eureka: Life Sciences*. 2018. № 1. P. 11–18. DOI: 10.21303/2504-5695.2018.00528.
19. Licata P., Naccari F., Di Bella G., Tur L., Martorana V., Dugo G.M. Inorganic Anions in goat and ovine milk from Calabria (Italy) by suppressed ion chromatography. *Food additives and contaminants. Part a, chemistry, analysis, control, exposure, & risk assessment*. 2013. Vol. 30. Issue 3. P. 458–465. DOI: 10.1080/19440049.2012.747222.
20. Lin M. Nitrate addition and rumen fermentation in dairy cattle. *Animal feed science and technology*. 2015. Vol. 209. P. 23–32.
21. Mohammadpour A., Samaei M.R., Baghapour M.A., Alipour H., Isazadeh S., Azhdarpoor A., Khaneghah A.M. Nitrate concentrations and health risks in cow milk from Iran: insights from deterministic, probabilistic, and AI modeling. *Environmental Pollution*. 2024. 341. P. 122901.
22. Nolan J.V., Godwin I.R., de Raphélis-Soissan V., Hegarty R.S. Managing the rumen to limit the incidence and severity of nitrite poisoning in nitrate-supplemented ruminants. *Animal Production Science*. 2016. № 56 (8). P. 1317–1329.
23. Pyskiv S.I., Kuhtyn M.D. Monitoring nitrate content in milk. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Series “Food Technologies”. 2018. № 20 (85). P. 41–45.
24. Sindelar J.J., Milkowski A.L. Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric oxide*. 2012. Vol. 26. Issue 4. P. 259–266. DOI: 10.1016/j.niox.2012.03.011.
25. Sklyar O.I., Ulko L.H., Musiienko O.V., Hrek V.A. Production of quality and safe cow's milk. *Bulletin of sumy national agrarian university. The series: veterinary medicine*. 2023. № 3 (62). P. 86–91. DOI: 10.32782/bsnau.vet.2023.3.12.
26. Tai Sheng Yeh, Shao Fu Liao, Chia Yuan Kuo, Wen Ing Hwang. Investigation of the nitrate and nitrite contents in milk and milk powder in Taiwan. *Journal of food and drug analysis*. 2013. Vol. 21. № 1. P. 73–79. DOI: 10.6227/jfda.2013210109.
27. Winter J.W., Paterson S., Scobie G., Wirz A., Preston T., McColl K.E. N-Nitrosamine generation from ingested nitrate via nitric oxide in subjects with and without gastroesophageal reflux. *Gastroenterology*. 2007. Vol. 133. P. 164–174. DOI: 10.1053/j.gastro.2007.04.047.
28. Bahadoran Z., Mirmiran P., Jeddi S., Azizi F., Ghasemi A., Hadaegh F. Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of food composition and analysis*. 2016. Vol. 51. P. 93–105. DOI: 10.1016/j.jfca.2016.06.006.

Laiter V. V.

Postgraduate Student at the Department of Technology of Production and Processing of Animal Husbandry Products,
Higher Educational Institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: laiteroslavik@gmail.com
ORCID: 0009-0002-9382-7383

Kukhtyn M. D.

Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Head of the Department of Food Biotechnology and Chemistry,
Ternopil Ivan Puluj National Technical University
Ternopil, Ukraine
E-mail: kuchtynnic@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0195-0767

Dymchuk A. V.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products,
Higher education institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: scandinav.23@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7749-9327

Laiter-Moskaliuk C.V.

Candidate of Veterinary Sciences,
Associate Professor of the Department of Animal Hygiene and Veterinary Support of the Canine Service of the National
Police of Ukraine,
Higher Education Institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: layter.moskalyuk1977@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5662-7636

ESTIMATION OF NITRATE CONTENT IN RAW COW'S MILK DURING THE YEAR

Abstract

Foods of animal origin are less controlled by nitrate content (except sausages), since they are not a potential source of consumers of these substances into the body. At the same time, cow's milk can also be a source of additional nitrate intake into the body, so it is especially relevant to monitor their content in milk, which is a daily component of many consumers, including children. The purpose of this work was to determine the possible seasons of changes in the number of nitrates in the milk of cow-obtained from two breeds of cows-Holstein and Black-Rawbi. Increased nitrate content in milk can occur due to the entry of nitrates into the cow's components with feed or water, especially in conditions of violation of feeding technology, reduced activity of rumen microflora or poor-quality feed. Therefore, the efficiency of nitrate conversion in the digestive tract of cows directly affects the quality of dairy products. To determine the amount of nitrates in milk used a standard method using cadmium recovery and analysis of injection flow after dialysis.

It is established that in the milk raw from the Holstein and black-and-white breeds of cows in the summer months, the content of nitrates did not differ significantly and was from 2,9 to 6,5 mg/kg of milk. However, no significant dependence on the effect of cows on the content of nitrates in milk at the same diet and animal feeding was not revealed.

It is established that in March, the content of nitrates in the milk of Holstein and black-and-white breeds of cows in all farms was probably higher than in January. In addition, in March on farms № 2 and № 3 with Holstein rocks of cows and in two with black and gap, the number of nitrates in milk exceeded, although not significant in 10 mg/kg.

Therefore, the possible increase in the content of nitrates in milk requires more thorough research on the mechanisms of their intake into milk with modern technology of keeping and feeding cows.

Key words: cow's milk, nitrate content, milk safety, denitrification.

References

1. Vasiv, R.O., Hunchak, V.M., Hufrii, D.F., & Musiienko M.T. (2001). Nitratno-nitrytnyi toksykoz u tvaryn i ptytsi, shliakhy yoho usunennia ta otrymannia yakisnoi produktsii vid nykh [Nitrate-nitrite toxicosis in animals and poultry, ways to eliminate it and obtain high-quality products from them]. *Informatsiyni lystok Lvivskoho TsNTEI – Information sheet of the Lviv Central Technical Institute of Technology*, № 1, 6 [in Ukrainian].
2. Moloko ta molochni produkty. Vyznachennia masovoi chastky nitrativ i nitrytiv. Ch. 3. Praktychnyi metod z vykorystanniam vidnovlennia kadmiiem ta analizuvannia inzhektsiinoho potoku pislia dializu [Milk and milk products. Determination of mass fraction of nitrates and nitrites. Part 3: Practical method using cadmium reduction and analysis of the injection flow after dialysis]. DSTU ISO 14673-3/IDF 189-3:2015 (ISO 14673-3:2004 (IDF 189-3:2004), IDT) [in Ukrainian].
3. Kolesnyk, T.L., Kolesnyk, A.O., & Yakovliev, I.O. (2014). Formuvannia spozhyvchykh vlastyvostei varenykh kovbas za pokaznykom bezpeky [Formation of consumer properties of boiled sausages according to safety indicators]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli – Progressive equipment and technologies of food production, restaurant industry and trade*, (2), 304–314 [in Ukrainian].
4. Musiienko, M.T., Kryzhanivskiy, Ya.Y., Kukhtyn, M.D., Hashchak, O.Ya., & Kvasha, V.I. (2008). Vmist nitrativ u molotsi ta methemoglobinu v krovi koriv yak pokaznyk pozhyvnoi tsinnosti zymovykh ratsioniv [Nitrate content in milk and methemoglobin in the blood of cows as an indicator of the nutritional value of winter rations]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnologii imeni SZ Gzhytskoho – Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. T. 10, № 3 (38). Ch. 1, 162–164 [in Ukrainian].
5. Samoilenko, A.O., & Bukhykalo, A.A. (2021, November). Atsydoz rubtsia [Ruminal acidosis]. In *The 6th International scientific and practical conference “Modern directions of scientific research development” (November 24–26, 2021)*, BoScience Publisher, Chicago, USA. 2021. 1153 p. (p. 27) [in Ukrainian].
6. Chernenko, O.M., Chernenko, O.I., Canzhara, R.A., & Sokolan, A.K. (2020). Nitraty v molotsi koriv z riznoiui reaktsiieiu na stres [Nitrates in the milk of cows with different reactions to stress]. *Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii: Aktualni problemy pidvyshchennia yakosti ta bezpeky vyrobnytstva y pererobky produktsii tvarynnystva – Materials of the scientific and practical conference: Current problems of improving the quality and safety of production and processing of livestock products*. (174–176). Dnipro [in Ukrainian].
7. Ayaş, R. (2024). Nitrate metabolism in ruminants. *Current Research in Veterinary Medicine*, 2, 31–46 [in English].
8. Ayaş, R. (2024). Nitrate toxication in ruminants. *A View of Agriculture from an Academic Perspective*, 1, 143–156 [in English].
9. Bal-Prilipko, L.V., Patyka, N.V., Leonova, B.I., Starkova, E.R., & Brona, A.I. (2016). Trends, Achievements and Prospects of Biotechnology in The Food Industry. *Mikrobiologichnyi zhurnal (Kiev, Ukraine)*: 1993, 78 (3), 99–111. <https://doi.org/10.15407/microbiolj78.03.099> [in English].
10. Chamandust, S., Mehrasebi, M.R., Kamali, K., Solgi, R., Taran, J., Nazari, F., & Hosseini, M.J. (2016). Simultaneous Determination of Nitrite and Nitrate in Milk Samples by Ion Chromatography Method and Estimation of Dietary Intake. *International Journal of Food Properties*, 19 (9), 1983–1993. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1091007> [in English].
11. Chetty, A.A., Prasad, S. (2016). Flow injection analysis of nitrate and nitrite in commercial baby foods. *Food Chemistry*, vol. 197, Part A, p. 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.079> [in English].
12. Commission Regulation (EC) № 1881/2006 of 19 December 2006. *Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs* [in English].
13. Croitoru, M.D., Szénási, D.A., & Fülöp, I. (2015). Presence of nitrate and nitrite in cow forage, plasma, and milk. *Acta Alimentaria*, 44 (1), 68–75 [in English].
14. GB 2761-2017, GB 2762-2017. China: China Releases Standard for Maximum Levels of Mycotoxins in Foods [in English].

15. Hord, N.G., Tang, Y., & Bryan, N.S. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American journal of clinical nutrition*, Vol. 90, Issue 1, pp. 1–10. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27131> [in English].
16. Hord, N.G., Ghannam, J.S., Garg, H.K., Berens, P.D., & Bryan, N.S. (2011). Nitrate and nitrite content of human, formula, bovine, and soy milks: implications for dietary nitrite and nitrate recommendations. *Breastfeeding medicine*, vol. 6, № 6, pp. 393–399. <https://doi.org/10.1089/bfm.2010.0070> [in English].
17. Khosrokhavar, R., Hosseini, M. J., Amini, M., Pirali-Hamedani, M., Ghazi-Khansari, M., & Bakhtiarian, A. (2008). Validation of an analytical methodology for determination of oxytetracycline residue in milk by HPLC with UV detection. *Toxicology mechanisms and methods*, 18 (4), 351–354. <https://doi.org/10.1080/15376510701610984> [in English].
18. Kukhtyn, M., Horiuk, Yu., Yaroshenko, T., Laiter-Moskaliuk, S., Levytska V., & Reshetnyk A. (2018) Monitoring the content of nitrates in vegetables and the influence of the pickling technology on the denitrification process. *Eureka: Life Sciences*, № 1, pp. 11–18. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2018.00528> [in English].
19. Licata, P., Naccari, F., Di Bella, G., Lo Turco, V., Martorana, V., & mo Dugo, G. (2013). Inorganic anions in goat and ovine milk from Calabria (Italy) by suppressed ion chromatography. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30 (3), 458–465. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.747222> [in English].
20. Lin, M. (2015). Nitrate addition and rumen fermentation in dairy cattle. *Animal feed science and technology*, 209, 23–32 [in English].
21. Mohammadpour, A., Samaei, M.R., Baghapour, M.A., Alipour, H., Isazadeh, S., Azhdarpoor, A., & Khaneghah, A.M. (2024). Nitrate concentrations and health risks in cow milk from Iran: insights from deterministic, probabilistic, and AI modeling. *Environmental Pollution*, 341, 122901 [in English].
22. Nolan, J.V., Godwin, I.R., de Raphélis-Soissan, V., & Hegarty, R.S. (2016). Managing the rumen to limit the incidence and severity of nitrite poisoning in nitrate-supplemented ruminants. *Animal Production Science*, 56 (8), 1317–1329 [in English].
23. Pyskiv, S.I., & Kuhtyn, M.D. (2018). Monitoring nitrate content in milk. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 20 (85), 41–45 [in English].
24. Sindelar, J.J., & Milkowski, A.L. (2012) Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide*, Vol. 26, Issue 4, pp. 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2012.03.011> [in English].
25. Sklyar, O.I., Ulko, L.H., Musiienko, O.V., & Hrek, V.A. (2023). Production of quality and safe cow's milk. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: veterinary medicine*, 3 (62), 86–91. <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2023.3.12> [in English].
26. Yeh, T.S., Liao, S.F., Kuo, C.Y., & Hwang, W.I. (2013). Investigation of the Nitrate and nitrite contents in milk and milk powder in Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*, vol. 21, № 1, pp. 73–79. <https://doi.org/10.6227/jfda.2013210109> [in English].
27. Winter, J.W., Paterson, S., Scobie, G., Wirz, A., Preston, T., & McColl, K.E. (2007). N-Nitrosamine Generation from Ingested Nitrate Via Nitric Oxide in Subjects with and Without Gastroesophageal Reflux. *Gastroenterology*, vol. 133, pp. 164–174. <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2007.04.047> [in English].
28. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., & Hadaegh, F. (2016). Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 51, pp. 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.06.006> [in English].

Отримано: 29.04.2025

Рекомендовано: 02.06.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.6>
УДК 636.2.034.082.064.6

Люта І. М.

асистентка кафедри біотехнології та біоінженерії,
Миколаївський національний аграрний університет

Миколаїв, Україна

E-mail: liutaim@mnaui.edu.ua

ORCID: 0000-0002-1672-2337

ВПЛИВ РОКУ ТА МІСЯЦЯ НАРОДЖЕННЯ І ОТЕЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРІВ-ПЕРВІСТОК ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ

Анотація

У роботі розглядаються особливості формування молочної продуктивності великої рогатої худоби. Відомо, що ці показники є результатом складної взаємодії генетичних і середовищних чинників. Основну увагу приділено впливу року та сезону народження і отелення. Наводяться дані про ступінь впливу цих чинників на фенотипову мінливість молочної продуктивності первісток, що підкреслює необхідність їх урахування в селекційно-племінній роботі господарства.

Досліджено вплив року та місяця народження і отелення на показники молочної продуктивності корів-первісток голштинської породи (тривалість лактації, надій за лактацію та надій за 305 днів).

Матеріалом для аналізу стали первинні зоотехнічні дані 635 корів, які утримуються в господарстві СТОВ «Промінь» Миколаївської області.

Встановлено, що рік отелення достовірно впливає на всі три досліджувані ознаки ($P < 0,001$). Максимальні значення надою за лактацію ($11\,251,4 \pm 260,58$ кг) і за 305 днів ($10\,940,4 \pm 220,34$ кг) спостерігались у тварин, що отелились у 2019–2022 роках. Водночас найнижчі надої за 305 днів зафіксовані в корів 2016 року отелення ($8\,948,2 \pm 207,10$ кг).

Рік народження також виявив значущий вплив ($P < 0,001$), з найвищими середніми надоями у тварин 2018 року народження ($10\,119,5 \pm 90,29$ кг за 305 днів).

Місяць отелення статистично впливав лише на надій за 305 днів лактації ($P = 0,041$). Найкращі результати отримано у тварин січневих ($10\,155,1 \pm 176,25$ кг) і жовтневих ($9\,989,7 \pm 137,12$ кг) отелень. Місяць народження не мав достовірного впливу на жоден із показників ($P > 0,05$).

Отримані результати підкреслюють важливість урахування календарних факторів у системі управління молочним стадом. Їх практичне застосування дозволяє підвищити ефективність відтворення, удосконалити календар осіменіння і сформуванати оптимальні умови для реалізації генетичного потенціалу тварин.

Дані можуть бути використані в селекційно-племінній роботі та для адаптації технологічних процесів у молочному скотарстві до конкретних кліматичних і господарських умов.

Ключові слова: корови-первістки, рік та місяць народження, рік та місяць отелення, тривалість лактації, надій.

Вступ. Розвиток організму тварини та формування окремих господарсько цінних ознак є результатом взаємодії двох ключових чинників – генотипу й умов середовища. Тому в селекційному процесі вдосконалення племінних стад надзвичайно важливо розуміти та враховувати ступінь впливу як генетичних, так і паратипових чинників на прояв основних ознак молочної продуктивності в конкретних господарських умовах [1; 2; 22; 28].

Молочна продуктивність є полігенною ознакою, формування якої зумовлене складною взаємодією генетичних факторів і умов зовнішнього середовища. Ця ознака характеризується значною варіативністю. Саме тому більшість науковців обґрунтовано наголошують на необхідності врахування як генотипових, так і паратипових чинників у селекційно-племінній роботі з популяціями молочної худоби в конкретних господарсько-кліматичних умовах [9; 18; 23].

Формування та прояв ознак молочної продуктивності (реалізація спадкового потенціалу) значною мірою залежать від конкретних умов навколишнього середовища [24; 26]. Фенотип тварини формується як результат взаємодії її генотипу з умовами вирощування та утримання. Серед основних системних чинників, що впливають на фенотипову змінність надоїв у корів, виокремлюють ефекти стада, року, а також сезону народження і отелення первісток [12].

Як показано в дослідженнях Ю.П. Полупана [13], на популяційному рівні серед усіх факторів докілька найбільший вплив на фенотипову варіабельність молочної продуктивності первісток справляє стадо (15–22%). Значно менш вираженим є вплив року першого отелення (4,7–12%) і року народження (4,2–12%). Найменший вплив спостерігається з боку сезону народження (0,05–0,2%) і сезону отелення (1,5–2,1%) [12].

Багато вітчизняних [2–5; 12; 25] і зарубіжних учених [16; 17; 19; 20; 22; 27] досліджували це питання, проте результати їхніх досліджень свідчать про інколи суттєвий, але неоднозначний за напрямом вплив року та сезону отелення і народження на молочну продуктивність та інші господарсько важливі ознаки.

У результаті досліджень впливу сезону отелення на надій первісток багато вчених [4; 6; 8; 10–12; 14] дійшли висновку, що корови, які отелились восени або взимку, мають перевагу над тваринами з весняним і літнім отеленням.

Проте в роботі [15] авторами встановлено, що вищу молочну продуктивність демонструють корови весняного та літнього отелення, вказано на помітну перевагу первісток літнього отелення за надоем порівняно із зимовими аналогами.

Мета роботи. Метою роботи було вивчення впливу року та місяця народження, року та місяця отелення на показники молочної продуктивності корів-первісток голштинської породи.

Для проведення дослідження було використано первинні облікові дані корів-первісток голштинської породи, які утримувались у господарстві СТОВ «Промінь» Миколаївської області ($n = 635$ гол.).

Було досліджено такі ознаки молочної продуктивності для первісток:

- тривалість першої лактації, як різниця між датою першого отелення та датою запуску;
- сумарний надій за лактацію;
- стандартизований надій за 305 днів лактації.

Як незалежну змінну було використано такі фактори якісної природи:

- рік народження/отелення із градаціями (2014–2020 та 2015–2022 рр.);
- місяць народження/отелення із 12 градаціями (січень, лютий, ... грудень).

Для кожної кількісної ознаки обчислювали середнє арифметичне значення та його стандартну похибку ($\bar{X} \pm Sx$).

Для перевірки гіпотези щодо відсутності впливу окремих чинників на кількісні залежні ознаки було використано однофакторний дисперсійний аналіз за методом Р. Фішера з фіксованими факторами. На початковому етапі оцінювання ступеня впливу здійснювали за допомогою розрахунку дисперсійного відношення Фішера – Снедекора (F) та відповідного рівня статистичної значущості (p).

На другому етапі дослідження було проведено множинне порівняння середніх арифметичних значень субгруп за постхок-алгоритмом із використанням методу найменшої істотної різниці за Р. Фішером (LSD-метод). Різницю між парами середніх уважали статистично достовірною за значення $p < 0,05$, а відмінності позначалися різними літерами (a, b, c та іншими).

Статистичні обчислення проводили згідно з методичними рекомендаціями, наведеними в посібнику С.С. Крамаренка та колективу авторів [7], з використанням табличного процесора MS Excel і програмного забезпечення PAST [21].

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час експерименту було досліджено мінливість показників тривалості лактації, надою за лактацію та надою за 305 днів лактації первісток залежно від року народження (табл. 1). Встановлено вірогідний вплив чинника «рік народження» первісток на мінливість показників тривалості лактації, надою за лактацію та надою за 305 днів лактації (у всіх випадках $P < 0,001$).

Таблиця 1. Мінливість показників тривалості лактації, надою за лактацію та надою за 305 днів лактації первісток залежно від року народження

Рік народження	Тривалість лактації		Надій за лактацію		Надій за 305 днів	
	n , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів	n , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, кг	n , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, кг
2014 р.	38	$327,4 \pm 8,47^{ab}$	38	$9\,772,0 \pm 257,32^a$	38	$9\,174,6 \pm 209,27^c$
2015 р.	29	$332,6 \pm 8,77^{ab}$	28	$10\,365,7 \pm 430,84^{ab}$	28	$9\,433,1 \pm 259,49^{ac}$
2016 р.	51	$354,2 \pm 10,10^d$	51	$11\,326,0 \pm 357,13^c$	51	$9\,772,9 \pm 188,23^{ab}$
2017 р.	42	$332,6 \pm 6,65^{ab}$	42	$10\,988,0 \pm 297,62^{bc}$	42	$10\,058,0 \pm 158,73^b$
2018 р.	126	$334,3 \pm 4,06^b$	119	$11\,011,2 \pm 167,37^{bc}$	119	$10\,119,5 \pm 90,29^b$
2019 р.	252	$319,3 \pm 2,28^a$	245	$10\,145,4 \pm 98,53^a$	245	$9\,689,5 \pm 70,59^a$
2020 р.	70	$304,5 \pm 1,94^c$	69	$9\,794,3 \pm 137,93^a$	69	$9\,828,3 \pm 128,29^{ab}$
	$F = (6; 601) = 8,72, P < 0,001$		$F = (6; 585) = 8,71, P < 0,001$		$F = (6; 585) = 4,83, P < 0,001$	

Примітка. Тут і далі: n – кількість телиць; $\bar{X} \pm Sx$ – оцінка середнього арифметичного та її помилки; F – оцінка критерію Фішера; P – рівень значущості. Вірогідні відмінності між середніми окремих субгруп ($P < 0,05$) на підставі LSD-тесту множинних порівнянь Фішера позначено різними літерами.

Найбільшу тривалість лактації зафіксовано у тварин, народжених у 2016 р. ($354,2 \pm 10,10$ дня), а найменшу – у корів 2020 р. народження ($304,5 \pm 1,94$ дня).

Найвищий показник надою за лактацію спостерігався в первісток 2016 р. народження ($11\,326,0 \pm 357,13$ кг), тоді як найнижчий – у тварин, які народилися у 2014 та 2020 рр.

Схожа тенденція виявлена і за надоями за 305 днів лактації: максимальні значення були властиві тваринам 2018 р. народження ($10\,119,5 \pm 90,29$ кг), тоді як найнижчі – особинам, які народилися у 2014 р. ($9\,174,6 \pm 209,27$ кг).

Статистична обробка даних засвідчила достовірність виявлених відмінностей: дисперсійне відношення Фішера для всіх трьох ознак було статистично значущим – $P < 0,001$.

Спостерігається варіативність досліджуваних показників залежно від місяця народження, однак статистично достовірного впливу виявлено не було ($P > 0,05$ для всіх трьох ознак) (табл. 2).

Таблиця 2. Мінливість показників тривалості лактації, надою за лактацію та надою за 305 днів лактації первісток залежно від місяця народження

Місяць народження	Тривалість лактації		Надій за лактацію		Надій за 305 днів	
	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, кг	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, кг
Січень	58	$315,8 \pm 4,24^a$	58	$10\,301,1 \pm 193,34$	58	$9\,967,2 \pm 150,14$
Лютий	50	$321,2 \pm 5,04^{ab}$	47	$10\,240,6 \pm 226,03$	47	$9\,711,2 \pm 150,73$
Березень	48	$319,9 \pm 4,83^{ab}$	44	$10\,390,6 \pm 220,55$	44	$9\,883,6 \pm 171,07$
Квітень	45	$320,3 \pm 6,08^{ab}$	44	$10\,464,3 \pm 290,27$	44	$9\,941,2 \pm 186,02$
Травень	45	$330,2 \pm 8,23^{abc}$	45	$10\,324,3 \pm 282,66$	45	$9\,561,0 \pm 153,01$
Червень	59	$330,3 \pm 4,94^{abc}$	59	$10\,718,7 \pm 259,35$	59	$9\,869,4 \pm 156,81$
Липень	42	$338,0 \pm 10,27^{bc}$	42	$10\,712,4 \pm 338,62$	42	$9\,713,1 \pm 211,00$
Серпень	48	$324,2 \pm 6,00^{abc}$	47	$10\,072,4 \pm 255,04$	47	$9\,443,2 \pm 144,13$
Вересень	49	$329,6 \pm 6,86^{abc}$	48	$10\,511,2 \pm 275,89$	48	$9\,767,5 \pm 163,60$
Жовтень	53	$339,9 \pm 7,15^c$	52	$10\,915,1 \pm 287,36$	52	$9\,856,1 \pm 169,66$
Листопад	62	$322,0 \pm 5,88^{ab}$	62	$10\,190,4 \pm 234,13$	62	$9\,663,7 \pm 150,45$
Грудень	49	$318,9 \pm 5,01^a$	44	$10\,269,2 \pm 215,58$	44	$9\,961,0 \pm 143,10$
	$F = (11; 596) = 1,52$, $P = 0,120$		$F = (11; 580) = 0,97$, $P = 0,476$		$F = (11; 580) = 1,02$, $P = 0,430$	

Найбільшу тривалість лактації зафіксовано у тварин, народжених у жовтні ($339,9 \pm 7,15$ дня), а найменшу – у січні ($315,8 \pm 4,24$ дня).

Найвищі показники надою за лактацію спостерігались у первісток, народжених у жовтні ($10\,915,1 \pm 287,36$ кг) та червні ($10\,718,7 \pm 259,35$ кг). Водночас максимальне значення величини надою за 305 днів лактації виявлено у тварин, які народилися в січні ($9\,967,2 \pm 150,14$ кг) та грудні ($9\,961,0 \pm 143,10$ кг), а мінімальне – в особин, які народилися в серпні ($9\,443,2 \pm 144,13$ кг) та травні ($9\,561,0 \pm 153,01$ кг).

Дисперсійний аналіз не виявив статистично значущих відмінностей між тваринами, які народилися в різні місяці за жодною із трьох досліджуваних ознак, що підтверджується значеннями критерію Фішера: $F = 1,52$; $P = 0,120$ (тривалість лактації), $F = 0,97$; $P = 0,476$ (надій за лактацію), $F = 1,02$; $P = 0,430$ (надій за 305 днів лактації).

У таблиці 3 наведено показники тривалості лактації, надою за повну лактацію та надою за 305 днів залежно від року отелення корів-первісток. Аналіз охоплює дані за 2015–2022 рр. Встановлено, що рік отелення суттєво та достовірно впливає на всі три досліджувані ознаки (в усіх випадках $P < 0,001$).

Таблиця 3. Мінливість показників тривалості лактації, надою за лактацію та надою за 305 днів лактації первісток залежно від року отелення

Рік отелення	Тривалість лактації		Надій за лактацію		Надій за 305 днів	
	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, кг	<i>n</i> , гол.	$\bar{X} \pm Sx$, кг
2015 р.	32	$342,4 \pm 17,76^{ab}$	32	$10\,185,9 \pm 417,26^a$	32	$9\,270,3 \pm 278,31^{ab}$
2016 р.	34	$337,1 \pm 9,27^{abc}$	34	$9\,832,0 \pm 290,65^a$	34	$8\,948,2 \pm 207,10^a$
2017 р.	29	$328,3 \pm 8,69^{abcd}$	28	$10\,208,5 \pm 428,61^a$	28	$9\,414,3 \pm 259,77^{abc}$
2018 р.	59	$347,2 \pm 8,99^b$	59	$11\,171,0 \pm 324,26^b$	59	$9\,825,9 \pm 169,35^{cd}$
2019 р.	43	$338,2 \pm 6,40^{ab}$	43	$11\,251,4 \pm 260,58^b$	43	$10\,148,8 \pm 142,51^d$
2020 р.	134	$331,8 \pm 3,87^{ac}$	121	$10\,984,8 \pm 166,61^b$	121	$10\,130,2 \pm 91,43^d$
2021 р.	294	$316,2 \pm 1,99^d$	292	$9\,995,1 \pm 86,40^a$	292	$9\,650,6 \pm 63,19^{bc}$
2022 р.	10	$305,2 \pm 3,56^{cd}$	10	$10\,949,4 \pm 261,59^{ab}$	10	$10\,940,4 \pm 220,34^c$
	$F = (7; 627) = 5,18$, $P < 0,001$		$F = (7; 611) = 7,76$, $P < 0,001$		$F = (7; 611) = 8,34$, $P < 0,001$	

Найдовшу лактацію ($347,2 \pm 8,99$ дня) мали корови-первістки, що отелились у 2018 р., тоді як найкоротшу – у 2022 р. ($305,2 \pm 3,56$ дня).

За надоем за лактацію найвищі показники спостерігались у тварин, які отелилися у 2019 р. ($11\,251,4 \pm 260,58$ кг), а за надоем за 305 днів лактації – у тварин, які отелилися у 2022 р. ($10\,940,4 \pm 220,34$ кг), що є найвищим значенням серед усіх років.

Найнижчі надії за 305 днів зафіксовані в первісток, отелення яких відбулося у 2016 р. ($8\,948,2 \pm 207,10$ кг).

У таблиці 4 представлено результати дослідження впливу місяця отелення на тривалість лактації, надій за лактацію та надій за 305 днів у корів-первісток. Аналіз включає дані по 12 місяцях року.

Таблиця 4. Мінливість показників тривалості лактації, надою за лактацію та надою за 305 днів лактації первісток залежно від місяця отелення

Місяць отелення	Тривалість лактації		Надій за лактацію		Надій за 305 днів	
	п, гол.	$\bar{X} \pm Sx$, днів	п, гол.	$\bar{X} \pm Sx$, кг	п, гол.	$\bar{X} \pm Sx$, кг
Січень	37	$313,2 \pm 4,95^{cd}$	36	$10\,451,1 \pm 256,35$	36	$10\,155,1 \pm 176,25$
Лютий	25	$335,2 \pm 11,69^{abc}$	25	$10\,598,7 \pm 444,20$	25	$9\,618,2 \pm 154,35$
Березень	52	$328,1 \pm 5,63^{abcd}$	52	$10\,363,8 \pm 251,05$	52	$9\,651,1 \pm 180,16$
Квітень	71	$337,5 \pm 6,49^b$	71	$10\,657,4 \pm 240,70$	71	$9\,661,9 \pm 159,43$
Травень	62	$329,2 \pm 6,18^{abcd}$	62	$10\,340,0 \pm 240,20$	62	$9\,593,1 \pm 143,19$
Червень	52	$330,8 \pm 7,43^{abc}$	52	$10\,421,0 \pm 314,90$	52	$9\,602,1 \pm 191,60$
Липень	53	$336,9 \pm 7,05^{ab}$	52	$10\,649,5 \pm 295,65$	52	$9\,683,2 \pm 171,36$
Серпень	56	$326,8 \pm 6,13^{abcd}$	56	$10\,386,9 \pm 233,19$	56	$9\,712,4 \pm 141,55$
Вересень	51	$336,7 \pm 11,10^{ab}$	48	$10\,335,0 \pm 304,64$	48	$9\,549,6 \pm 193,13$
Жовтень	61	$311,8 \pm 4,66^d$	60	$10\,164,7 \pm 183,89$	60	$9\,989,7 \pm 137,12$
Листопад	64	$320,8 \pm 5,02^{acd}$	60	$10\,334,2 \pm 207,31$	60	$9\,832,9 \pm 143,23$
Грудень	63	$321,1 \pm 5,16^{abcd}$	57	$10\,301,7 \pm 203,70$	57	$9\,762,9 \pm 132,77$
	$F = (11; 635) = 1,73$, $P = 0,063$		$F = (11; 619) = 0,36$, $P = 0,972$		$F = (11; 619) = 1,04$, $P = 0,041$	

Найдовшу лактацію зафіксовано у тварин, що отелились у квітні ($337,5 \pm 6,49$ дня), липні ($336,9 \pm 7,05$ дня) та вересні ($336,7 \pm 11,10$ дня), тоді як найкоротшу – у жовтні ($311,8 \pm 4,66$ дня) та січні ($313,2 \pm 4,95$ дня).

За надоем за лактацію значущих відмінностей між місяцями отелення не виявлено ($F = 0,36$; $P = 0,972$), тоді як тривалість лактації демонструвала тенденцію до варіації на межі статистичної значущості ($F = 1,73$; $P = 0,063$).

Величина надою за 305 днів лактації мала найбільше значення у корів, що отелились у січні ($10\,155,1 \pm 176,25$ кг) та жовтні ($9\,989,7 \pm 137,12$ кг), тоді як найнижчі показники зафіксовано у тварин, які отелились у травні ($9\,593,1 \pm 143,19$ кг) та вересні ($9\,549,6 \pm 193,13$ кг). Водночас для цього показника спостерігались статистично достовірні відмінності між місяцями отелення ($F = 1,04$; $P = 0,041$).

Загалом, результати свідчать про вплив місяця отелення на тривалість лактації та надій за 305 днів, що варто враховувати у плануванні відтворення і технології утримання корів у господарстві.

Висновки. Результати проведеного аналізу свідчать про істотний вплив року отелення та року народження на продуктивні показники корів-первісток, зокрема на тривалість лактації, надій за лактацію та надій за 305 днів. Найвищі надії та тривалість лактації були характерні для корів, які народилися та отелилися у 2018–2020 рр., що може бути пов'язано як із покращенням умов утримання, так і з оптимізацією селекційної роботи в ці роки. Водночас найбільш нестабільні та нижчі показники спостерігались серед тварин ранніх років народження (2014–2016 рр.) та отелення (2015–2016 рр.).

Місяць народження не мав достовірного впливу на продуктивність, що підтверджено статистичними критеріями ($P > 0,05$). Натомість виявлено деякий вплив місяця отелення на надій за 305 днів лактації ($P < 0,05$) – корови, отелення яких відбувалося протягом зимово-осінніх місяців (особливо січень і жовтень), продемонстрували дещо вищі значення порівняно із тваринами, що отелились у весняно-осінній період.

Отже, ключовими факторами, що зумовлюють мінливість продуктивних показників корів-первісток, є рік народження та рік отелення. Місяць отелення має помірний вплив, тоді як місяць народження – незначний. Отримані дані можуть бути використані для вдосконалення технологічних і селекційних підходів у молочному скотарстві.

Список використаних джерел

- Бугров О.Д., Шахова Ю.Ю., Кришталь О.М. Вплив інтервалу між осіменіннями на відтворну здатність корів та телиць. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва Національної академії аграрних наук*. 2015. № 113. С. 58–65.
- Ведмеденко О.В. Вплив генотипових та паратипових факторів на молочну продуктивність корів. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2019. Вип. 30. С. 31–38.
- Войтенко С.Л. Можливість підвищення молочної продуктивності у корів локальних порід. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4. С. 72–75.

4. Гладій М.В., Полупан Ю.П., Базишина І.В., Безрутенко І.М., Полупан Н.Л. Вплив генетичних і паратипових чинників на господарські корисні ознаки корів. *Розведення і генетика тварин*. Київ, 2014. Вип. 48. С. 48–61.
5. Гончаренко І.В. Удосконалення способу оцінки фенотипу тварин за допомогою селекційних індексів. *Технологія виробництва і переробки продуктів тваринництва*. Біла Церква, 2010. Вип. 3 (72). С. 12–17.
6. Мазур Н.П., Федорович Є.І., Федорович В.В. Формування високопродуктивного молочного стада з тривалим господарським використанням : науково-методичні рекомендації. Львів : Інститут біології тварин НААН, 2019. 30 с.
7. Крамаренко С.С., Луговий С.І., Ляхач А.В., Крамаренко О.С. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.
8. Піддубна Л.М., Захарчук Д.В., Корнійчук Д.О. Оцінка впливу комплексу факторів на молочну продуктивність корів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Тваринництво». 2021. Вип. 2 (45). С. 113–120. DOI: 10.32845/bsnau.lvst.2021.2.17.
9. Піщан І.С. Генотипові та паратипові фактори формування молочної продуктивності корів швіцької породи в австрійській екологічній зоні походження. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2016. Т. 18. № 2 (67). С. 187–194. DOI: 10.15421/nvlvet6742.
10. Поліщук Т.В. Вплив сезону отелення на характер лактаційної кривої корів молочних порід. *Аграрна наука та харчові технології*. Вінниця, 2019. Вип. 3 (106). С. 114–127.
11. Поліщук Т. В. Кореляційний зв'язок молочної продуктивності корів із сезоном отелення та сила впливу даного фактора. *Аграрна наука та харчові технології*. Вінниця, 2019. Вип. 4 (107). Т. 2. С. 83–92.
12. Полупан Ю.П., Базишина І.В., Почукалін А.Є., Прийма С.В., Полупан Н.Л. Вплив року і сезону на молочну продуктивність корів. *Розведення і генетика тварин*. 2022. № 63. С. 71–90. DOI: 10.31073/abg.63.08.
13. Полупан Ю.П. Онтогенетичні та селекційні закономірності формування господарські корисних ознак молочної худоби : дис. ... докт. с.-г. наук. Чубинське, 2013. 694 с.
14. Пославська Ю.В., Федорович Є.І., Бабік Н.П. Вплив сезону народження та сезону отелення корів на їх молочну продуктивність. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2015. № 17 (3). С. 297–302.
15. Федорович Є.І., Федорович В.В., Мазур Н.П., Боднар П.В., Филь С.І. Вплив середовищних чинників на молочну продуктивність корів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Тваринництво». 2019. Вип. 3 (38). С. 44–53.
16. Abera K., Tadesse Y., Yilma Z., Kebede K. Non-genetic evaluation of productive and reproductive traits for pure jersey cattle at Wolaita Sodo dairy farm, South Ethiopia. *East African Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 2023. № 7 (2). P. 57–64. DOI: 10.20372/eajvas.v7i2.479.
17. Bokharaeian M., Toghdory A., Ghoorchi T., Ghassemi Nejad J., Esfahani I.J. Quantitative Associations between Season, Month, and Temperature-Humidity Index with Milk Yield, Composition, Somatic Cell Counts, and Microbial Load: A Comprehensive Study across Ten Dairy Farms over an Annual Cycle. *Animals*. 2023. № 13. P. 3205. DOI: 10.3390/ani13203205.
18. Chopade M.M., Jahageerdar S., Deshmukh R.S., Katkade B.S., Sawane M.P. Effect of non-genetic factors and sire on lactation length in Frieswal cattle. *Indian Journal of Animal Research*, article number B-5078. 2023. DOI: 10.18805/IJAR.B-5078.
19. Elahi Torshizi M. Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *J Anim Sci Technol*. 2016. № 58. P. 8. DOI: 10.1186/s40781-016-0089-1.
20. Ihsanullah M.S.Q., Sohail A., Syed M.S. Seasonal stress affects reproductive and lactation traits in dairy cattle with various levels of exotic blood and parities under subtropical condition. *Pakistan Journal of Zoology*. 2020. № 52. P. 147–155. DOI: 10.17582/journal.pjz/2020.52.1.147.155.
21. Hammer Ø., Harper D.A., Ryan P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. № 4. P. 1–9.
22. Verma M.K., Sachdeva G., Yadav A.K., Gautam S., Ali M.M., Bindal S. Effect of genetic and non-genetic factors on milk yield and milk constituents on sahiwal cattle. 2016. № 50. P. 808–810. DOI: 10.18805/ijar.5711.
23. Kramarenko A., Luhovyi S., Kalynychenko H., Kramarenko S. Analysis of lactation length variability and its relationship to cow milk production. *Scientific Horizons*. 2025. № 28 (3). P. 9–23. DOI: 10.48077/scihor3.2025.09.
24. Niyonzima Yvan Bienvenu et al. The effect of high temperature and humidity on milk yield in Ankole and crossbred cows. *Tropical Animal Health and Production* 2022. № 54.2. P. 85.
25. Polupan Y.P., Melnik Y.F., Biriukova O.D. Influence of genetic factors on the productivity of cows. *Animal Breeding and Genetics*. 2019. № 58. P. 41–51. DOI: 10.31073/abg.58.06.
26. Poppe M., Mulder H.A., Kamphuis C., Veerkamp R.F. Between-herd variation in resilience and relations to herd performance. *J. Dairy Sci*. 2021. Vol. 104. № 1. P. 616–627. DOI: 10.3168/jds.2020-18525.
27. Sipahi C. The effect of different environmental factors on milk yield characteristics of Holstein Friesian cattle raised with different production scale on Teke region of Turkey. *Sustainability*. 2022. № 14 (21). Art. 13802. DOI: 10.3390/su142113802.

28. Tahir M.N., Ahmad F., Ahmad M., Afzal T., Rasul S., Qayyum A., Akhtar M., Chishti G.A., Bilal M. Effect of non-genetic factors on productive and reproductive performance in crossbred cows maintained at livestock experiment station, Qadirabad district Sahiwal. *Pakistan Journal of Science*. 2023. № 75 (4). P. 751–759. DOI: 10.57041/pjs.v75i04.1062.

29. Thakkar N.K., Chaudhary A.P., Chaudhari A.B., Gami Y.M., Panchasara H.H. Effects of genetic and non-genetic factors on production performance of primiparous Kankrej cattle. *Indian Journal of Dairy Science*. 2021. № 74 (5). P. 434–438. DOI: 10.33785/IJDS.2021.v74i05.009.

Liuta I. M.

*Assistant at the Department of Biotechnology and Bioengineering,
Mykolaiv National Agrarian University
Mykolaiv, Ukraine*

E-mail: liutaim@mnaeu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-1672-2337

EFFECT OF YEAR AND MONTH OF BIRTH AND CALVING ON MILK PRODUCTION TRAITS IN PRIMIPAROUS COWS HOLSTEIN HEIFERS

Abstract

This study explores the factors influencing the development of milk productivity in dairy cattle. It is well known that milk yield is determined by a complex interaction of genetic and environmental influences. The focus is on the effects of year and season of birth and calving. The degree of influence of these factors on the phenotypic variability of milk production in primiparous cows is presented, underscoring the importance of their consideration in breeding and selection programs.

The research analyzed the effects of the year and month of birth and calving on milk productivity traits in primiparous Holstein cows, specifically: lactation duration, total milk yield per lactation, and milk yield over 305 days. The dataset included primary zootechnical records of 635 cows kept at the "Promin" LLC farm in Mykolaiv region, Ukraine.

The year of calving had a statistically significant influence on all three traits ($P < 0,001$). The highest milk yields per lactation ($11\ 251,4 \pm 260,58$ kg) and per 305 days ($10\ 940,4 \pm 220,34$ kg) were recorded in cows calving during 2019–2022, while the lowest 305-day yield ($8\ 948,2 \pm 207,10$ kg) was observed in cows that calved in 2016.

The year of birth also significantly influenced 305-day milk yield ($P < 0,001$), with the highest average yield found in cows born in 2018 ($10\ 119,5 \pm 90,29$ kg). The month of calving significantly affected only the 305-day yield ($P = 0,041$); cows calving in January ($10\ 155,1 \pm 176,25$ kg) and October ($9\ 989,7 \pm 137,12$ kg) showed the best results. No statistically significant influence of the month of birth on any trait was found ($P > 0,05$).

These results highlight the importance of accounting for calendar-related factors in dairy herd management. Their practical application can improve reproductive efficiency, optimize insemination planning, and create optimal conditions for the expression of the genetic potential of animals. The data can be used in breeding programs and for adapting technological processes in dairy farming to specific climatic and management conditions.

Key words: primiparous cows, year and month of birth, year and month of calving, lactation duration, milk yield.

References

1. Buhrov, O.D., Shakhova, Yu.Yu., & Kryshal, O.M. (2015). Vplyv intervalu mizh osimeninniamy na vidtvornu zdattist koriv ta telyts [Influence of the interval between inseminations on the reproducibility of cows and heifers]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnystva NAAN – The Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukraine*. Kharkiv, 113, 58–65 [in Ukrainian].
2. Vedmedenko, O.V. (2019). Vplyv henetypovykh ta paratypovykh faktoriv na molochnu produktyvnist koriv [The influence of genotypic and paratypic factors on milk productivity of cows]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilsky Visnyk: agriculture, technology, economy*. 30, 31–38 [in Ukrainian].
3. Voitenko, S.L. (2016). Mozhlyvist pidvyshchennia molochnoi produktyvnosti u koriv lokalnykh porid [The possibility of increasing milk productivity in cows of local breeds]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 4, 72–75 [in Ukrainian].
4. Gladij, M.V., Polupan, Yu.P., Bazyshyna, I.V., Bezrutenko, I.M., & Polupan, N.L. (2014). Vplyv henetychnykh i paratypovykh chynnykiv na hospodarsky korysni oznaky koriv [Influence of genetic and paratypic factors on economically useful traits of cows]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn – Animal breeding and genetics*. 48, 48–61 [in Ukrainian].
5. Honcharenko, I.V. (2010). Udoskonalennia sposobu otsinky fenotypu tvaryn za dopomohoiu selektsiinykh indeksiv [Improvement of the method of assessing the phenotype of animals using selection indices]. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktiv tvarynnystva – Technology of production and processing of livestock products*. Bila Tserkva, 3 (72), 12–17 [in Ukrainian].
6. Mazur, N.P., Fedorovych, Ye.I., & Fedorovych, V.V. (2019). Formuvannia vysokoproduktyvnogo molochnoho stada z tryvalym hospodarskym vykorystanniam: nauk.-metod. rek. [Formation of a highly productive dairy herd with long-term economic use: scientific method. rec.]. Lviv, 30 p. [in Ukrainian].
7. 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].
8. Piddubna, L.M., Zaxarchuk, D.V., & Kornijchuk, D.O. (2021). Otsinka vplyvu kompleksu faktoriv na molochnu produktyvnist koriv [Assessment of the influence of a complex of factors on milk productivity of cows]. *Visnyk Sumskoho*

natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Tvarynnytstvo – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series “Animal husbandry”. 2 (45), 113–120. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.2.17> [in Ukrainian].

9. Pishchan, I.S. (2016). Henotypovi ta paratypovi faktory formuvannya molochnoi produktyvnosti koriv shvitskoi porody v avstriiskii ekolohichnii zoni pokhodzhennia [Genotypic and paratypic factors formation of milk productivity of Austrian Swiss breed cows in environmental area of origin]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT im. Gzhytskoho*, vol. 18, № 2 (67), pp. 187–194. DOI: 10.15421/nvlvet6742 [in Ukrainian].

10. Polishhuk, T.V. (2019). Vplyv sezonu oteleattia na kharakter laktatsiinoi kryvoi koriv molochnykh porid [The influence of the calving season on the nature of the lactation curve of dairy cows]. *Agrarna nauka ta harchovi tekhnologiyi – Agrarian science and food technology*. Vinnytsia, 3 (106), 114–127 [in Ukrainian].

11. Polishhuk, T.V. (2019). Koreliatsiinyi zviazok molochnoi produktyvnosti koriv iz sezonom oteleattia ta syly vplyvu danoho faktora [Correlation of milk productivity of cows with the calving season and the influence of this factor]. *Agrarna nauka ta harchovi tekhnologiyi – Agrarian science and food technology*. Vinnytsia, 4 (107) 2, 83–92 [in Ukrainian].

12. Polupan, Yu.P., Bazyshyna, I.V., Pochukalin, A.Ye., Pryima, S.V., & Polupan, N.L. (2022). Vplyv roku i sezonu na molochnu produktyvnist koriv [The influence of the year and season on the milk production of cows]. *Rozvedennia i henetyka tvaryn – Animal breeding and genetics*. №. 63, P. 71–90 [in Ukrainian].

13. Polupan, Yu.P. (2013). Ontohenetychni ta selektsiini zakonomirnosti formuvannya hospodarsky korysnykh oznak molochnoi khudoby [Ontogenetic and selection regularities of the formation of economically useful traits of dairy cattle]. *Doctor's thesis*. Chubynske, 694 p. [in Ukrainian].

14. Poslavska, Yu.V., Fedorovych, Ye.I., & Babik, N.P. (2015). Vplyv sezonu narodzhennia ta sezonu oteleattia koriv na yikh molochnu produktyvnist [Influence of the season of birth and calving season of cows on their milk productivity]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho – Scientific bulletin of S.Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology*. 17 (3), 297–302 [in Ukrainian].

15. Fedorovych, Ye.I., Fedorovych, V.V., Mazur, N.P., Bodnar, P.V., & Fyl, S.I. 2019. Vplyv seredovyshchnykh chynnykiv na molochnu produktyvnist koriv [The influence of environmental factors on milk productivity of cows]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii “Tvarynnytstvo” – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series “Animal husbandry”*. 3 (38), 44–53 [in Ukrainian].

16. Abera, K., Tadesse, Y., Yilma, Z., & Kebede, K. (2023). Non-genetic evaluation of productive and reproductive traits for pure jersey cattle at Wolaita Sodo dairy farm, South Ethiopia. *East African Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 7 (2), 57–64. DOI: 10.20372/eajvas.v7i2.479 [in English].

17. Bokharaeian, M., Toghdory, A., Ghoorchi, T., Ghassemi Nejad, J., Esfahani, I.J. (2023). Quantitative Associations between Season, Month, and Temperature-Humidity Index with Milk Yield, Composition, Somatic Cell Counts, and Microbial Load: A Comprehensive Study across Ten Dairy Farms over an Annual Cycle. *Animals*, 13, 3205. <https://doi.org/10.3390/ani13203205> [in English].

18. Chopade, M.M., Jahageerdar, S., Deshmukh, R.S., Katkade, B.S., & Sawane, M.P. (2023). Effect of non-genetic factors and sire on lactation length in Frieswal cattle. *Indian Journal of Animal Research*, article number B-5078. DOI: 10.18805/IJAR.B-5078 [in English].

19. Elahi Torshizi, M. (2016). Effects of season and age at first calving on genetic and phenotypic characteristics of lactation curve parameters in Holstein cows. *J Anim Sci Technol* 58, 8. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0089-1> [in English].

20. Ihsanullah, M.S.Q., Sohail, A., & Syed, M.S. (2020). Seasonal stress affects reproductive and lactation traits in dairy cattle with various levels of exotic blood and parities under subtropical condition. *Pakistan Journal of Zoology*, 52, 147–155. DOI: 10.17582/journal.pjz/2020.52.1.147.155 [in English].

21. Hammer, Ø., Harper, D.A., & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. № 4. P. 1–9 [in English].

22. Verma, M.K., Sachdeva, G., Yadav, A.K., Gautam, S., Ali, M.M., & Bindal, S. (2016). Effect of genetic and non-genetic factors on milk yield and milk constituents on sahiwal cattle. № 50, P. 808–810. DOI: 10.18805/ijar.5711 [in English].

23. Kramarenko, A., Luhovyi, S., Kalynychenko, H., & Kramarenko, S. (2025). Analysis of lactation length variability and its relationship to cow milk production. *Scientific Horizons*, 28 (3), P. 9–23. DOI: 10.48077/scihor3.2025.09 [in English].

24. Niyonzima, Yvan Bienvenu et al. (2022). The effect of high temperature and humidity on milk yield in Ankole and crossbred cows. *Tropical Animal Health and Production* 54.2, P. 85 [in English].

25. Polupan, Y.P., Melnik, Y.F., & Biriukova, O.D. (2019). Influence of genetic factors on the productivity of cows. *Animal Breeding and Genetics*, 58. P. 41–51. <https://doi.org/10.31073/abg.58.06> [in English].

26. Sipahi, C. (2022). The effect of different environmental factors on milk yield characteristics of Holstein Friesian cattle raised with different production scale on Teke region of Turkey. *Sustainability*, 14 (21), article № 13802. <https://doi.org/10.3390/su142113802> [in English].

27. Tahir, M.N., Ahmad, F., Ahmad, M., Afzal, T., Rasul, S., Qayyum, A., Akhtar, M., Chishti, G.A., & Bilal, M. (2023). Effect of non-genetic factors on productive and reproductive performance in crossbred cows maintained at livestock experiment station, Qadirabad district Sahiwal. *Pakistan Journal of Science*, 75 (4), 751–759. DOI: 10.57041/pjs.v75i04.1062 [in English].

28. Thakkar, N.K., Chaudhary, A.P., Chaudhari, A.B., Gami, Y.M., & Panchasara, H.H. (2021). Effects of genetic and non-genetic factors on production performance of primiparous Kankrej cattle. *Indian Journal of Dairy Science*, 74 (5), 434–438. <https://doi.org/10.33785/IJDS.2021.v74i05.009> [in English].

Отримано: 20.06.2025

Рекомендовано: 28.07.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.7>
УДК 63.633.1

Матюха В. Л.

доктор сільськогосподарських наук,
в. о. завідувача лабораторії захисту рослин,
Державна установа Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України
Дніпро, Україна
E-mail: matuhavladimir116@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5657-3524

Цилюрик О. І.

доктор сільськогосподарських наук,
завідувач кафедри рослинництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Дніпро, Україна
E-mail: tsilurik_alexander@ukr.net
ORCID: 0000-0002-7479-8401

Семенов С. С.

аспірант, молодший науковий співробітник лабораторії захисту рослин,
Державна установа Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України
Дніпро, Україна
E-mail: semenmart@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8329-5438

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ СОРГО ВІД ШКІДНИКІВ В УМОВАХ СТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

У статті подано результати дослідження щодо ефективності інсектицидного захисту посівів зернового сорго в умовах Північного Степу України. Актуальність роботи зумовлена зростанням кліматичних ризиків, зокрема посух, і необхідністю пошуку надійних альтернатив традиційним зерновим культурам. Сорго – перспективна культура через високу посухостійкість, стабільну врожайність і меншу потребу у внесенні добрив. Водночас його вирощування супроводжується негативним впливом комплексу шкідників, серед яких домінують злакові попелиці, дрітляники, шведська муха, бавовникова совка, хлібні жуки тощо.

Метою дослідження було встановлення ефективності різних схем захисту сорго – передпосівного протруювання насіння та обробки вегетуючих рослин – із застосуванням хімічних і біологічних препаратів (Круїзер, Максим XL, Вермістим, Карате Зеон). Досліди проводилися на базі дослідного господарства «Дніпро» Інституту зернових культур Національної академії аграрних наук України у 2018–2021 роках, з урахуванням агрокліматичних умов, які виявилися нестабільними за температурним і водним режимом.

Результати показали, що комбінація Круїзер + Максим XL + Вермістим забезпечила найнижчі показники ураження сходів (6,0%) та загину проростків (4,0%), а також найвищу врожайність – до 8,80 т/га за комбінованого застосування з Карате Зеон. Застосування інсектицидів дозволяло зменшити чисельність попелиць у критичних фазах розвитку культури (до 0,8–1,2 особини/рослину). Доведено високу ефективність інтегрованого захисту сорго, що поєднує інсектициди й біостимулятори росту, як фактор підвищення врожайності та зниження пестицидного навантаження на довкілля. Отримані дані мають практичне значення для агровиробництва в зоні ризикованого землеробства й обґрунтовують доцільність подальших досліджень ефективних, екологічно безпечних препаратів.

Ключові слова: сорго зернове, інсектициди, протруйники, регулятори росту, шкідники, попелиці, врожайність.

Вступ. Сорго зернове є однією з найперспективніших культур для вирощування у степовій зоні України завдяки своїй високій посухостійкості та здатності адаптуватися до кліматичних особливостей місцевості. В умовах зростання дефіциту вологи та частішого виникнення посух ця культура постає надійною альтернативою традиційним зерновим, як-от кукурудза та пшениця озима. Завдяки розгалуженій і глибокій кореневій системі сорго здатне ефективно використовувати вологу навіть за умов тривалої посухи [1; 7, с. 10–19; 12].

Порівняно з кукурудзою, яка в посушливі роки може втрачати значну частину врожаю, сорго демонструє стабільність продуктивності на рівні 4–6 т/га. Окрім того, ця культура потребує менших витрат на добрива, засоби

захисту та догляд, що знижує загальну собівартість виробництва. Завдяки високій стійкості до температурних коливань сорго витримує різкі перепади погодних умов, що особливо важливо в сучасних умовах змін клімату [2, с. 274–277; 3, с. 48–53].

Вирощування сорго у Степу України супроводжується впливом низки шкідників, які можуть суттєво знижувати врожайність і якість зерна. Найпоширенішими шкідниками цієї культури є злакові попелиці, дротяники (личинки коваликів), бавовникова совка, шведська муха, хлібні жуки тощо [1].

Злакові попелиці завдають шкоди, висмоктуючи сік із листя та пагонів, що призводить до ослаблення рослин, зниження фотосинтетичної активності, у кінцевому підсумку – зменшення врожаю. Бавовникова совка пошкоджує зерно у фазі наливу, спричиняє значні втрати врожайності та погіршує його якість. Шведська муха уражає молоді рослини, уповільнює їхній ріст і розвиток, а дротяники пошкоджують кореневу систему, що може призвести до загибелі сходів. Хлібні жуки харчуються зерном у фазі молочно-воскової стиглості, знижують його товарну якість та посівні властивості [6; 7, с. 10–19; 8; 9, с. 1–13; 12].

Актуальність даної роботи полягає у виявленні ефективності інсектицидних протруювачів, бакових сумішей пестицидів у посівах сорго зернового залежно від наявного комплексу шкідників, елементів агротехніки вирощування в умовах Степу для зменшення втрат урожайності зерна й інсектицидного навантаження на довкілля.

Мета роботи – підвищення продуктивності сорго шляхом удосконалення технології його вирощування, зокрема впровадження сучасних, екологічно безпечних і високоефективних пестицидів-протруйників та їх комбінацій (Круїзер, Максим XL, Вермістим, Максим XL + Вермістим, Круїзер + Максим XL + Вермістим), а також бакових сумішей препаратів для обробки вегетуючих рослин (Карате Зеон, Вермістим, Карате Зеон + Вермістим). Головне завдання дослідження – визначення ефективності інсектицидів, уточнення оптимальних доз їх застосування, виявлення продуктивності посівів за дії шкідників та інсектицидних препаратів в умовах Північного Степу України.

Експериментальна частина роботи виконувалась на базі дослідного господарства «Дніпро» ДУ Інститут зернових культур НААН України. Сорго гібрида Дніпровський-39 розміщували після пшениці озимої. Після збирання попередника здійснювали два дискування стерні на 10–12 см, а восени здійснювали оранку на глибину 23–25 см. Допосівна підготовка ґрунту включала ранньовесняне закриття вологи зубовими бородами та дві культивациї на 8–10 та передпосівну на 6–8 см. Під першу культивацию вносили мінеральні добрива (нітроамфоска) розкидним способом з розрахунку $N_{30}P_{30}K_{30}$. Сівбу проводили сівалкою СУПН-8 за норми висіву 60 тис. зернин на 1 га. З метою знищення бур'янів застосовували ґрунтовий гербіцид Харнес – 2,5 л/га, виконували також міжрядний обробіток.

У 2018–2021 рр. метеорологічні умови вегетаційного періоду сорго у Степу України були нестабільними, з коливаннями температури й опадів, що безпосередньо впливало на ріст і розвиток культури. Найвищу середню температуру (19,9 °C) зафіксовано у 2018 р., найнижчу (17,9 °C) – у 2021 р. Найсприятливішими для сорго були червень – липень, коли відбуваються активний ріст і формування зерна.

Кількість опадів коливалась від 177,9 мм у 2018 р. (з повною відсутністю вологи в серпні) до 403,6 мм у 2021 р., що значно перевищувало норму. Основна частина опадів у врожайному 2021 р. припала на червень – критичний період для водозабезпечення рослин.

Схема дослідів включала дослідження ефективності різних інсектицидів і регуляторів росту в посівах сорго за трьома напрямками, як-от: передпосівна обробка насіння, обприскування вегетуючих рослин та їх поєднання. У варіантах передпосівної обробки застосовували як окремі препарати, так і їх комбінації. Зокрема, насіння обробляли інсектицидом Круїзер 350 FS у дозі 4 л/т, фунгіцидом Максим XL035 FS у дозі 5 л/т, біостимулятором росту Вермістим у дозі 6 л/т, а також комбінацією Максим XL і Вермістиму та трикомпонентною сумішшю Круїзер, Максим XL і Вермістим (табл. 1).

Таблиця 1. Схема дослідів з вивчення ефективності інсектицидів і регуляторів росту в посівах сорго

Тип обробітку сорго	Препарати та їх дози
Передпосівна обробка насіння	Без обробки (контроль)
	Круїзер 350 FS (4 л/т)
	Максим XL035 FS (5 л/т)
	Вермістим (6 л/т)
	Максим XL035 FS (5 л/т) + Вермістим (6 л/т)
	Круїзер 350 FS (4 л/т) + Максим XL035 FS (1 л/т) + Вермістим (6 л/т)
Обприскування посівів (без обробки насіння)	Карате Зеон 050 CS (0,2 л/га)
	Вермістим (10 л/га)
	Карате Зеон 050 CS (0,2 л/га) + Вермістим (10 л/га)
Обприскування посівів + обробка насіння	Карате Зеон 050 CS (0,2 л/га)
	Вермістим (10 л/га)
	Карате Зеон 050 CS (0,2 л/га) + Вермістим (10 л/га)

У другій частині досліджень передбачалося лише обприскування вегетуючих рослин без попередньої обробки насіння. Тут застосовували інсектицид Карате Зеон 050 CS у дозі 0,2 л/га, Вермістим у дозі 10 л/га, а також бакову суміш обох препаратів. У третій частині досліджували поєднання передпосівної обробки насіння з подальшим обприскуванням у період вегетації. Контролем слугував варіант без обробки препаратом. Площа облікової ділянки – 10 м², повторність – чотирикратна

Усі обліки та спостереження, зокрема ентомологічні дослідження чисельності (щільності), пошкодженості, поширеності шкідників, проводилися відповідно до сучасних методик визначення в агрономії [4].

Технічну (біологічну) ефективність препаратів розраховували за формулою:

$$TE = \frac{100 \times (D - P)}{D}, \text{ де:}$$

TE – технічна ефективність дії з поправкою на контроль, %;

D – чисельність шкідників у даному варіанті до обробки, особин/рослину;

P – чисельність шкідників у даному варіанті після обробки, особин/рослину.

Облік урожаю проводився шляхом зрізання волотей (сорго) вручну з усіх ділянок окремо, обмолочування та зважування зерна. Урожай перераховували на 14% вологості зерна [4].

Результати досліджень піддавалися обробці методам дисперсійного та статистичного аналізів за допомогою відповідних статистичних програм [4].

Виклад основного матеріалу дослідження. Визначення щільності ґрунтових шкідників перед сівбою сорго показало наявність у ґрунті трьох основних родин шкідників, як-от: ковалики (Lv), чорниші (Lv) та пластинчастовусі (Lv). Економічний поріг шкодочинності (далі – ЕПШ) становить 3–5 особин/м² для коваликів і чорнишів та 1–2 особин/м² для пластинчастовусих.

У 2018 р. чисельність коваликів становила 2,3 особин/м², що нижче за встановлений поріг шкодочинності, у 2019 р. їхня чисельність дещо зросла, до 2,7 особин/м², а у 2020 р. знову знизилась до 2,1 особин/м². Чорниші мали чисельність 0,8 особин/м² у 2018 р., що також не досягало ЕПШ, проте у 2019 р. їхня чисельність зросла до 1,6 особин/м², а у 2020 р. зменшилась до 1,0 особин/м². Пластинчастовусі мали чисельність 0,5 особин/м² у 2018 р., у 2019 р. цей показник зріс до 0,7 особин/м², а у 2020 р. – до 1,2 особин/м², що впритул наблизилось до верхньої межі ЕПШ.

Загальна чисельність ґрунтових шкідників перед сівбою сорго у 2018 р. становила 3,6 особин/м², у 2019 р. вона збільшилась до 5,0 особин/м², що свідчить про збільшення чисельності шкідників. У 2020 р. загальний показник знизився до 4,3 особин/м².

У період сходів сорго одним із критичних факторів, що впливають на густоту стояння рослин, отже, на майбутню врожайність, є пошкодження проростків ґрунтовими шкідниками. Дослідження, проведені протягом 2019–2021 рр., дали змогу об'єктивно оцінити ефективність передпосівної обробки насіння різними протруйниками й біологічними препаратами щодо зменшення пошкодженості рослин (табл. 2).

Таблиця 2. Пошкодженість рослин сорго ґрунтовими шкідниками у період сходів залежно від протруєння насіння за 2019–2021 рр.

№	Варіант передпосівної обробки насіння	Норма витрати препаратів	Пошкодженість, %			
			2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
1	Без обробки	без обробки	16,9	30,1	10,1	19,0
2	Круїзер	4 л/т	10,0	12,6	5,2	9,3
3	Максим XL	5 л/т	14,5	25,9	9,5	16,6
4	Вермістим	6 л/т	16,0	28,2	10,4	18,2
5	Максим XL + Вермістим	1 л/т + 6 л/т	14,0	20,9	5,3	13,4
6	Круїзер + Максим XL + Вермістим	4 л/т + 5 л/т + 6 л/т	5,8	10,9	1,3	6,0
НІР _{0,5} , %			2,2	3,4	3,6	–

У контрольному варіанті, де насіння не оброблялося жодними препаратами, рівень пошкодженості сягав у середньому 19,0%, коливаючись від 16,9% у 2019 р. до 30,1% у 2020 р. Це свідчить про значну шкодочинність ґрунтових фітофагів за відсутності захисних заходів.

Застосування препарату Круїзер у нормі 4 л/т забезпечило істотне зниження пошкодженості сходів сорго. Середній рівень ушкодження становив 9,3%, що на 9,7% менше порівняно з контролем, або на 51,1% у відносному вираженні. Найменше пошкодження відмічалось у 2021 р. (5,2%), а найвище – у 2020 р. (12,6%), що демонструє стабільну дію препарату за різних погодних умов.

Застосування Максим XL окремо, у дозі 5 л/т, виявилось менш ефективним: середня пошкодженість рослин сягала 16,6%, тобто лише на 2,4% нижче, ніж у варіанті без обробки, що відповідає зменшенню всього на 12,6%. Особливо слабкий ефект був у 2020 р., де рівень пошкодженості залишався високим (25,9%).

Біопрепарат Вермістим у нормі 6 л/т також не забезпечив належного захисту: середній показник ушкодження становив 18,2%, що лише на 0,8% менше за контроль, або зменшення на 4,2%, отже, ефективність його застосування була вкрай обмеженою.

Комбіноване використання Максим XL із Вермістимом у дозах 1 л/т і 6 л/т відповідно дало позитивніші результати, ніж застосування препаратів окремо. Пошкодженість у середньому знизилася до 13,4%, що на 5,6% менше порівняно з контролем (зменшення на 29,5%).

Найбільш ефективною виявилася потрійна комбінація Круїзер + Максим XL + Вермістим (4 + 5 + 6 л/т), яка забезпечила найнижчий рівень пошкодженості – у середньому 6,0%. Це свідчить про абсолютне домінування цього варіанту над іншими: зменшення пошкодженості порівняно з контролем становило 13,0% в абсолютному вираженні, або 68,4% у відносному. Особливо значний ефект зафіксовано у 2021 р., де показник ушкодження був мінімальним – лише 1,3%, що майже у 8 разів менше, ніж у варіанті без обробки.

Рівень загибелі проростків сорго, пошкоджених ґрунтовими шкідниками в період сходів, залежно від різних варіантів передпосівної обробки насіння показав деякі відмінності між використаними препаратами (табл. 3).

Таблиця 3. Загибель проростків сорго від пошкодження ґрунтовими шкідниками в період сходів залежно передпосівної обробки в 2019–2021 рр.

№	Варіант передпосівної обробки	Норма витрати препаратів	Загибель проростків, %				Ефективність, %
			2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє	
1	Без обробки	без обробки	9,3	17,1	11,4	13,2	–
2	Круїзер	4 л/т	5,0	5,5	6,2	5,6	60,3
3	Максим XL	5 л/т	6,6	9,4	7,7	7,9	39,7
4	Вермістим	6 л/т	8,1	12,5	10,8	10,5	22,1
5	Максим XL + Вермістим	1 л/т + 6 л/т	5,6	8,8	5,4	6,6	45,8
6	Круїзер + Максим XL + Вермістим	4 л/т + 5 л/т + 6 л/т	3,1	6,6	2,8	4,1	63,4
НП _{0,5} , %			1,7	3,1	3,8	–	–

Так, контрольний варіант, без обробки насіння, показав найвищий рівень загибелі проростків від шкідників: у 2019 р. – 9,3%, у 2020 р. – 17,1%, а у 2021 р. – 11,4%. Варіант з обробкою препаратом Круїзер за норми 4 л/т показав значне зниження загибелі проростків, до 5,0% у 2019 р., 5,5% у 2020 р., 6,2% у 2021 р., із середнім значенням 5,6% і ефективністю 60,3%. Використання препарату Максим XL за норми 5 л/т мінімізувало загибель проростків від шкідників до 7,8% (6,6% у 2019 р., 9,4% у 2020 р., 7,7% у 2021 р.) з ефективністю 39,7%.

Від використання Вермістиму дозою 6 л/т загибель проростків трималася на рівні 10,5% (8,1% у 2019 р., 12,5% у 2020 р., 10,8% у 2021 р.), що відповідає ефективності 22,2%. А комбінація Максим XL + Вермістим у дозах 1 л/т + 6 л/т зменшила середню загибель проростків до 6,6% (5,6% у 2019 р., 8,8% у 2020 р., 5,4% у 2021 р.), з ефективністю 45,8%.

Найнижчий рівень загибелі проростків досягнуто обробленням комбінованим варіантом Круїзер + Максим XL + Вермістим (4 л/т + 5 л/т + 6 л/т): 3,1% у 2019 р., 6,6% у 2020 р., 2,7% у 2021 р., із середнім показником 4,0% та найвищою ефективністю 63,4%. Це досягнуто завдяки комплексному впливу різних діючих речовин протруйників у поєднанні з регуляторами росту рослин.

Динаміка поширення та чисельності злакових попелиць у посівах сорго за 2019–2020 рр. характеризуються значною варіативністю залежно від фази розвитку культури та року спостережень (табл. 4). Найвищий рівень заселеності рослин сорго попелицями спостерігався у фазі викидання волоті в усі роки досліджень. У 2019 р. попелиці заселили 100% рослин, чисельність становила 55–75 особин/рослину. У 2020 р. показник трохи знизився, до 90%, із чисельністю 45–60 особин/рослину, а у 2021 – до 95% із чисельністю 50–67,5 особин/рослину.

У фазі сходів попелиці траплялись значно рідше: від 1,5% заселених рослин у 2020 р. до 3,4% у 2019 р., з мінімальною чисельністю від 0,5 до 3 особин/рослину. У фазі молочної стиглості активність шкідників знижувалася: у 2019 р. заселеність становила 17,5%, у 2020 р. – 8,4%, у 2021 р. – 12,9%, відповідно із чисельністю 3–14 особин/рослину.

Максимальна шкодочинність попелиць спостерігається у фазі викидання волоті, коли чисельність шкідників на рослинах досягає максимальних значень. Водночас погодні умови 2020 р. сприяли зменшенню заселеності та чисельності попелиць у всіх фазах розвитку культури порівняно із 2019 р. Це підкреслює важливість моніторингу та своєчасного вжиття заходів для боротьби зі шкідниками для збереження врожаю сорго.

Динаміка чисельності попелиць у посівах сорго в середньому за 2019–2021 рр. залежно від застосованих засобів захисту демонструє значний вплив як передпосівної обробки насіння, так і обприскування в період вегетації на їхню кількість (табл. 5). У контрольних варіантах, де не проводилося жодного обробітку, кількість попелиць зростала поступово протягом вегетації: у фазі сходів спостерігалось в середньому 3,0 особин/рослину, тоді як у фазі 9–10 листків цей показник досягав до 17,7 особин/рослину.

Максимальне значення чисельності шкідників, яке фіксувалося перед обприскуванням, становило 27,3 особин/рослину. Навіть після завершення обприскування популяція попелиць знизилася лише частково, до 18,8 особин/рослину на третю добу та 21,3 особини/рослину за сім діб. Ці показники свідчать про високий рівень шкодо-чинності попелиць у разі відсутності захисту.

Таблиця 4. Динаміка поширення та чисельності злакових попелиць у посівах сорго за 2019–2021 рр.

Фаза розвитку культури	Заселеність, %	Чисельність особин/рослину
2019 р.		
Сходи	3,4	2,5–3
Викидання волоті	100	55–75
Молочна стиглість	17,5	8–14
2020 р.		
Сходи	1,5	0,5–1
Викидання волоті	90	45–60
Молочна стиглість	8,4	3–8
2021 р.		
Сходи	2,4	1,5–2,0
Викидання волоті	95	50–67,5
Молочна стиглість	12,9	6,0–11,0

Тобто застосування інсектицидів на сорго є важливим елементом агротехніки для ефективного контролю популяції попелиць. Використання комбінованих схем захисту, зокрема Карате Зеон разом із біологічними стимуляторами, дозволяє досягти максимального зниження чисельності попелиць та забезпечити здоровий ріст і розвиток рослин сорго.

Таблиця 5. Динаміка чисельності попелиць у посівах сорго залежно від засобів захисту в середньому за 2019–2021 рр.

№	Варіанти захисту сорго		Чисельність попелиць, особин/рослину					
	передпосівний обробіток насіння	обприскування в період вегетації	червень			перед обприскуванням	після обприскування	
			сходи	6–7 листіків	9–10 листіків		на 3-тю добу	на 7-му добу
1	Без обробки	без обробки (контроль)	3,0	11,5	17,7	27,3	18,8	21,3
2		Карате Зеон				3,0	1,0	1,3
3		Вермістим				25,3	8,4	11,3
4		Карате Зеон + Вермістим				2,7	0,9	1,2
5	Круїзер	без обробки	0,7	10,0	17,0	25,7	17,6	20,1
6	Максим XL	без обробки	2,0	12,0	18,0	27,0	19,0	21,3
7	Вермістим	без обробки	3,7	12,3	17,7	27,7	19,2	21,5
8	Максим XL + Вермістим	без обробки	2,7	11,3	17,7	27,0	18,7	21,1
9	Круїзер +Максим XL + Вермістим	без обробки	0,8	10,3	17,8	25,0	17,7	20,1
10		Карате Зеон				2,3	0,8	1,0
11		Вермістим				26,3	8,8	11,7
12		Карате зеон + Вермістим				2,3	0,8	1,0
НІР _{0,5} особин/рослину			0,5	0,7	0,6	5,5	6,8	6,9

Шкідники мали суттєвий вплив на врожайність сорго. Використані інсектициди знищували шкідливі об'єкти та сприяли підвищенню продуктивності культури (табл. 6). У контрольному варіанті, де не застосовувалися жодні обробки інсектицидами, середня врожайність за 2019–2021 рр. становила 4,16 т/га, з коливанням показників від 3,64 т/га у 2019 р. до 4,57 т/га у 2021 р.

Застосування інсектициду Карате Зеон під час вегетації дало помітне підвищення врожайності. Середній показник за три роки зріс до 5,13 т/га, що на 0,97 т/га (23,4%) більше порівняно з контролем. Найвищий результат було зафіксовано у 2021 р., де врожайність становила 7,03 т/га, що на 2,46 т/га (53,9%) перевищувало контрольний варіант.

Обробка насіння препаратом Вермістим показала ефективність, підвищила середню врожайності до 5,02 т/га, що перевищує контроль на 0,86 т/га (20,7%). Комбіноване використання Карате Зеон і Вермістиму забезпечило середню врожайність на рівні 5,49 т/га, тобто на 1,33 т/га (32,0%) більше, ніж на контролі.

Передпосівна обробка насіння препаратом Круїзер забезпечила врожайність на рівні 5,30 т/га, що на 1,14 т/га (27,5%) більше за контроль. Найбільший приріст урожайності зафіксовано у 2020 р. – 6,00 т/га, що на 1,74 т/га (40,9%) перевищило контроль. Обробка насіння Максим XL забезпечила схожий ефект, підвищила середній урожай до 5,14 т/га, тобто на 0,98 т/га (23,7%) більше, ніж у контролі.

Таблиця 6. Урожайність сорго залежно від передпосівної обробки насіння та використання інсектицидів за 2019–2021 рр.

№	Варіанти обробітку препаратами		Урожайність, т/га			
	передпосівний обробіток насіння	обробіток по вегетуючих рослинах	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє
1	—	без обробки (контроль)	3,64	4,26	4,57	4,16
2		Карате Зеон	3,86	5,51	7,03	5,13
3		Вермістим	4,18	5,21	6,68	5,02
4		Карате зеон + Вермістим	4,66	5,60	7,22	5,49
5	Круїзер	—	4,48	6,00	6,41	5,30
6	Максим XL	—	3,63	5,75	6,03	5,14
7	Вермістим	—	3,48	5,45	6,19	5,04
8	Максим XL + Вермістим	—	4,50	6,09	7,64	6,08
9	Круїзер + Максим XL + Вермістим	—	5,08	6,51	8,10	6,23
10		Карате Зеон	5,58	6,69	8,58	6,62
11		Вермістим	5,30	6,48	8,48	6,42
12		Карате Зеон + Вермістим	6,11	6,94	8,81	7,29
НІР _{0,5} т/га			0,38	0,31	0,33	—

Використання Вермістиму в передпосівній обробці насіння забезпечувало підвищення врожайності до 5,04 т/га, що перевищувало контроль на 0,88 т/га (21,2%). Водночас комбінація Максим XL + Вермістим виявилася значно ефективнішою, забезпечила середню врожайність 6,08 т/га, що на 1,92 т/га (46,3%) більше за контроль. Зокрема, у 2021 р. цей варіант забезпечував максимальний результат урожайності – 7,64 т/га, що перевищило контроль на 3,07 т/га (67,3%).

Максимальний показник урожайності було отримано за комбінованого застосування Круїзер + Максим XL + Вермістим – 6,23 т/га, що на 2,07 т/га (49,9%) більше за контроль. Особливо цей варіант показав найвищу ефективність у 2021 р., де врожайність досягала 8,10 т/га, що перевищувало контроль на 3,53 т/га (77,4%).

Обробка вегетуючих рослин сорго інсектицидом Карате Зеон без передпосівної обробки насіння забезпечила врожайність 6,62 т/га, що на 2,46 т/га (59,3%) більше за контроль. А використання тут Вермістиму сприяло підвищенню врожайності до 6,42 т/га, що перевищило контрольний варіант на 2,26 т/га (54,5%). Найвищі результати було досягнуто за комбінованого використання Карате Зеон + Вермістим, де середня врожайність становила 7,29 т/га, що на 3,13 т/га (75,4%) перевищувало контроль.

Проведені експериментальні дослідження показали високу ефективність передпосівної обробки насіння та застосування інсектицидів по вегетуючих рослинах сорго, що підтверджується достовірністю отриманих результатів величини НІР_{0,5} за роками (0,38 т/га у 2019 р., 0,31 т/га у 2020 р., 0,33 т/га у 2021 р.).

Висновки.

1. У ґрунтах Степу України перед сівбою сорго виявлено наявність трьох основних груп шкідників, як-от: ковалики (*Elateridae*), чорниші (*Carabidae*) та пластинчастовусі (*Scarabaeidae*). Їхня чисельність в окремі роки перевищує економічний поріг шкодочинності, що потребує вжиття захисних заходів.

2. Найвищу ефективність у зменшенні пошкодженості рослин у фазі сходів продемонструвала комбінація препаратів Круїзер + Максим XL + Вермістим, що понизило рівень пошкодження до 6,0% і загибелі проростків до 4,0%, за загальної ефективності суміші 63,4%.

3. Передпосівна обробка насіння істотно впливала на зменшення чисельності злакових попелиць у посівах сорго. Найвищий рівень заселеності спостерігався у фазі викидання волоті (до 100%), а застосування інсектициду Карате Зеон у поєднанні з Вермістимом знижувало чисельність шкідників до 0,8–1,2 особини/рослину.

4. Комбіноване застосування засобів захисту сорго забезпечувало найвищі показники врожайності. Найефективнішим виявився варіант із комплексним застосуванням Круїзер + Максим XL + Вермістим і подальшим обприскуванням Карате Зеон + Вермістим, де середня врожайність становила 8,80 т/га, що на 93% перевищувала контроль.

5. Інтегроване використання хімічних інсектицидів і біостимуляторів росту в системі захисту сорго є доцільним і високоефективним у степових умовах, оскільки дозволяє значно зменшити пестицидне навантаження на навколишнє середовище.

Беручи до уваги зміни кліматичних умов, постійну появу нових перспективних інсектицидних засобів захисту рослин, пристосованість, резистентність і толерантність шкідників до інсектицидів, постає потреба у продовженні досліджень у даному напрямі та подальшому виявленні найбільш ефективних і безпечних для навколишнього середовища препаратів, що забезпечуватимуть сталу та високу врожайність зерна сорго.

Список використаних джерел

1. Доля М.М. Фітосанітарний моніторинг : посібник для студентів. Агроном. Спеціальний вищий заклад аграрної освіти III–IV рівнів акредитації. Київ : Національний аграрний університет ННЦ ІАЕ, 2004. 294 с.
2. Дремлюк Г.К., Гамадій В.Л., Гамадій І.В. Основні елементи технології вирощування сорго. *Посібник українського хлібороба*. 2013. № 3. С. 274–277.
3. Танчик С.П., Мокрієнко В.А., Скалій І.М. Новітні елементи в технологіях вирощування сорго. *Хімія. Агрономія*. 2009. № 10. С. 48–53.
4. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А. Методика польового досліджу : навчальний посібник. Одеса: Олді+, 2024. 448 с.
5. Федорчук М.І., Коковіхін С.В., Каленська С.М. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування екологічно безпечних технологій вирощування та переробки сорго у степовій зоні України : монографія. Херсон. 2017. 208 с.
6. Crow W.D., Catchot A.L., Bao D. Efficacy of Selected Insecticides Against Sugarcane Aphid in Grain Sorghum. *Arthropod Management Tests*. 2021. № 46 (1). 155 с.
7. Lahiri S., Ni X., Buntin G.D., Punhuri S., Jacobson A., Reay-Jones F. P., Toews M.D. Combining host plant resistance and foliar insecticide application to manage *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in grain sorghum. *International Journal of Pest Management*. 2021. № 67 (1). С. 10–19.
8. Lytle A.J., Huseeth A.S. Impact of foliar insecticide sprays on *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) and natural enemy populations in grain sorghum. *Crop Protection*. 2021. Vol. 149. P. 105764.
9. Nboyine J.A., Opare-Obuobi K., Yahaya I., Badii B.K., Kusi F., Yahaya A., Adazebra G. Effects of insecticides and cultivars on panicle-feeding insect pest infestations and grain yield of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in northern Ghana. *Bulletin of the National Research Centre*. 2021. Vol. 45. P. 1–13.
10. Tkalic Y., Tsyliuryk O., Havryushenko O., Mytsyk O., Kozzechko V., Rudakov Y., Tkalic O., Honchar N. The weed chemical control in grain sorghum at the steppe zone of Ukraine. *Ecological Questions*. 2023. Vol. 34 (2). P. 1–11.
11. Uyi O., Toews M.D. Management of sorghum aphids in early and late – planted grain sorghum with an in – furrow insecticide application. *Crops & Soils*. 2024. Vol. 57 (5). P. 38–45.
12. Zander A., Lofton J., Harris C., Kezar S. Grain sorghum production: Influence of planting date, hybrid selection, and insecticide application. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 2021. Vol. 4 (2). P. e20162.

Matiukha V. L.

Doctor of Agricultural Sciences, Acting Head of the Laboratory of Plant Protection,
State Institution “Institute of Grain Crops of the NAAS of Ukraine”
Dnipro, Ukraine

E-mail: matuhavladimir116@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5657-3524

Tsyliuryk O. I.

Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Crop Production,
Dnipro State Agrarian and Economic University
Dnipro, Ukraine

E-mail: tsilurik_alexander@ukr.net

ORCID: 0000-0002-7479-8401

Semenov S. S.

Postgraduate Student, Junior Research Fellow at the Laboratory of Plant Protection,
State Institution “Institute of Grain Crops of the NAAS of Ukraine”
Dnipro, Ukraine

E-mail: semenmart@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8329-5438

EFFECTIVENESS OF THE SORGHUM PROTECTION SYSTEM AGAINST PESTS UNDER THE CONDITIONS OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

Abstract

The article presents the results of a study on the effectiveness of insecticidal protection of grain sorghum crops under the conditions of the northern Steppe of Ukraine. The relevance of the research is driven by increasing climate risks, particularly droughts, and the need to find reliable alternatives to traditional cereal crops. Sorghum is a promising crop due to its high drought resistance,

stable yield, and lower fertilizer requirements. At the same time, its cultivation is accompanied by the negative impact of a complex of pests, among which cereal aphids, wireworms, Swedish flies, cotton bollworms, and chafer beetles dominate.

The aim of the study was to determine the effectiveness of different sorghum protection schemes – seed pre-treatment and foliar treatment of growing plants – using chemical and biological agents (Cruiser, Maxim XL, Vermystim, Karate Zeon). The experiments were conducted at the “Dnipro” experimental farm of the Institute of Grain Crops of NAAS of Ukraine during 2018–2021, considering agroclimatic conditions characterized by unstable temperature and hydrological regimes.

The results showed that the combination of Cruiser + Maxim XL + Vermystim provided the lowest rates of seedling damage (6,0%) and seedling mortality (4,0%), as well as the highest yield – up to 8,80 t/ha under combined application with Karate Zeon. The use of insecticides effectively reduced aphid populations during critical crop development phases (down to 0,8–1,2 individuals per plant). The study confirms the high effectiveness of integrated sorghum protection combining insecticides and growth biostimulants as a factor in increasing yields and reducing pesticide pressure on the environment. The obtained data have practical value for agricultural production in risk-prone farming zones and justify the need for further research into effective and environmentally safe plant protection products.

Key words: grain sorghum, insecticides, seed treatment, growth regulators, pests, aphids, yield.

References

1. Dolia, M.M. (2004). *Fitosanitarnyi monitorynh: posibnyk dlia stud. ahronom. spets. vyshchykh zakl. ahrarnoi osvity III–IV rivniv akredytatsii [Phytosanitary monitoring: a manual for students of agronomic specialties of higher agricultural education of the III–IV levels of accreditation]*. Kyiv: Natsionalnyi ahrarnyi un-t: NNTs IAE. 294 [in Ukrainian].
2. Dremluk, H.K., Hamadii, V.L., & Hamadii, I.V. (2013). Osnovni elementy tekhnolohii vyroshchuvannia sorho [Basic elements of sorghum cultivation technology]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba*. 3, 274–277 [in Ukrainian].
3. Tanchyk, S.P., Mokriienko, V.A., & Skalii, I.M. (2009). Novitni elementy v tekhnolohiiakh vyroshchuvannia sorho [Latest elements in sorghum growing technologies]. *Khimiia. Ahronomiia*. 10, 48–53 [in Ukrainian].
4. Ushkarenko, V.O., & Vozhehova, R.A. (2024). *Metodyka polovoho doslidu: navchalnyi posibnyk [Field Experiment Methodology: A Study Guide]*, Odesa: Oldi+, 448 p. [in Ukrainian].
5. Fedorchuk, M.I., Kokovikhin, S.V., & Kalenska, S.M. (2017). *Naukovo-teoretychni zasady ta praktychni aspekty formuvannia ekolohobezpechnykh tekhnolohii vyroshchuvannia ta pererobky sorho v stepovii zoni Ukrainy [Scientific and theoretical foundations and practical aspects of the formation of environmentally friendly technologies for growing and processing sorghum in the steppe zone of Ukraine]: monohrafiia*. Kherson. 208 p. [in Ukrainian].
6. Crow, W.D., Catchot, A.L., & Bao, D. (2019). Efficacy of Selected Insecticides Against Sugarcane Aphid in Grain Sorghum, 2019. *Arthropod Management Tests*. 46 (1), 155 [in English].
7. Lahiri, S., Ni, X., Buntin, G.D., Punhuri, S., Jacobson, A., Reay-Jones, F P., & Toews, M.D. (2021). Combining host plant resistance and foliar insecticide application to manage *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in grain sorghum. *International Journal of Pest Management*. 67 (1), 10–19 [in English].
8. Lytle, A.J., & Huseeth, A.S. (2021). Impact of foliar insecticide sprays on *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) and natural enemy populations in grain sorghum. *Crop Protection*. 149. 105764 [in English].
9. Nboyine, J.A., Opare-Obuobi, K., Yahaya, I., Badii, B.K., Kusi, F., Yahaya, A., & Adazebr, G. (2021). Effects of insecticides and cultivars on panicle-feeding insect pest infestations and grain yield of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in northern Ghana. *Bulletin of the National Research Centre*. 45, 1–13 [in English].
10. Tkalič, Y., Tsyliuryk, O., Havryushenko, O., Mytsyk, O., Kozechko, V., Rudakov, Y., Tkalič, O., & Honchar, N. (2023). The weed chemical control in grain sorghum at the steppe zone of Ukraine. *Ecological Questions*. 34 (2), 1–11 [in English].
11. Uyi, O., & Toews, M.D. (2024). Management of Sorghum Aphids in Early and Late-Planted Grain Sorghum with an In-Furrow Insecticide Application. *Crops & Soils*. 57 (5), 38–45 [in English].
12. Zander, A., Lofton, J., Harris, C., & Kezar, S. (2021). Grain sorghum production: Influence of planting date, hybrid selection, and insecticide application. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. 4 (2), e20162 [in English].

Отримано: 17.04.2025

Рекомендовано: 22.05.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.8>
УДК 633.111.1:631.547

Михайлюк Д. В.

*аспірант кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет*

Біла Церква, Україна

E-mail: bioroslyna@ukr.net

ORCID: 0009-0000-1027-1670

Правдива Л. А.

*доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин,
Білоцерківський національний аграрний університет*

Біла Церква, Україна

E-mail: bioplant_@ukr.net

ORCID: 0000-0002-5510-3934

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ВИЖИВАНІСТЬ ТА ЗИМОСТІЙКІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

Оптимізація та вдосконалення елементів технології вирощування пшениці озимої для формування високої продуктивності і якості культури є важливим завданням аграрного виробництва в Україні. Мета досліджень полягає у вивченні впливу стимулятора росту рослин і мікоризуючого препарату за різних норм висіву насіння пшениці озимої на виживаність і зимостійкість рослин в умовах Правобережного Лісостепу України. Дослідження проводились упродовж 2022–2025 років в умовах Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету (БНАУ). У роботі використовували загальноприйняті методи й методики в галузі агрономічних досліджень, а також комп'ютерні програми для оброблення і узагальнення результатів досліджень.

Досліджено, що тривалість періоду осінньої вегетації у 2022 році становила 56 діб, випало 173 мм опадів, у 2024 році – 52 доби і 131 мм опадів. Мала кількість опадів (97 мм) і менший період осінньої вегетації (49 діб) спостерігаються у 2023 році. Проте це дозволило рослинам утворити восени 2–4 пагони й нагромадити у вузлах куцання до 33% цукру на суху речовину.

Визначено, що густина стояння рослин перед входом у зиму змінювалась залежно від норми висіву й обробки насіння мікоризуючим препаратом Мікофренд і стимулятором росту Агростимулін.

Найкращі умови щодо формування густоти рослин пшениці озимої в обох сортів склалися у варіантах за норм висіву 5,0 та 5,5 млн шт./га та застосування мікоризуючого препарату та стимулятора росту рослин, як за обробки насіння, так і за обприскування посівів.

Найвища зимостійкість рослин спостерігається як у сорту Лісова пісня, так і в сорту Зоря ланів за норми висіву 5,0 та 5,5 млн шт./га із застосуванням біопрепаратів Мікофренду й Агростимуліну, перебуває в межах від 83,9 до 94,7% в сорту Лісова пісня та від 84,0 до 94,4% в сорту Зоря ланів.

У подальших дослідженнях варто вивчити ефективність впливу норм висіву із застосуванням біопрепаратів на формування продуктивності та якості продукції пшениці озимої.

Ключові слова: сорт, норма висіву насіння, біопрепарати, густина стояння рослин.

Вступ. Пшениці озимій належить провідне місце за посівними площами в Україні серед інших зернових культур. Тому важливим питанням для сучасного аграрного виробництва є підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, а саме пшениці озимої. Варто проводити дослідження з оптимізації та удосконалення елементів сортової технології її вирощування з метою підвищення продуктивності пшениці озимої та ефективності виробництва зерна [4, с. 86; 5, с. 152–153]. Одними з основних елементів технології вирощування є сорти, норми висіву й обробка насіння біопрепаратами.

Відомо, що впродовж усього періоду вегетації велике значення має нормальний ріст і розвиток рослин пшениці озимої завдяки сприятливим чинникам, як-от температура, відносна вологість повітря, кількість опадів, інтенсивність і тривалість освітлення, інші. Водночас підкреслюють, що несприятливі чинники на початку росту рослин відображаються і в подальшому їхньому розвитку, як наслідок, негативно впливають на рівень урожайності культури [3, с. 144].

Створення умов оптимальної площі живлення насіння пшениці озимої є одним із важливих елементів технології вирощування. Такі умови визначено нормами висіву насіння та способами сівби. А також вибір раціональної норми висіву насіння пшениці озимої має ґрунтуватися на біологічних особливостях сортів останньої, ґрунтово-кліматичних умов вирощування, кількості ґрунтової вологи, освітленні, можливості застосування механізації [9, с. 30–31].

Досліджено, що не варто допускати надмірного загущення посівів, особливо високорослих сортів, бо це призводить до затінення в посівах та їх вилягання. Важливо встановити норму залежно від фракції насіння. Зі збільшенням маси 1 000 насінин норму варто зменшувати. За використання дрібного насіння варто висівати 6–7 млн/га, середнього – 5, крупного – 4 млн/га схожих насінин [10, с. 34].

За оптимальної норми висіву спостерігається рівномірне розміщення рослин на полі, у результаті чого створюються сприятливий фітоклімат, висока фотосинтетична активність, утворюється більша кількість коренів на рослині, це сприяє формуванню насіння з високими врожайними якостями. На північному заході Лісостепу України оптимальною нормою висіву пшениці озимої була 4,5 млн схожих насінин на гектар [8, с. 16].

Останнім часом у вирощуванні сільськогосподарських культур віддають перевагу використанню ефективних сортів на фоні високих доз добрив і стимуляторів росту рослин. Проте, як прогнозує більшість науковців, буде досягнута максимальна межа їхньої ефективності, тому аграрії здійснюють пошук нових рішень цієї проблеми [7, с. 5–6]. Одним із варіантів є використання можливостей земної екосистеми, а саме живих мікроорганізмів, органічних речовин і мінералів. Зазначимо, що мікроорганізми нашої планети мають значний потенціал для їх використання в сільському господарстві, безпосередньо в рослинництві [2, с. 80].

Корисними мікроорганізмами у ґрунті є мікоризні гриби, що вступають у симбіоз з корінням рослин і відіграють велику роль у підтримці родючості ґрунту. Значне розмаїття видів дає можливість підібрати препарати згідно з їхньою ефективністю та колонізаційною здатністю, що залежить від генотипу гриба, виду рослин і ґрунтово-кліматичних умов [6, с. 15].

Важливим призначенням мікоризи є забезпечення рослин вирощуваних культур від ураження патогенними грибами та бактеріями шляхом стимулювання глибоких змін в обміні речовин у рослин. За несприятливих ґрунтово-кліматичних умов вирощування культур мікориза діє як антистресант [11, с. 471].

Мета роботи – вивчення впливу стимулятора росту рослин і мікоризоутворюючого препарату за різних норм висіву насіння пшениці озимої на виживаність та зимостійкість рослин в умовах Правобережного Лісостепу України.

Дослідження проводились упродовж 2022–2025 рр. в умовах Навчально-виробничого центру Білоцерківського національного аграрного університету (далі – БНАУ).

Схема досліджу передбачала вивчення сортів Лісова пісня та Зоря ланів (фактор А), норми висіву насіння 4,5, 5,0, 5,5 та 6,0 млн нас./га (фактор В), застосування мікоризоутворюючого препарату Мікофренду (обробка насіння) і стимулятора росту Агrostимуліну (обробка насіння і посівів) (фактор С).

Площа посівної ділянки – 100 м², облікової – 90 м². Дослід закладався за методом систематичних повторювань: у кожному повторенні варіанти досліджу розміщувалися по ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – чотириразова. Передпосівну обробку насіння здійснювали методом вологої інокуляції. У дослідженнях використовували загальноприйняті методи й методики в галузі агрономічних досліджень, а також комп'ютерні програми для оброблення і узагальнення результатів досліджень.

Агрофізичні й агрохімічні властивості орного шару ґрунту (0–30 см) характеризуються такими показниками: гумусу – 3,5–4,2%, загального азоту – 0,31%; гідролітична кислотність – 1,80 мг-екв.; легкогідролізованого азоту (N) – 90–120 мг, P₂O₅ – 130–160 мг, K₂O – 120–130 мг/кг ґрунту. Ступінь насиченості основами – 90%.

У результаті проведеного аналізу погодних умов у роки досліджень за гідротермічним коефіцієнтом Селянінова (далі – ГТК) визначено, що в середньому за період вегетації (квітень – жовтень) 2022 р. становив 0,96, що характеризує умови вегетації як не досить вологі, у 2023 та 2024 рр. він становив 0,88 та 0,79 – умови слабкої та середньої посухи. Загалом погодно-кліматичні умови були типовими для зони Правобережного Лісостепу України і сприятливими для вирощування пшениці озимої, незважаючи на відхилення від середніх багаторічних показників.

Виклад основного матеріалу досліджень. Результати досліджень показали, що на сходи і початковий ріст рослин пшениці озимої впливали метеорологічні умови (табл. 1). Сума ефективних температур (> 5 °C) упродовж осінньої вегетації змінювались від 281,7 °C у 2022 р. до 349,5 °C у 2023 р. Спостерігається довга й тепла осінь, що впливає на формування вегетативної маси рослин пшениці озимої. У 2024 р. гідротермічні умови впливали на ріст і розвиток рослин пшениці озимої, зокрема, сума ефективних температур (> 5 °C) упродовж осінньої вегетації становила 344,9 °C. Відмічено помірно теплу й довгу осінь, що також вплинуло на ріст і розвиток рослин.

Тривалість періоду осінньої вегетації у 2022 р. становила 56 діб, випало 173 мм опадів, у 2024 р. – 52 доби і 131 мм опадів. Мала кількість опадів (97 мм) і менший період осінньої вегетації (49 діб) спостерігалися у 2023 р. Це дозволило рослинам утворити восени 2–4 пагони й нагромадити у вузлах кущення до 33% цукру на суху речовину.

Застосування біопрепаратів і стимуляторів росту на посівах пшениці озимої позитивно впливає на ріст і розвиток рослин, прискорює і стимулює розвиток кореневої системи, підвищує зимостійкість і посухостійкість,

стійкість до вилягання, хвороб і шкідників тощо. Проте погодні умови є важливим чинником, який впливає на показники росту й розвитку в осінньо-зимовий період, від якого залежать зимостійкість і виживаність рослин. Це важливий показник формування посівів у технології вирощування пшениці [1, с. 11–12].

Таблиця 1. Метеорологічні умови періоду осінньої вегетації пшениці озимої

Рік	Дата сівби	Сума ефективних температур, «сівба – припинення осінньої вегетації», °C	Сума опадів, «сівба – припинення осінньої вегетації», мм	Тривалість періоду осінньої вегетації, діб
2022 р.	21.09	281,7	173	56 (до 16 листопада)
2023 р.	20.09	349,5	97	49 (до 7 листопада)
2024 р.	19.09	344,9	131	52 (до 9 листопада)

Результати досліджень показали, що він залежав від чинників, що вивчалися в досліді. Густота стояння рослин перед входом у зиму змінювалась залежно від норми висіву й обробки насіння мікоризуютьоруючим препаратом Мікофрендом і стимулятором росту Агростимуліном (табл. 2). У середньому в досліді вона становить від 86,0 до 90,2% у сорту Лісова пісня та від 86,8 до 90,0% у сорту Зоря ланів.

Таблиця 2. Густота стояння рослин пшениці озимої перед входом у зиму залежно від досліджуваних факторів, шт./м²

Сорт	Норма висіву насіння, млн нас./га	Обробка насіння та посівів	Рік			Середнє
			2022/2023 рр.	2023/2024 рр.	2024/2025 рр.	
Лісова пісня (стандарт) / Зоря ланів	4,5	Контроль	388/393*	383/387	390/392	387/390
		Мікофренд (насіння)	444/447	432/434	440/442	438/441
		Агростимулін (насіння)	487/491	480/485	485/491	484/489
		Агростимулін (насіння + посіви)	531/535	523/529	529/536	528/533
	5,0	Контроль	393/396	388/389	394/398	392/395
		Мікофренд (насіння)	446/448	438/448	445/446	443/447
		Агростимулін (насіння)	490/493	486/489	492/492	489/491
		Агростимулін (насіння + посіви)	535/538	530/533	536/537	534/536
	5,5	Контроль	397/400	392/394	396/399	395/398
		Мікофренд (насіння)	452/455	443/447	449/453	448/451
		Агростимулін (насіння)	499/503	494/497	496/502	496/501
		Агростимулін (насіння + посіви)	535/548	539/542	541/548	538/546
	6,0	Контроль	396/400	391/392	395/397	392/396
		Мікофренд (насіння)	445/446	438/440	444/445	442/444
		Агростимулін (насіння)	494/495	486/490	486/495	489/493
		Агростимулін (насіння + посіви)	531/540	530/534	530/540	532/538
НІР _{0,05}			6,9	7,3	6,5	5,7

Примітка: * – сорт Лісова пісня / сорт Зоря ланів.

Виживаність рослин має значний вплив на густоту стояння рослин пшениці озимої перед збиранням, яка залежала від особливостей сортів, погодних умов і досліджуваних елементів технології вирощування.

У двох досліджуваних сортів вищий показник густоти рослин був у сорту Зоря ланів – 419 шт./м². Дещо нижчий у сорту Лісова пісня – 416 шт./м² (табл. 3).

Найкращі умови щодо формування густоти рослин пшениці озимої в обох сортів склалися у варіантах за норм висіву 5,0 та 5,5 млн шт./га та застосування мікоризуютьоруючого препарату та стимулятора росту рослин, як за обробки насіння, так і за обприскування посівів.

Зимостійкість пшениці озимої є важливим чинником для забезпечення стабільних урожаїв, досягається вона шляхом правильного вибору сортів, дотримання агротехнологій і врахування особливостей перезимівлі.

У досліді найвища зимостійкість рослин спостерігається як у сорту Лісова пісня, так і в сорту Зоря ланів за норми висіву 5,0 та 5,5 млн шт./га із застосуванням біопрепаратів Мікофренду й Агростимуліну, перебуває в межах від 83,9 до 94,7% у сорту Лісова пісня та від 84,0 до 94,4% у сорту Зоря ланів. На інших варіантах досліді цей показник був дещо нижчий (табл. 4).

Варто зазначити, що досліджувані сорти морозостійкі, характеризуються меншою глибиною спокою, здатні рости за зниженій температурі, мають досить високу опірність переохолодженню, тобто проти несприятливих зимових умов.

Таблиця 3. Густота стояння рослин пшениці озимої весною після зимівлі залежно від досліджуваних факторів, шт./м²

Сорт	Норма висіву насіння, млн нас./га	Обробка насіння та посівів	Рік			Середнє
			2022/2023 рр.	2023/2024 рр.	2024/2025 рр.	
Лісова пісня (стандарт) / Зоря ланів	4,5	Контроль	310/315*	303/305	316/318	310/313
		Мікофренд (насіння)	412/418	387/384	401/404	400/402
		Агростимулін (насіння)	440/441	429/430	435/438	435/436
		Агростимулін (насіння + посіви)	507/511	480/482	488/491	492/495
	5,0	Контроль	337/340	325/331	324/327	329/333
		Мікофренд (насіння)	416/418	388/389	412/416	405/408
		Агростимулін (насіння)	456/459	412/414	449/452	439/442
		Агростимулін (насіння + посіви)	512/515	496/497	504/506	504/506
	5,5	Контроль	340/343	329/327	329/332	333/334
		Мікофренд (насіння)	423/426	401/402	408/408	411/412
		Агростимулін (насіння)	460/464	443/445	458/460	454/456
		Агростимулін (насіння + посіви)	517/531	502/504	510/511	510/515
	6,0	Контроль	313/322	308/309	315/317	312/316
		Мікофренд (насіння)	409/410	397/399	414/416	407/408
		Агростимулін (насіння)	448/440	431/435	436/437	438/437
		Агростимулін (насіння + посіви)	508/480	495/490	498/500	500/490
НІР _{0,05}			7,5	6,7	8,4	5,2

Примітка: * – сорт Лісова пісня / сорт Зоря ланів.

Таблиця 4. Зимостійкість пшениці озимої залежно від досліджуваних факторів, %

Сорт	Норма висіву насіння, млн нас./га	Обробка насіння та посівів	Рік			Середнє
			2022/2023 рр.	2023/2024 рр.	2024/2025 рр.	
Лісова пісня (стандарт) / Зоря ланів	4,5	Контроль	79,9/80,2*	79,1/78,9	81,0/81,1	80,0/80,1
		Мікофренд (насіння)	92,9/93,5	89,7/88,6	91,2/91,4	91,3/91,2
		Агростимулін (насіння)	90,4/89,9	89,4/88,7	89,7/89,2	89,8/89,3
		Агростимулін (насіння + посіви)	95,5/95,5	91,7/91,2	92,2/91,6	93,1/92,8
	5,0	Контроль	85,7/85,8	83,8/85,1	82,3/82,1	83,9/84,3
		Мікофренд (насіння)	93,3/93,3	88,7/86,9	92,7/93,4	91,5/91,2
		Агростимулін (насіння)	93,1/93,1	84,7/84,7	91,3/91,8	90,7/90,9
		Агростимулін (насіння + посіви)	95,8/95,8	93,5/93,2	94,0/94,2	94,4/94,4
	5,5	Контроль	85,6/85,7	83,9/83,0	83,0/83,3	84,2/84,0
		Мікофренд (насіння)	93,6/93,6	90,6/90,0	90,9/90,2	91,7/91,3
		Агростимулін (насіння)	92,2/92,3	89,7/89,5	92,3/91,6	91,4/91,1
		Агростимулін (насіння + посіви)	96,7/96,8	93,2/92,9	94,2/93,3	94,7/94,3
	6,0	Контроль	80,1/80,5	78,9/78,7	79,7/79,9	79,5/79,7
		Мікофренд (насіння)	91,9/91,9	90,6/90,8	93,3/93,5	92,0/92,1
		Агростимулін (насіння)	90,7/88,9	88,6/88,9	89,8/88,3	89,7/88,7
		Агростимулін (насіння + посіви)	95,0/88,9	93,3/91,8	94,0/92,6	94,1/91,1
НІР _{0,05}			1,5	1,8	1,6	0,87

Примітка: * – сорт Лісова пісня / сорт Зоря ланів.

Висновки. За результатами досліджень установлено, що оброблення насіння пшениці озимої та обприскування посівів біопрепаратами за оптимальної норми висіву дозволяє формувати оптимальну кількість продуктивних стебел.

Досліджено, що тривалість осіннього періоду вегетації становила від 49 до 56 діб залежно від умов року.

Найвища зимостійкість рослин спостерігається як у сорту Лісова пісня, так і в сорту Зоря ланів за норми висіву 5,0 та 5,5 млн шт./га із застосуванням біопрепаратів Мікофренду й Агростимуліну, перебуває в межах від 83,9 до 94,7% у сорту Лісова пісня, від 84,0 до 94,4% у сорту Зоря ланів.

У подальших дослідженнях варто вивчити ефективність впливу норм висіву із застосуванням біопрепаратів на формування продуктивності та якості продукції пшениці озимої.

Список використаних джерел

1. Базалій В.В., Домарацький Є.О., Пічур В.І. Аналіз формування врожайності сортів пшениці м'якої озимої залежно від біопрепаратів і кліматичних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 82. С. 11–17.
2. Грабовська Т.О., Мельник Г.Г. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої за органічного виробництва. *Агробіологія*. 2017. № 1. С. 80–85.
3. Демидов О.А. Технологія вирощування насіння пшениці озимої : методичні рекомендації. Центральне : Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла, 2023. 36 с.
4. Єрашова М.В. Формування елементів структури врожайності різних сортів пшениці озимої залежно від умов вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 86–92. DOI: 10.31210/visnyk2021.02.11.
5. Жупина А.Ю. Успадкування маси зерна з колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 152–160. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.14.22.
6. Копилов Є.П. Ґрунтові гриби як біотичний чинник впливу на рослини. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2012. № 15–16. С. 7–28.
7. Остапчук М.О., Поліщук І.С. Мазур О.В., Максимов А.М. Використання біопрепаратів – перспективний напрям удосконалення агротехнологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 2. С. 5–17.
8. Прядко Ю.М. Особливості росту та розвитку рослин пшениці озимої в осінній період вегетації залежно від попередників і строків сівби. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2014. № 7. С. 143–147.
9. Рожков А.О., Труш О.К. Польова схожість насіння та збереженість рослин квасолі залежно від норм висіву насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 30–36. DOI: 10.31210/visnyk 2018.04.04.
10. Zapisotska M., Voloshchuk O., Voloshchuk I., Hlyva V. Weather factors and their influence on the adaptive properties of winter wheat varieties in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2021. № 24 (6). P. 34–40. DOI: 10.48077/scihor.24(6).2021.34-40.
11. Fathy Seleiman Mahmoud, Hardan Ali Nasib. Importance of mycorrhizae in crop productivity. *Mitigating environmental stresses for agricultural sustainability in Egypt*. 2021. P. 471–484. DOI: 10.1007/978-3-030-64323-2_17.

Mykhailiuk D. V.

Postgraduate Student at the Department of Plant Growing and Plant Protection Technologies,
Bila Tserkva National Agrarian University
Bila Tserkva, Ukraine
E-mail: bioroslyna@ukr.net
ORCID: 0009-0000-1027-1670

Pravdyva L. A.

Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Growing and Plant Protection Technologies,
Bila Tserkva National Agrarian University
Bila Tserkva, Ukraine
E-mail: bioplant_@ukr.net
ORCID: 0000-0002-5510-3934

INFLUENCE OF ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE SURVIVAL AND WINTER HARDNESS OF WINTER WHEAT IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEP OF UKRAINE

Abstract

Optimization and improvement of elements of winter wheat cultivation technology to form high productivity and quality of the crop is an important task of agricultural production in Ukraine. The purpose of the research is to study the influence of a plant growth stimulator and a mycorrhizal preparation at different rates of sowing winter wheat seeds on the survival and winter hardness of plants in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The research was conducted during 2022–2025 in the conditions of the Educational and Production Center of the Bila Tserkva National Agrarian University (BNAU). The research used generally accepted methods and techniques in the field of agronomic research, as well as computer programs for processing and summarizing research results.

It was studied that the duration of the autumn vegetation period in 2022 was 56 days, with 173 mm of precipitation, in 2024 – 52 days and 131 mm of precipitation. A small amount of precipitation (97 mm) and a shorter autumn vegetation period (49 days) are observed in 2023. However, this allowed the plants to form 2–4 shoots in the fall and accumulate up to 33% sugar per dry matter in the tillering nodes.

It was determined that the density of the plant stand before entering winter changed depending on the sowing rate and seed treatment with the mycorrhizal preparation Mycofriend and the growth stimulator Agrostimulin.

The best conditions for the formation of winter wheat plant density in both varieties were in the variants with seeding rates of 5,0 and 5,5 million pcs./ha and the use of a mycorrhizal preparation and a plant growth stimulator, both for seed treatment and for spraying crops.

The highest winter hardiness of plants is observed in both the Lisova Pisia variety and the Zorya Laniv variety at seeding rates of 5,0 and 5,5 million pcs./ha with the use of biological preparations Mikofrendu and Agrostimulin, and is in the range from 83,9 to 94,7% in the Lisova Pisia variety and from 84,0 to 94,4% in the Zorya Laniv variety.

In further studies, it is worth studying the effectiveness of the influence of seeding rates with the use of biological preparations on the formation of productivity and quality of winter wheat products.

Key words: variety, seed sowing rate, biological products, plant density.

References

1. Bazalii, V.V., Domaratskyi, Ye.O., & Pichura, V.I. (2012). Analiz formuvannya vrozhaivosti sortiv pshenytsi miakoi ozymoi zalezno vid biopreparativ i klimatychnykh umov [Analysis of the formation of yields of soft winter wheat varieties depending on biological products and climatic conditions]. *Tavriiskyi naukovi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, 82, 11–17 [in Ukrainian].
2. Hrabovska, T.O., & Melnyk, H.H. (2017). Vplyv biopreparativ na produktyvnist pshenytsi ozymoi za orhanichnoho vyrobnytstva [The effect of biological products on the productivity of winter wheat in organic production]. *Ahrobiolohiia – Agrobiology*, 1, 80–85 [in Ukrainian].
3. Demydov, O.A. (2023). Tekhnolohiia vyroshchuvannya nasinnia pshenytsi ozymoi: metodychni rekomendatsii [Technology of growing winter wheat seeds: methodological recommendations]. Tsentralne: Myronivskiy instytut pshenytsi im. V.M. Remesla, 36 [in Ukrainian].
4. Yerashova, M.V. (2021). Formuvannya elementiv struktury vrozhaivosti riznykh sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid umov vyroshchuvannya [Formation of elements of the yield structure of different varieties of winter wheat depending on growing conditions]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 86–92. DOI: 10.31210/visnyk2021.02.11 [in Ukrainian].
5. Zhupyna, A.Yu. (2022). Uspadkuvannya masy zerna z kolosa hibrydamy pshenytsi ozymoi riznoho ekoloho-henetychnoho pokhodzhennia v umovakh zroshennia [Inheritance of grain mass per ear by winter wheat hybrids of different ecological and genetic origin under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 14, 152–160. DOI: 10.32848/ahrar.innov.2022.14.22 [in Ukrainian].
6. Kopylov, Ye.P. (2012). Gruntovi hryby yak biotychnyi chynnyk vplyvu na roslyny [Soil fungi as a biotic factor influencing plants]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia – Agricultural microbiology*, 15–16, 7–28 [in Ukrainian].
7. Ostapchuk, M.O., Polishchuk, I.S. Mazur, O.V., & Maksimov, A.M. (2015). Vykorystannia biopreparativ – perspektyvnyi napriamok vdoshkonalennia ahrotekhnolohii [The use of biological products is a promising direction for improving agricultural technologies]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 2, 5–17 [in Ukrainian].
8. Priadko, Yu.M. (2014). Osoblyvosti rostu ta rozvytku roslyn pshenytsi ozymoi v osinnii period vehetatsii zalezno vid poperednykiv i strokiv sivby [Peculiarities of growth and development of winter wheat plants in the autumn vegetation period depending on predecessors and sowing dates]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva Stepovoi zony – Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone*, 7, 143–147 [in Ukrainian].
9. Rozhkov, A.O., & Trush, O.K. (2018). Polova skhozhist nasinnia ta zberezhenist roslyn kvasoli zalezno vid norm vysivu nasinnia [Field seed germination and survival of bean plants depending on seed sowing rates]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 30–36. DOI: 10.31210/visnyk 2018.04.04 [in Ukrainian].
10. Zapisotska, M., Voloshchuk, O., Voloshchuk, I., & Hlyva, V. (2021). Weather factors and their influence on the adaptive properties of winter wheat varieties in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 24 (6), 34–40. DOI: 10.48077/scihor.24(6).2021.34-40.
11. Fathy, Seleiman Mahmoud, & Hardan, Ali Nasib (2021). Importance of mycorrhizae in crop productivity. *Mitigating environmental stresses for agricultural sustainability in Egypt*. 471–484. DOI: 10.1007/978-3-030-64323-2_17.

Отримано: 30.06.2025

Рекомендовано: 07.08.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.9>
УДК 635.656:631.526.3:581.13/.14

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

Степанченко В. М.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: StepanchenkoV@i.ua
ORCID: 0000-0002-8619-9748

СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ СУХОЇ РЕЧОВИНИ В РОСЛИНАХ ГОРОХУ ОВОЧЕВОГО

Анотація

У статті представлено результати досліджень із вивчення біологічних особливостей сортів гороху овочевого залежно від строків сівби в умовах кліматичних змін Правобережного Лісостепу України. Актуальність роботи зумовлена необхідністю покращення агротехнологій вирощування гороху овочевого як культури, що є джерелом високоякісного рослинного білка, а також має здатність до біологічної фіксації азоту, що сприяє підвищенню родючості ґрунтів без надмірного використання синтетичних добрив.

Метою дослідження було встановлення впливу сортових особливостей та строків сівби на динаміку розвитку листового апарату, фотосинтетичну активність і наростання сухої речовини рослин. Польові досліді проводилися у 2019–2022 роках на землях НДЦ «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». У дослідженні було задіяно сім сортів гороху овочевого (Луцильний – контроль, Амалфі, Вівадо, Вінко, Глоріверт, Сіенна, Шервуд) та два строки сівби.

Результати свідчать, що найбільші значення чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) спостерігалися у фазі бутонізації – цвітіння, де в сорту Селена вона досягала 11,3 г/м² за добу. За весь період вегетації максимальна середня чиста продуктивність фотосинтезу – 7,4 г/м² за добу – відзначена в сорту Глоріверт, що на 1,7 г/м² вище за контроль. Найнижчі показники фіксували в сорту Амалфі. Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу залежала як від сорту, так і від фаз росту й розвитку. Накопичення сухої речовини досягало максимуму в період формування бобів, з найвищими показниками в сортів Шервуд (3,79 т/га), Сіенна та Глоріверт.

У дослідженнях встановлено важливість адаптації технологій вирощування до сортових особливостей культури та погодних умов конкретного року. Результати можуть бути використані для вдосконалення сортової технології під час планування строків сівби та формування конвеєрного постачання сировини на переробні підприємства.

Ключові слова: горох овочевий, суха речовина, фотосинтетичний потенціал, асиміляційна поверхня, міжфазний період.

Вступ. На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва великого значення набувають питання покращення родючості ґрунтів з накопиченням елементів живлення в них біологічного походження. Передусім це азотомісні сполуки, а також гумус, який є одним із головних показників родючості вирощування екологічно безпечної продукції рослинництва з мінімальним застосуванням синтетичних препаратів. Окрім того, горох відзначається високими поживними, дієтичними та смаковими якостями, що є дуже важливим. Останнім часом на півдні України родючість ґрунтів має тенденцію до погіршення, тому на дану проблему варто звернути увагу. Через значне скорочення поголів'я худоби у громадському секторі з'явився дефіцит азоту біологічного походження у ґрунтах України. Тому досить актуальними є спроби збільшення кількості, інтенсифікації та продуктивності азотфіксації бульбачкових бактерій, що симбіотують з бобовими культурами.

Значно підвищити продуктивність гороху овочевого та рівень його азотфіксації можна застосуванням мікроелементів, а саме бору та молібдену, у поєднанні з мікробіологічними добривами. Даний шлях підвищення продуктивності завдяки малим дозам чинників на призводить до забруднення ґрунтів. Однією із причин, що уповільнює подальше розширення посівів площ під овочевий та інші різновиди гороху, є порівняно низький

коефіцієнт розмноження (як 1 до 10), тому необхідно шукати шляхи його збільшення за допомогою вдосконалення прийомів агротехнологій вирощування даної культури [1, с. 3–4].

У технологіях вирощування гороху овочевого сорт посідає центральне місце серед інших технологічних елементів. Основним методом інтенсифікації виробництва є адаптація технологій вирощування гороху овочевого для конкретного сорту. Україна має оптимальні ґрунтово-кліматичні умови для вирощування і зернового, і овочевого, і цукрового гороху. Найбільш сприятливими (з балом понад 90%) є: Чернівецька область; південні райони Тернопільської, Хмельницької і Вінницької областей; північні райони Черкаської і південні Київської областей; Полтавська область; частково захід Харківської області. Своїми дослідженнями вчені підтверджують, що для рослин дуже важливим є забезпечення їх мікроелементами й біологічно активними речовинами, що надходять до них разом із мікродобривами та регуляторами росту рослин, які нині є невід’ємною частиною сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, особливо в разі впровадження нових високопродуктивних сортів гороху овочевого, що потребують збалансованого рівня живлення [2, с. 24–31].

Головна проблема людства натеper – забезпечення населення головним структурним елементом клітин організму – білком. Джерелами білків, окрім продуктів тваринного походження, є рослинний білок. Найбільшим джерелом білка є бобові культури, до яких належить горох овочевий. В останнє десятиріччя люди все більше уваги приділяють правильному харчуванню, саме тому постійно зростає попит на плоди гороху овочевого, які споживають у свіжому, переробленому, а також замороженому вигляді. Бобові культури цінні також у продовольстві, на корм, мають агроекологічне значення. Однак їх площа дуже мала. Загалом, в Україні посівні площі зернобобових культур у 2019 р. становили 566,0 тис. га, тобто приблизно 2% від структури посіву площі, що є дуже низьким показником. Від загальної площі зернобобових культур в Україні понад 84% належить гороху й сої, які вважаються основними бобовими рослинами, що вирощуються в Україні. Водночас, за умов змін клімату, потенціал бобових культур не цілком використовується, що потребує вдосконалення технології вирощування під наявні погодні умови [10, с. 54–55].

Під час реформування агропромислового комплексу України та скорочення виробництва продукції тваринництва високобілкова продукція рослинництва набуло великого значення. У зв’язку із цим останніми роками різко зріс попит на насіння бобових [9, с. 420]. З огляду на цінність гороху овочевого як бобової культури є потреба у вивченні сортименту, зокрема в підборі сортів, які б забезпечували високі показники врожаю за сучасних умов.

У технологіях вирощування всіх сільськогосподарських культур, гороху овочевого також, головне місце серед усіх технологічних прийомів посідає сорт [3, с. 43].

В Україні продукції з гороху овочевого виробляється замало, що не задовольняє потреби населення та рекомендовані норми споживання (3,3 кг зеленого горошку й інших бобових на рік). Причиною цього є відсутність у виробництві набору сортів різних термінів достигання, які б забезпечили безперебійне, конвеєрне надходження зеленого горошку на консервні комбінати. У конвеєрному надходженні зеленого горошку особливо дефіцитні ультраскоростиглі, середньопізні та пізньостиглі сорти, що унеможлиблює створення повноцінного конвеєра постачання сировини на підприємства. Окрім того, населення, потреби якого постійно зростають, потребує сортів для споживання у свіжому вигляді, для заморожування та сушіння, що розширює споживання зеленого горошку в несезонний період [8, с. 12].

Мета роботи. Метою нашого дослідження було з’ясування біологічних особливостей сортів овочевого гороху залежно від строків сівби в умовах кліматичних змін. Ми прагнули визначити, як погодні умови та сортові відмінності впливають на розвиток листового апарату, динаміку його змін, а також на фотосинтетичний потенціал рослин овочевого гороху в умовах Правобережного Лісостепу України.

Дослідження проводили впродовж 2019–2022 рр. на НДЦ «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». Ґрунт характеризується такими агрохімічними показниками, як: вміст гумусу в шарі 0–20 см 4,2%, азоту, що гідролізується, – 7,85 мг (за Тюрніним і Коновою), рухомого фосфору – 15,3 мг (за Чиріковим), обмінного калію – 21,3 мг на 100 г ґрунту (за Масловою).

Схема досліду: фактор А – Луцильний (контроль), Амалфі, Вивадо, Вінко, Глоріверт, Сіенна, Шервуд; фактор Б – строк сівби, 4–7 квітня, залежав від погодних умов року.

Повторність польового досліду – триразова. Розміщення варіантів і повторень – систематичне. Посівна площа ділянки – 36 м², облікова – 26 м². Попередником гороху овочевого в досліді була кукурудза на зерно.

Для вирішення поставлених завдань потрібно було провести низку спостережень, обліків і аналізів. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком гороху проводили в основні фази росту й розвитку культури згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [5, с. 50]. Аналіз структури врожаю проводили за пробними снопами із двох несуміжних повторень. Облік урожайності проводився з кожної ділянки методом суцільного обмолоту комбайном SAMPO-500. Математичний аналіз результатів польових і лабораторних дослідів виконували за допомогою дисперсійного методу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для кожної сільськогосподарської культури, кожного сорту існують оптимальні межі величини показників площі листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу (далі – ФП). Збільшення величин цих показників у межах оптимуму приводить до збільшення чистої продуктивності

фотосинтезу (далі – ЧПФ). Існує верхня і нижня екстремальна межа площі листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу, порушення яких зумовлює зменшення ЧПФ.

У результаті проведеного аналізу середніх значень чотирирічних результатів досліджень варто зазначити, що максимальні показники ЧПФ в гороху овочевого (8,6–11,3 г/м² за добу) спостерігались у фазу бутонізації – цвітіння (табл. 1).

Загалом за міжфазний період сходів – технічної стиглості максимальне значення ЧПФ (7,4 г/м² за добу) відмічено в сорту Глоріверт. Цей показник був більший на 1,7 г/м² за добу порівняно з контролем. А найменше значення ЧПФ було в сорту Амалфі, де показник становив 5,3 г/м² за добу, що на 0,4 г/м² за добу менше за контроль.

У характеристиці чистої продуктивності фотосинтезу всіх сортів гороху овочевого варто зазначити динаміку зростання показників ЧПФ від періоду сходів до періоду технічної стиглості в усіх сортах.

Таблиця 1. Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² за добу (середнє за 2019–2022 рр.)

Сорти	Міжфазні періоди			
	сходи – 3-й листок	3-й листок – бутонізація	бутонізація – технічна стиглість	сходи – технічна стиглість
Луцильний (к)*	2,5	4,0	8,7	5,7
Амалфі	2,8	4,4	9,9	5,3
Вівадо	3,2	4,1	8,6	5,8
Вінко	3,3	5,7	10,6	7,2
Глоріверт	3,4	5,8	11,3	7,4
Сіенна	3,0	4,7	8,7	6,0
Шервуд	3,2	4,7	9,2	6,0

Примітка: (к)* – контроль.

Отже, у процесі дослідження динаміка ЧПФ було встановлено, що ЧПФ залежить від сортових особливостей, фази росту й розвитку рослин гороху овочевого.

Сорт Глоріверт має найбільш тривалі міжфазні періоди, тобто найпізніше досягає технічної стиглості – потенційно пізньостиглий, Луцильний(к) – найбільш ранній серед усіх (мінімальні значення в більшості фаз). Вінко та Глоріверт – близькі за тривалістю фаз, що вказує на подібну фенологічну поведінку. Варіація у фазі бутонізації – технічної стиглості найбільша (від 8,6 до 11,3), тобто це ключова фаза, що найбільше вирізняє сорти.

Відмінність між фазовими тривалостями не завжди відповідає загальній тривалості періоду сходів – технічної стиглості, що може вказувати на інтенсивність розвитку в окремих фазах.

Фотосинтез та інтенсивність процесів росту зернобобових культур, гороху овочевого також, супроводжуються накопиченням сухої речовини (вегетативної і генеративної маси) у рослинах упродовж онтогенезу. Проте інтенсивність накопичення сухої речовини горохом тісно пов'язана з погодними умовами вегетативного періоду. У всіх зернобобових, у гороху овочевого також, у накопиченні сухої речовини спостерігається закономірність [4, с. 139].

Відмічено, що від сівби й майже до 3-го листка проростки гороху овочевого ростуть завдяки поживним речовинам сім'ядоль, тому процес збільшення сухої речовини після сходів проходить дуже повільно. З настанням періоду 3-го листка – галушення стебла закінчується наростання кореневої системи, пластичні речовини фотосинтезу витрачаються на вегетативний ріст, тобто формування стебла й листків гороху овочевого. З настанням періоду цвітіння – утворення бобів вегетативний ріст стебла й листків значно знижується, кількість сухої речовини істотно збільшується завдяки формуванню продуктивних органів гороху овочевого – бобів [6, с. 35].

Протягом вегетаційного періоду динаміка накопичення сухої речовини рослинами гороху овочевого визначається його біологічними особливостями. За ранніх строків сівби наростання біомаси відбувається поступово, а за пізніх інтенсивно на початку й повільно в кінці вегетації. Сповільнення ростових процесів у перші періоди росту й розвитку позитивно впливає на накопичення сухої речовини в репродуктивний період [7, с. 82].

Отримані результати експериментальних досліджень підтверджують, що в початковий період вегетації приріст сухої речовини сортів гороху овочевого дещо змінювався. У процесі росту рослин і збільшення листової поверхні він поступово зростав, досягав максимуму в період масового утворення бобів у всіх сортів (рис. 1).

Максимальні значення накопичення сухої речовини рослинами – 3,79; 3,34; 3,18; 3,09 т/га – спостерігались відповідно в сортів Шервуд, Сіенна, Глоріверт і Вінко.

У контрольного сорту Луцильний – 3,15 т/га. Зменшення кількості сухої речовини на одиницю площі порівняно з контролем відмічено в сортів Амалфі та Вівадо.

Найбільший показник сухої речовини був у 2020 р., коли забезпеченість вологою в перший період вегетації наближалася до рівня середньобагаторічної норми. У 2019 і 2022 рр., за браку вологи в перший період росту й надлишку у другій половині вегетації, показник сухої речовини був нижчий на 5–15%.

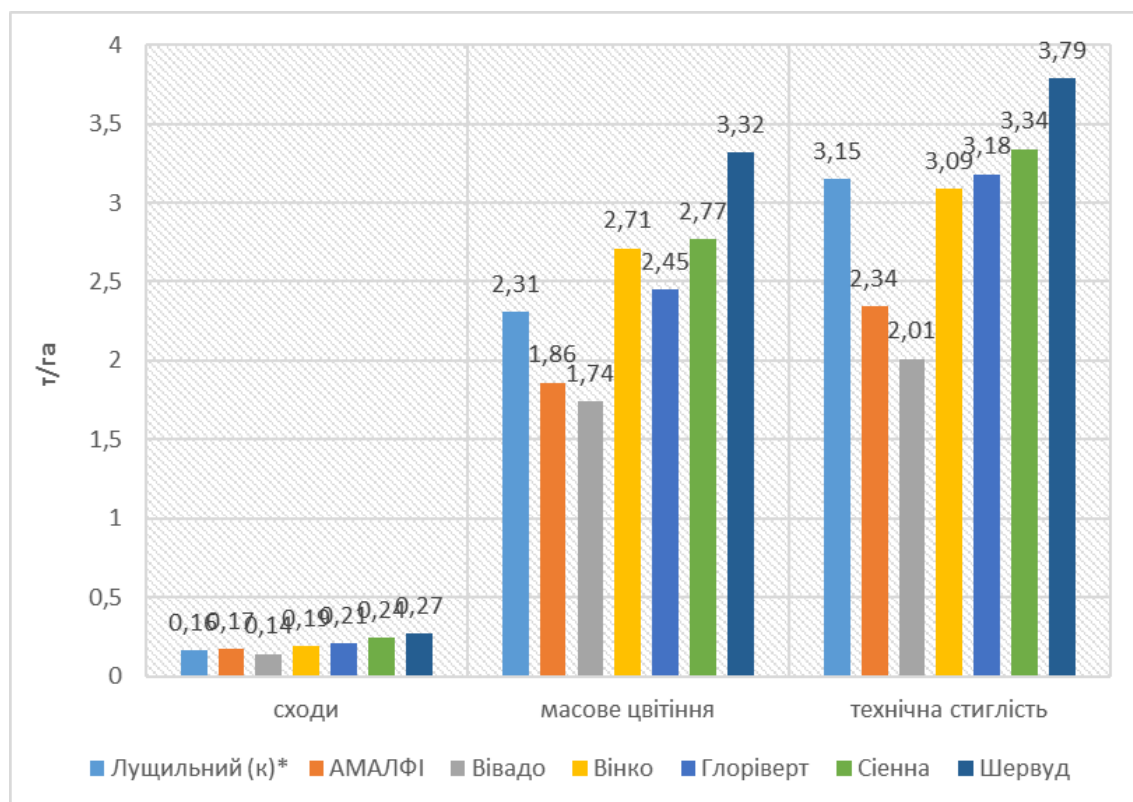


Рис. 1. Динаміка наростання сухої речовини в рослин у сортів гороху овочевого, т/га (середнє за 2019–2022 рр.)

Примітка: * (к) – контроль.

Висновки. Отже, у результаті проведених спостережень за ростом і розвитком рослин гороху овочевого можна дійти висновку, що інтенсивне накопичення сухої речовини в рослин гороху овочевого відбувається в період від цвітіння до початку формування бобів, а в подальші фази розвитку приріст сухої речовини сповільнюється, показники знижуються.

Отже, як свідчать отримані результати досліджень, динаміка накопичення сухої речовини рослинами гороху овочевого протягом вегетаційного періоду визначається сортовими особливостями та фазами росту й розвитку. Негативно впливають на процес накопичення сухої речовини рослинами гороху овочевого як нестача, так і надлишок вологи у ґрунті.

Список використаних джерел

- Алмашова В.С., Євтушенко О.Т., Онищенко С.О. Агроекологічне обґрунтування вирощування гороху овочевого із застосуванням біологічного препарату Ризоторфіну. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 1. С. 3–6.
- Бахмат М.І., Небаба К.С. Структурні елементи врожаю гороху посівного залежно від удобрення та регуляторів росту в умовах Лісостепу Західного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. Вип. 294. С. 24–31.
- Дідур І.М., Мостовенко В.В. Фотосинтетична активність гороху овочевого залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. Вип. 4. С. 42–50.
- 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. Вип. 40. С. 139–142.
- Методика державного сортопробування сільськогосподарських структур. Вип. 1 : Загальна частина / ред. : В.В. Волкодав. Київ, 2000. 100 с.
- Мулярчук О.І., Степанченко В.М., Козіна Т.В. Сортові особливості формування листової поверхні і фотосинтетичного потенціалу рослин гороху овочевого. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 4 (45). С. 33–38. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.4>.
- Небаба К.С. Горох посівний: агротехнічний комплекс вирощування : монографія. 2022. 232 с. URL: <https://surl.li/ceiqrlr>.
- Стригун В.М. Створення сортів гороху овочевого в Україні : автореф. дис. ... докт. с.-г. наук : 06.01.05. Київ, 2016. 44 с.
- Didur I., Chynychuk O., Pantsyreva H., Olifirovych S., Olifirovych V., Tkachuk O. Effect of fertilizers for Phaseolus vulgaris L. productivity in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11. № 1. P. 419–424. DOI: 10.15421/2021_61.
- Mazur V., Didur I., Tkachuk O., Pantsyreva H., Ovcharuk V. Agroecological stability of cultivars of sparsely distributed legumes in the context of climate change. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 1 (24). P. 54–60. DOI: 10.48077/scihor.24(1).2021.54-60.

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*

Stepanchenko V. M.

*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: StepanchenkoV@i.ua
ORCID: 0000-0002-8619-9748*

VARIETAL CHARACTERISTICS OF DRY MATTER ACCUMULATION IN PLANTS OF VEGETABLE PEAS

Abstract

The article presents the results of research on the study of biological characteristics of vegetable pea varieties depending on the sowing dates in the conditions of climatic changes in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the work is due to the need to improve agrotechnologies for growing vegetable pea as a crop, which is a source of high-quality plant protein, and also has the ability to biologically fix nitrogen, which contributes to increasing soil fertility without excessive use of synthetic fertilizers.

The aim of the study was to establish the influence of varietal characteristics and sowing dates on the dynamics of leaf development, photosynthetic activity and growth of plant dry matter. Field experiments were conducted in 2019–2022 on the lands of the Podillia Research and Development Center of Podilsky State University. The study involved seven vegetable pea varieties (Lushchylny – control, Amalfi, Vivado, Vinko, Glorivert, Sienna, Sherwood) and two sowing dates.

The results show that the highest values of net photosynthesis productivity (NPP) were observed in the budding-flowering phase, where in the Selena variety it reached 11,3 g/m² per day. Over the entire vegetation period, the maximum average NPP – 7,4 g/m² per day – was noted in the Glorivert variety, which is 1,7 g/m² higher than the control. The lowest values were recorded in the Amalfi variety. NPP dynamics depended on both the variety and the growth and development phases. Dry matter accumulation reached a maximum during the period of bean formation, with the highest values in the Sherwood (3,79 t/ha), Sienna and Glorivert varieties.

The studies established the importance of adapting growing technologies to the varietal characteristics of the crop and weather conditions of a particular year. The results can be used to improve varietal technology when planning sowing dates and forming a conveyor supply of raw materials to processing plants.

Key words: vegetable pea, dry matter, photosynthetic potential, assimilation surface, interphase period.

References

1. Almashova, V.S., Yevtushenko, O.T., & Onyshchenko, S.O. (2020). Ahroekologichne obgruntuvannia vyroshchuvannia horokhu ovochevoho iz zastosuvanniam biolohichnoho preparatu Ryzotorfin [Agroecological justification for growing vegetable peas using the biological preparation Rizotorphin]. *Visnyk of Uman National University of Horticulture*, (1), 3–6 [in Ukrainian].
2. Bakhmat, M.I., & Nebaba, K.S. (2018). Strukturni elementy vrozhaui horokhu posivnoho zalezno vid udobrennia ta rehulatoriv rostu v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Structural elements of seed pea yield depending on fertilization and growth regulators in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, (294), 24–31 [in Ukrainian].
3. Didur, I.M., & Mostovenko, V.V. (2020). Fotosyntetychna aktyvnist horokhu ovochevoho zalezno vid sortovykh osoblyvosti, vapnuvannia hruntu ta systemy zhivlennia [Photosynthetic activity of vegetable pea depending on varietal characteristics, soil liming, and fertilization system]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, (4), 42–50 [in Ukrainian].
4. Zhuk, O.Ya., Zhuk, V.Yu., & Zhuk, A.V. (2004). Sortovyi kontrol za yakistiu nasinnia ovochevykh i bashtannykh kultur – na riven suchasnykh vymoh [Varietal control of vegetable and melon seed quality in accordance with modern standards]. *Ovochivnytstvo i bashtanytstvo*, (40), 139–142 [in Ukrainian].
5. Volkodav, V.V. (Ed.). (2000). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia sil's'kohospodars'kykh kultur. Vyp. 1: Zahal'na chastyna [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 1: General part]*. State Commission of Ukraine on Testing and Protection of Plant Varieties [in Ukrainian].
6. Muliarchuk, O.I., Stepanchenko, V.M., & Kozina, T.V. (2024). Sortovi osoblyvosti formuvannia lystkovoi poverkhni i fotosyntetychnoho potentsialu roslyn horokhu ovochevoho [Varietal characteristics of leaf surface formation and photosynthetic potential in vegetable pea plants]. *Podilskyi Visnyk: Sil'ske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 4 (45), 33–38. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.4> [in Ukrainian].
7. Nebaba, K.S. (2022). *Horok posivnyi: Ahrotekhnichniy kompleks vyroshchuvannia [Field pea: Agronomic cultivation complex]*. Monograph. Retrieved from: <https://surl.li/ceiqLr> [in Ukrainian].
8. Stryhun, V.M. (2016). Stvorennia sortiv horokhu ovochevoho v Ukraini [Development of vegetable pea varieties in Ukraine]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. 44 p. [in Ukrainian].

9. Didur, I., Chynchyk, O., Pantsyreva, H., Olifirovych, S., Olifirovych, V., & Tkachuk, O. (2021). Effect of fertilizers on *Phaseolus vulgaris* L. productivity in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (1), 419–424. https://doi.org/10.15421/2021_61 [in Ukrainian].

10. Mazur, V., Didur, I., Tkachuk, O., Pantsyreva, H., & Ovcharuk, V. (2021). Agroecological stability of cultivars of sparsely distributed legumes in the context of climate change. *Scientific Horizons*, 1 (24), 54–60. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(1\).2021.54-60](https://doi.org/10.48077/scihor.24(1).2021.54-60) [in Ukrainian].

Отримано: 25.06.2025

Рекомендовано: 31.07.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.10>
УДК 631.879.34

Писаренко П. В.

*доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: pavlo.pysarenko@pdau.edu.ua
ORCID: 0000-0002-4915-265X*

Самойлік М. С.

*доктор економічних наук,
професор кафедри екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: maryna.samoilyuk@pdau.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2410-865X*

Диченко О. Ю.

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net
ORCID: 0000-0003-0113-9998*

Шпирна В. Г.

*здобувач вищої освіти третього рівня вищої освіти
ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія,
кафедра екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net*

Жилін О. С.

*здобувач вищої освіти третього рівня вищої освіти
ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія,
кафедра екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net*

Грищенко О. Л.

*здобувач вищої освіти третього рівня вищої освіти
ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія,
кафедра екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net*

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА БІШОФІТУ В АГРОСИСТЕМАХ

Анотація

Питання використання пробіотиків у системі захисту сільськогосподарських рослин є досить інноваційним і потребує подальшого дослідження. З огляду на перспективність попередніх досліджень щодо використання бішофіту в системі захисту рослин, який водночас є джерелом макроелементів і мікроелементів, може виступати середовищем живлення для корисних мікроорганізмів, доцільно розширити науковий пошук інноваційних екологічно безпечних засобів захисту рослин, зокрема щодо синергічної дії пробіотичних препаратів і бішофіту в системі захисту рослин. Тому метою дослідження стало вивчення можливості застосування бішофіту за різних норм внесення як гербіциду на посівах пшениці озимої.

У статті досліджено використання бішофіту різної концентрації, а саме: 100, 75 і 50%, як гербіциду, з нормою 150 л на гектар посіву пшениці озимої у фазу сходів. У результаті проведеного дослідження встановлено, що після оброблення посівів пшениці озимої у фазу весняного кушення – початку виходу у трубку, коли рослини пшениці нечутливі до бішофіту, пошкодження листової поверхні бур'янів сягає значних розмірів. Найбільше зменшення біомаси рослин бур'янів – 88,8% – спостерігалось на ділянці, обробленій 100% концентрацією бішофіту. Зменшення кількості бур'янів на посівах даної культури приводить до підвищення конкурентоспроможності культурних рослин і покращання умов їх збирання.

Обґрунтовано, що суміш пробіотика *Sviteco PBP* у нормі 1 л/т та бішофіту – 10 л/т є досить ефективним протруювачем для насіння пшениці озимої. Внесення бішофіту як гербіциду (150 л/га, 100% концентрації) дозволяє підвищити врожайність пшениці озимої завдяки зниженню засміченості полів, водночас має фунгіцидну дію, пригнічує спори збудників захворювань, без негативних наслідків для довкілля, дозволяє покращити мікробний ценоз ґрунту, як результат – сприяє підвищенню його родючості.

Застосування суміші пробіотика та бішофіту як протруювача та гербіциду на посівах пшениці озимої приводить до значного підвищення врожайності даної культури. Так, використання суміші бішофіту за 100% розбавленні та пробіотика *Sviteco PBP* у відношенні 1 : 10 (10 л бішофіту, 1 л пробіотика на 9 л води на тону насіння), подальше використання бішофіту (100%) як гербіциду по сходах (норма внесення – 150 л/га) дозволяє підвищити врожайність культури на 2,43 т/га, що на 60,4% вище порівняно з контролем.

Ключові слова: пробіотичні препарати, бішофіт, захист рослин, бур'яни, урожайність, пшениця озима.

Вступ. Сучасні інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур ґрунтовані на використанні високих доз мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин. Це призводить до накопичення в рослинах, ґрунті шкідливих, зокрема й канцерогенних, речовин, негативно впливає на біологічну активність ґрунту, змінює його мікробний ценоз, погіршує якість продукції та, урешті-решт, становить загрозу для продовольчої та екологічної безпеки суспільства, порушує сталі функціонування агроєкосистем. Рекомендований арсенал гербіцидів забезпечує зниження забур'яненості посівів і підвищення врожайності, проте з екологічного й економічного погляду не завжди прийнятний для господарств [1; 5]. Тому необхідний пошук нових підходів до застосування гербіцидів і альтернативних заходів захисту рослин у землеробстві.

Натеper особливу увагу під час складання зональних систем землеробства приділяють використанню місцевих сировинних ресурсів з метою підвищення ефективної родючості ґрунту та біологізації землеробства, як-от природні розсоли та мінерали. Низка досліджень показали [6; 7; 12–14], що одним із напрямів заміни хімічних засобів захисту рослин екологічно безпечними препаратами є використання природних мінералів і розсолів (мінералізованої пластової води та бішофіту).

У науковій літературі досліджено реакцію бур'янів на обробку мінералізованою пластовою водою. За даними дослідників [10], найбільше потерпають від обробки мінералізованою пластовою водою широколисті двосім'ядольні бур'яни, як-от гірчиця польова, гречка татарська, гірчак березковидний, амброзія полинолиста, талабан польовий, грицики звичайні, лобода біла, березка польова, інші. Також встановлено, що пшениця озима у фазу кушення – початку виходу у трубку нечутлива до оброблення новими екологічно безпечними речовинами – бішофітом [8; 10].

Мета роботи. Дослідити можливість застосування бішофіту за різних норм внесення як гербіциду на посівах пшениці озимої.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження є Полтавський бішофіт і пробіотичні препарати. Бішофіт – найбільш розчинна природна сіль, видобувається на поверхню шляхом підземного розчинення прісною водою. Видобувається прозорий розчин бішофіту з мінералізацією 400–450 г/л, щільністю 1,3 г/см³, рН = 5,2–5,8. Поклади бішофіту в Україні містяться у Дніпровсько-Донецькій западині й мають вигляд шару завтовшки приблизно у 2 м. У даному дослідженні використано пробіотичні препарати *Sviteco PBP* (склад – комплекс пробіотичних культур *Bacillus spp.* 10 x 10⁹ КУО).

Облік бур'янів проводився кількісно-ваговим методом [4]. Облік наземного забур'янення пшениці озимої визначали у строки, рекомендовані для проведення обробки гербіцидами, та перед збиранням урожаю. Під час обліку наземного засмічення всі бур'яни підраховувались, виривались, висушувались до повітряно-сухого стану та зважувались. Облік урожаю зернових культур здійснювали збиранням снопового зразка у трикратній повторності на облікових ділянках у фазі повної стиглості зерна. Структуру врожаю визначали за методикою польового досліду [2–4]. У роки досліджень повторність у дослідах була три-чотирикратною, а розміщення ділянок рендомізоване [2; 11].

Протягом 2022–2024 рр. проведені польові досліді (дослідні поля Полтавського державного аграрного університету) із забур'яненості посівів пшениці озимої (сорт Диканька) після обробки бішофітом. Норма витрати бішофіту, за використання як гербіциду, становила 150 л/га. Дана концентрація визначена з урахуванням максимальної ефективності для ґрунтових мікроорганізмів і фізико-хімічних аналізів ґрунту [8–9].

Установлено, що після обробки посівів пшениці озимої у фазу весняного кушення – початку виходу у трубку, коли рослини пшениці нечутливі до бішофіту, пошкодження листкової поверхні бур'янів сягає значних розмірів. Найбільш суттєва загибель рослин від опіків листкової поверхні спостерігалась після обробки бішофітом 100–75% концентрації. Опіки листкової поверхні названих рослин бур'янів призводили до їх загибелі (рис. 1).

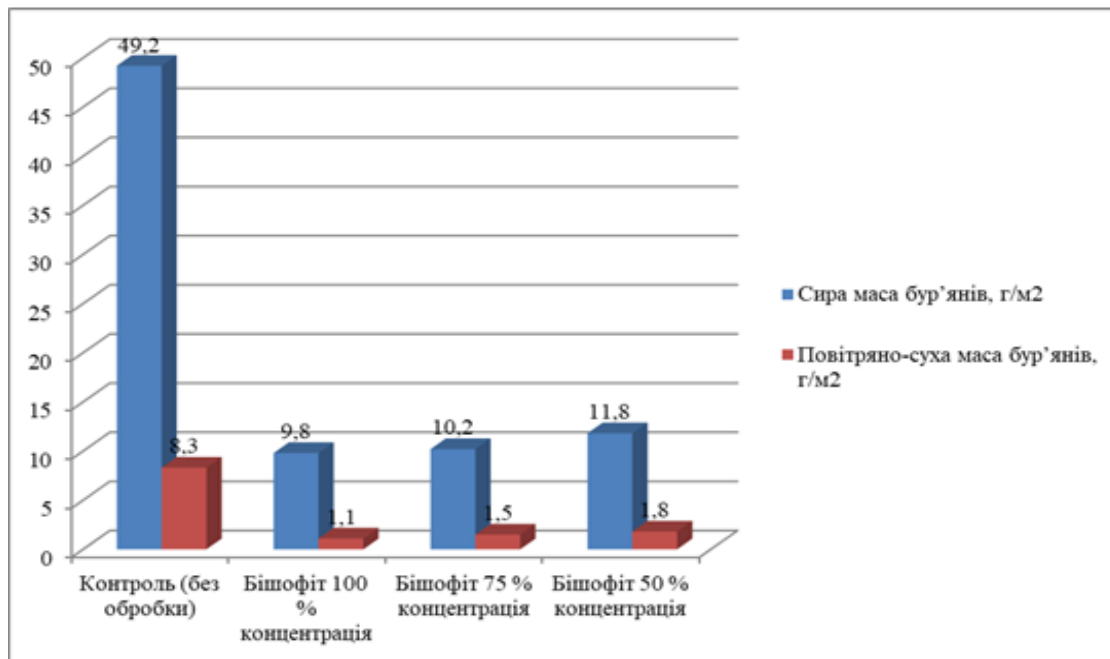


Рис. 1. Забур'яненість посівів пшениці озимої після обробки бішофітом (середнє за 2022–2024 рр.)

Надалі в польових умовах продовжено дослідження характеру дії бішофіту та пробіотичних препаратів (*Sviteco PBP*) на рослини пшениці озимої протягом 2022–2024 рр.

Схожість насіння пшениці озимої по роках у разі протруювання бішофітом і пробіотичними препаратами порівняно зі стандартним протруювачем наведена в таблиці 1 (у загальному розрахунку 20 л/т насіння, розбавлення водою).

Таблиця 1. Схожість насіння пшениці озимої за протруєння бішофітом і пробіотиком *Sviteco PBP* порівняно зі стандартним протруювачем

Варіант	Норма препарату	Схожість по роках, %			Середнє
		2022 р.	2023 р.	2024 р.	
Контроль	–	85	86	88	86
Голден Супер	10 л/т + 10 л води	83	84	84	84
Бішофіт 100%*	10 л/т + 10 л води	91	93	90	91
Бішофіт 100% + Пробіотик <i>Sviteco PBP</i> **	10 л/т + 1 л/т + 9 л води	93	95	92	93

Примітка: * – бішофіт за розбавлення 100% здійснює найбільше пригнічення спор збудників твердої сажки пшениці [12];

** – виходячи із пропорції для пшениці озимої – суміш 1% розчину пробіотика та 10% розчину бішофіту.

Як видно з наведених у таблиці 1 даних, протруювання бішофітом підвищує польову схожість насіння пшениці озимої щодо контролю (91% проти 86% на контролі та 84% за протруювання Голден Супер). Протруювання бішофітом і пробіотиком *Sviteco PBP* підвищує польову схожість насіння пшениці озимої до 93%, що на 7% вище за контроль і на 9% вище за стандартний протруювач (Голден Супер).

Для подальшого дослідження дії бішофіту в агросистемах у польових умовах вносився бішофіт як гербіцид, норма становила 150 л/га, 100% концентрації. Результати наведені в таблиці 2.

Як зазначалося раніше, до складу бішофіту входить велика кількість хімічних елементів, зокрема й макро- і мікроелементи, пробіотики (зокрема, завдяки вмісту бактерій роду *Bacillus*), що дозволяють знизити вміст патогенних мікроорганізмів і сприяти розвитку необхідних для рослин мікроценозів.

Результати впливу комплексного застосування суміші пробіотика та бішофіту як протруювача та гербіциду на посівах пшениці озимої представлено в таблиці 3.

Таблиця 2. Продуктивність пшениці озимої в різні роки за використання різних технологій захисту рослин (2022–2024 рр.), т/га

Варіанти дослідів	Норма препарату	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середнє
1. Контроль (без внесення)	–	4,07	4,04	3,95	4,02
2. Гербіцид Дезормон 600	1,4 л/га	4,76	4,72	4,62	4,70
3. Протруєння насіння Голден Супер + гербіцид Дезормон 600 по сходах	Протруєння – 10 л/т + 10 л води Норма гербіциду – 1,4 л/га	5,02	5,01	5,14	5,06
4. Протруєння насіння сумішшю бішофіту та пробіотика <i>Sviteco PBP</i> + гербіцид бішофіт 100% по сходах	Протруєння – 10 л/т + 1 л/т + 9 л води Норма гербіциду – 150 л/га	6,12	6,98	6,24	6,45
НІР 0,05		1,8	1,5	2,0	–

Таблиця 3. Урожайність пшениці озимої за використання різних технологій захисту рослин (середнє за 2022–2024 рр.)

Варіанти дослідів	Середня врожайність, т/га	Приріст урожаю	
		т/га	%
1. Контроль (без внесення)	4,02	–	–
2. Гербіцид Дезормон 600	4,70	0,68	16,9
3. Протруєння насіння Голден Супер + гербіцид Дезормон 600 по сходах	5,06	1,04	25,8
4. Протруєння насіння сумішшю бішофіту та пробіотика <i>Sviteco PBP</i> + гербіцид бішофіт 100% по сходах	6,45	2,43	60,4

Загалом, як видно з таблиці 3, застосування суміші пробіотика та бішофіту як протруювача та гербіциду на посівах пшениці озимої приводить до значного підвищення врожайності. Використання суміші бішофіту (100% розбавлення) та пробіотика *Sviteco PBP* у відношенні 1 : 10 (10 л бішофіту, 1 л пробіотика на 9 л води на тону насіння), подальше використання бішофіту (100%) як гербіциду по сходах (норма внесення – 150 л/га) дозволяє підвищити врожайність на 2,43 т/га (на 60,4% порівняно з контролем). Використання стандартної технології (протруєння насіння пшениці озимої протруювачем Голден Супер та внесення надалі гербіциду Дезормон 600 по сходах) дозволило отримати врожайність 5,06 т/га, приріст урожаю становив 10,4% порівняно з контролем (25,8%), що на 1,39 т/га (34,6%) менше порівняно із запропонованою екологічно безпечною технологією на основі використання бішофіту та пробіотиків (рис. 2).

Отже, з'ясовано, що суміш пробіотика *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) є ефективним протруювачем для насіння пшениці озимої.

Внесення бішофіту як гербіциду (150 л/га, 100% концентрації) дозволяє підвищити врожайність пшениці озимої завдяки зниженню засміченості полів та має водночас фунгіцидну дію, пригнічує спори збудників захворювань, без негативних наслідків для довкілля, покращує мікробний ценоз ґрунту, як результат – сприяє підвищенню його родючості.

Висновки. Досліджено використання бішофіту різної концентрації, а саме: 100, 75 та 50%, як гербіциду (норма – 150 л/га) на посівах пшениці озимої по сходах. Установлено, що після обробки посівів пшениці озимої у фазу весняного кушення – початку виходу у трубку, коли рослини пшениці нечутливі до бішофіту, пошкодження листової поверхні бур'янів сягає значних розмірів.

Обґрунтовано, що суміш пробіотика *Sviteco PBP* (1 л/т) та бішофіту (10 л/т) є ефективним протруювачем для насіння пшениці озимої. Внесення бішофіту як гербіциду (150 л/га, 100% концентрації) дозволяє підвищити врожайність пшениці озимої завдяки зниженню засміченості полів і має водночас фунгіцидну дію, пригнічує спори збудників захворювань, без негативних наслідків для довкілля, покращує мікробний ценоз ґрунту, як результат – сприяє підвищенню його родючості.

Застосування суміші пробіотика та бішофіту як протруювача та гербіциду на посівах пшениці озимої приводить до значного підвищення врожайності. Так, використання суміші бішофіту (100% розбавлення) та пробіотика *Sviteco PBP* у відношенні 1 : 10 (10 л бішофіту, 1 л пробіотика на 9 л води на тону насіння), подальше використання бішофіту (100%) як гербіциду по сходах (норма внесення – 150 л/га) дозволяє підвищити врожайність на 2,43 т/га (на 60,4% порівняно з контролем).

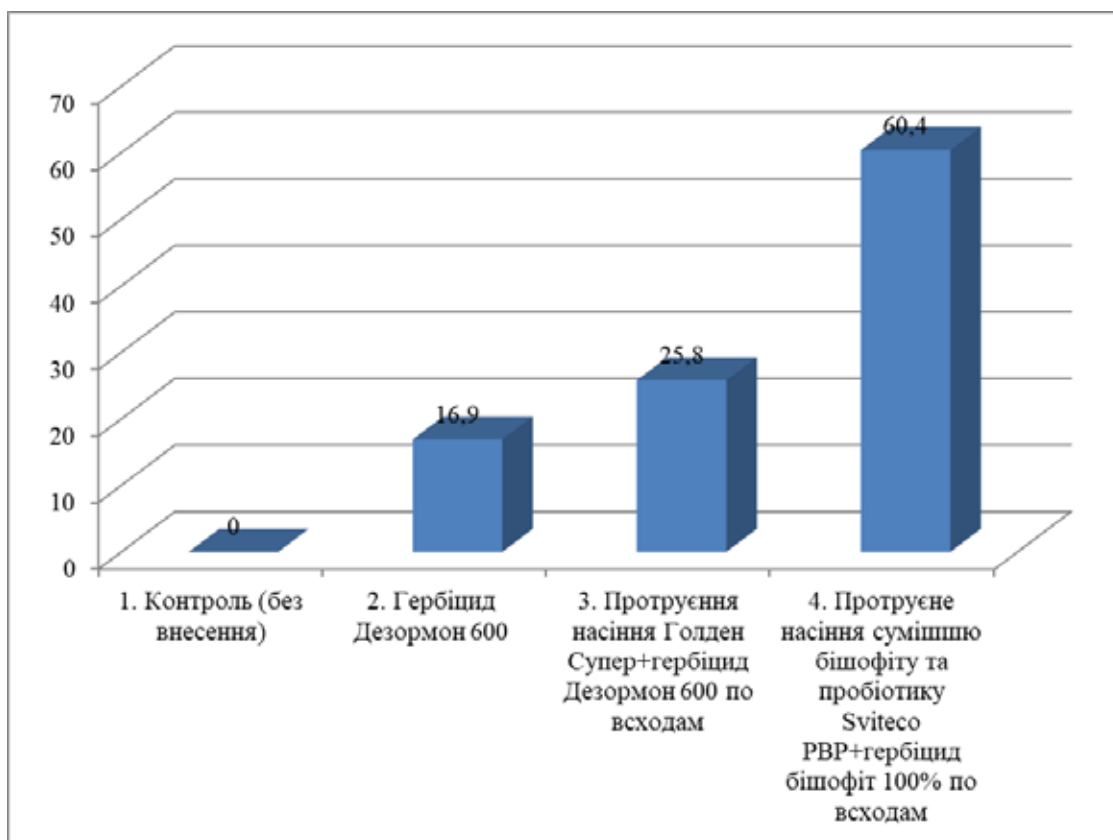


Рис. 2. Приріст урожаю пшениці озимої за використання різних технологій захисту рослин (середнє за 2022–2024 рр.), %

Список використаних джерел

1. Динамічні процеси розвитку органічного виробництва в Україні / І.В. Гончарук та ін. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 478 с.
2. Грицаєнко Г.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ, 2003. 320 с.
3. Землеробство : підручник / В.О. Єщенко та ін. Київ : Лазурит-Поліграф, 2013. 376 с.
4. Методичні рекомендації з обліку та картування засміченості посівів. Дніпропетровськ, 1974. 35 с.
5. Писаренко В.М., Писаренко П.В. Захист рослин: Фітосанітарний моніторинг. Методи захисту рослин. Інтегрований захист рослин. Полтава, 2007. 256 с.
6. Писаренко П.В., Матюха В.Л., Писаренко П.П. Ефективність бакових сумішей пестицидів проти шкідників та хвороб у технології вирощування пшениці озимої в Північному Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 80–89.
7. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю., Серeda М.С., Погосян А.А. Медико-біологічна та токсикологічна оцінка використання біопрепаратів у землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. Вип. 1 (100). С. 187–196.
8. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю., Тараненко А.О. Агроекологічні особливості дії природних розсолів та мінералів на ґрунтові мікроорганізми. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 157–164.
9. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю., Цьова Ю.А. Дослідження фунгіцидних властивостей мінералізованої пластової води на посівах проса. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 197–202. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.24.
10. Рева М.А. Супутньо-пластова вода у Східному нафтогазоносному регіоні України як джерело небезпеки або цінний ресурс. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2016. № 1. С. 81–85.
11. Bryson G.M., Mills H.A., Sasseville D.N. Plant analysis handbook III: A guide to sampling, preparation, analysis and interpretation for agronomic and horticultural crops. Micro-Macro Publishing Inc., 2014. 571 p.
12. Horobets M., Chaika T., Krykunova V. Influence of growth stimulants on the ontogenesis of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Colloquium-journal*. 2021. № 7 (94), P. 41–42.
13. Pysarenko P., Samojlik M., Galytska M., Tsova Y., Kalinichenko A. Ecotoxicological assessment of mineralized stratum water as an environmentally friendly substitute for agrochemicals. *Agronomy Research*. 2022. Vol. 20. № 4. P. 785–792. DOI: 10.15159/AR.22.045.
14. Pysarenko P., Samojlik M., Taranenko A., Tsova Y., Sereda M. Influence of probiotics-based products on phytopathogenic bacteria and fungi in agrocenosis. *Agraarteadus*. 2021. № 32 (2). DOI: 10.15159/jas.21.41.

Pysarenko P. V.

*Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Ecology, Balanced Nature Management
and Environmental Protection,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: pavlo.pysarenko@pdau.edu.ua

ORCID: 0000-0002-4915-265X

Samoilik M. S.

*Doctor of Economic Sciences,
Professor at the Department of Ecology, Balanced Nature Management
and Environmental Protection,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: pavlo.pysarenko@pdau.edu.ua

ORCID: 0000-0002-4915-265X

Dychenko O. Yu.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Ecology, Balanced Nature Management
and Environmental Protection,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net

ORCID: 0000-0003-0113-9998

Shpyrna V. H.

*A Third-Level Higher Education Applicant,
Doctor of Philosophy (PhD) in the Specialty 201 Agronomy,
Department of Ecology, Balanced Nature Management
and Environmental Protection,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net

Zhilin O. S.

*A Third-Level Higher Education Applicant,
Doctor of Philosophy (PhD) in the Specialty 201 Agronomy,
Department of Ecology, Balanced Nature Management
and Environmental Protection,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine*

E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net

Hryshchenko O. L.

*A Third-Level Higher Education Applicant,
Doctor of Philosophy (PhD) in the Specialty 201 Agronomy,
Department of Ecology, Balanced Nature Management
and Environmental Protection,
Higher Educational Institution "Poltava State Agrarian University"
Poltava, Ukraine*

E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net

COMPREHENSIVE USE OF PROBIOTICS AND BISHOPHYTES IN AGROSYSTEMS**Abstract**

The issue of using probiotics in the system of protection of agricultural plants is quite innovative and requires further research. Given the prospects of previous studies on the use of bischofite in the system of plant protection, which at the same time is a source of macroelements and microelements and can act as a nutrient medium for beneficial microorganisms, it is advisable to expand

the scientific search for innovative environmentally safe means of plant protection, in particular regarding the synergistic action of probiotic preparations and bischofite in the system of plant protection. Therefore, the main goal of this study was to investigate the possibility of using bischofite at different rates of application as a herbicide on winter wheat crops.

The article investigates the use of bischofite of different concentrations, namely: 100, 75 and 50% as a herbicide with a rate of 150 l per hectare of winter wheat sowing in the seedling phase. As a result of the study, it was found that after processing winter wheat crops in the spring tillering phase – the beginning of the emergence of the tube, when wheat plants are not sensitive to bischofite, damage to the leaf surface of weeds reaches significant proportions. The greatest reduction in the biomass of weed plants – 88,8% was observed on the site treated with 100% concentration of bischofite. Reducing the number of weeds in crops of this crop leads to an increase in the competitiveness of cultivated plants and improvement of their harvesting conditions.

It is substantiated that a mixture of probiotic Sviteco PBR at a rate of 1 l/t and bischofite – 10 l/t is a fairly effective treatment for winter wheat seeds. The introduction of bischofite as a herbicide in (150 l/ha at 100% concentration) allows to increase the yield of winter wheat by reducing the littering of fields and simultaneously has a fungicidal effect, suppressing spores of pathogens, without negative consequences for the environment, improving the microbial coenosis of the soil, as a result – contributing to the increase in its fertility.

The use of a mixture of probiotic and bischofite as a treatment and herbicide on winter wheat crops leads to a significant increase in the yield of this crop. Thus, the use of a mixture of bischofite at 100% dilution and the probiotic Sviteco PBR in a ratio of 1 : 10 (10 l of bischofite, 1 l of probiotic per 9 l of water per ton of seeds), and the subsequent use of bischofite (100%) as a post-emergence herbicide (application rate 150 l/ha) allows to increase the crop yield by 24,3 c/ha, which is 60,4%, respectively, compared to the control.

Key words: probiotics, bischofite, plant protection, weeds, yield, winter wheat.

References

1. Honcharuk, I.V., Kovalchuk, S.Ya., Tsytsiura, Ya.H., & Lutkovska, S.M. (2020). *Dynamichni protsesy rozvytku orhanichnogo vyrobnytstva v Ukraini [Dynamic processes of organic production development in Ukraine]*. Vinnytsia: TOV "TVORY" [in Ukrainian].
2. Hrytsaienko, H.M. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]*. Kyiv [in Ukrainian].
3. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Butylo, A.P., & Opryshko, V.P. (2013). *Zemlerobstvo: navchalnyi pidruchnyk [Crop production: A textbook]*. Kyiv: Lazuryt-Polihraf [in Ukrainian].
4. *Metodychni rekomendatsii z obliku ta kartuvannya zasmichenosti posiviv (1974) [Methodical recommendations for accounting and mapping of crop contamination]*. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
5. Pysarenko, V.M., & Pysarenko, P.V. (2007). *Zakhyst roslyn: Fitosanitarnyi monitorynh. Metody zakhystu roslyn, Intehrovanyi zakhyst roslyn [Plant protection: Phytosanitary monitoring, methods and integrated protection]*. Poltava [in Ukrainian].
6. Pysarenko, P.V., Matiukha, V.L., & Pysarenko, P.P. (2021). Efektyvnist bakovykh sumishei pestytsydiv proty shkidnykiv ta khvorob u tekhnolohii vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi v pivnichnomu stepu Ukrainy [Effectiveness of pesticide tank mixtures against pests and diseases in winter wheat growing technology in the northern steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 80–89 [in Ukrainian].
7. Pysarenko, P.V., Samoilik, M.S., Dychenko, O.Yu., Sereda, M.S., & Pohosian, A.A. (2021). Medyko-biolohichna ta toksykolohichna otsinka vykorystannia biopreparativ u zemlerobstvi [Biomedical and toxicological evaluation of the use of biological products in agriculture]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii*, 1 (100), 187–196 [in Ukrainian].
8. Pysarenko, P.V., Samoylik, M.S., Dychenko, O.Yu., & Taranenko, A.O. (2022). Ahroekolohichni osoblyvosti dii pryrodnykh rozsoliv ta mineraliv na gruntovi mikroorhanizmy [Agroecological features of the action of natural brines and minerals on soil microorganisms]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 157–164 [in Ukrainian].
9. Pysarenko, P.V., Samoylik, M.S., Dychenko, O.Yu., & Tsova, Yu.A. (2021). Doslidzhennia funhitsydneykh vlastyvostei mineralizovanoi plastovoi vody na posivakh prosa [Research on the fungicidal properties of mineralized aquifer water on millet crops]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 196–202 [in Ukrainian].
10. Reva, M.A. (2016). Suputno-plastova voda v Skhidnomu naftohazonosnomu rehioni Ukrainy yak dzherelo nebezpeky abo tsinnyi resurs [Associated strata water in the Eastern oil and gas region of Ukraine as a source of danger or a valuable resource]. *Visnyk KNU imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia – Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 1, 81–85 [in Ukrainian].
11. Bryson, G.M., Mills, H.A., & Sasseville, D.N. (2014). *Plant analysis handbook III: A guide to sampling, preparation, analysis and interpretation for agronomic and horticultural crops*. Micro-Macro Publishing Inc. [in English].
12. Horobets, M., Chaika, T., & Krykunova, V. (2021). Influence of growth stimulants on the ontogenesis of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Colloquium-journal*, (7), 41–42 [in English].
13. Pysarenko, P., Samojlik, M., Galytska, M., Tsova, Y., & Kalinichenko, A. (2022). Ecotoxicological assessment of mineralized stratum water as an environmentally friendly substitute for agrochemicals. *Agronomy Research*, 20 (4), 785–792. <https://doi.org/10.15159/AR.22.045> [in English].
14. Pysarenko, P., Samoilik, M., Taranenko, A., Tsova, Y., & Sereda, M. (2021). Influence of probiotics-based products on phytopathogenic bacteria and fungi in agrocenosis. *Agraarteadus*, 32 (2). <https://doi.org/10.15159/jas.21.41> [in English].

Отримано: 11.06.2025

Рекомендовано: 21.07.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.11>
УДК 338.1

Повод М. Г.

*доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри технології кормів і годівлі тварин,
Сумський національний аграрний університет
Суми, Україна
E-mail: nic.pov@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9272-9672*

Ковальова О. М.

*кандидат економічних наук,
доцент кафедри економіки та підприємництва імені професора І. М. Брюховецького,
Сумський національний аграрний університет
Суми, Україна
E-mail: olgakovalyovasumy@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4240-4498*

Михалко О. Г.

*доктор філософії за спеціальністю «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»,
доцент кафедри технології кормів і годівлі тварин,
Сумський національний аграрний університет
Суми, Україна
E-mail: snau.cz@ukr.net
ORCID: 0000-0002-4630-7222*

Меженський Г. В.

*здобувач вищої освіти ступеня доктор філософії за спеціальністю
«Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»,
Сумський національний аграрний університет
Суми, Україна
E-mail: number5070@ukr.net
ORCID: 0009-0007-1905-0090*

Луник Ю. М.

*кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри виробництва продукції дрібних тварин,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького,
Львів, Україна
E-mail: lynik.31.08@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5893-5923*

Гончар В. І.

*здобувач вищої освіти ступеня доктор філософії за спеціальністю
«Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»,
Сумський національний аграрний університет
Суми, Україна
E-mail: slavik.gonchar2020@gmail.com
ORCID: 0009-0006-5190-5821*

АНАЛІЗ ГАЛУЗІ СВИНАРСТВА ТА ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОФАЗОВОГО ДОРОЩУВАННЯ ПОРОСЯТ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ГОДІВЛІ

Анотація

У статті визначена важлива роль галузі свинарства для економіки, для продовольчої безпеки України. Узагальнено основні напрями підвищення ефективності виробництва свинини, як-от: інтенсифікація, покращення систем утримання та догляду за тваринами, селекційна робота. Особливе значення мають системи годівлі свиней на всіх етапах їх вирощування.

Проаналізовано стан галузі свинарства в Україні за останні п'ять років. Виявлено, що чисельність поголів'я скоротилася. Установлено, що переважна частина поголів'я зосереджена на підприємствах. Продуктивність тварин децю зросла за п'ять років. Вищий рівень продуктивності свиней досягнуто в господарствах населення.

Досліджено вплив багатофазного дорощування поросят зі зміною системи годівлі та тривалості фаз на їхню продуктивність і економічні показники порівняно із традиційним однофазним дорощуванням. Представлено результати застосування різних способів годівлі поросят у період дорощування, починаючи з моменту відлучення і до досягнення ними ваги 25 кг. Установлено, що однофазне утримання без зміни типу годівлі забезпечило найкращі показники: найвищу збереженість (98,93%), максимальну кінцеву масу (29,1 кг), найбільший абсолютний приріст (22,85 кг), найвищий середньодобовий приріст (466 г) і найнижчу конверсію корму. Перехід між фазами, особливо супроводжуваний зміною системи годівлі із сухого на рідкий корм, негативно впливав на збереженість і кінцеву масу поросят. Скорочення тривалості першої фази також призводило до зниження продуктивності. Хоча контрольна група мала вищу кормову й операційну собівартість на голову через більше споживання дорожчого престартерного корму, більша кінцева маса забезпечила найвищу вартість реалізації, прибуток (985,47 грн/голову) та рентабельність (37,57%). Середньодобові прирости більше залежали від факту переміщення тварин, ніж від тривалості фаз. Контрольна група продемонструвала вищі середньодобові прирости порівняно із двофазними групами. Отже, результати свідчать про оптимальність однофазної системи дорощування з незмінним типом годівлі для досягнення високих показників продуктивності й економічної ефективності. Багатофазне дорощування зі зміною годівлі та тривалості фаз може мати негативний вплив на збереженість, ріст і кінцеву масу поросят, незважаючи на потенційне зниження кормової собівартості на окремих етапах.

Представлені результати порівняльного оцінювання ефективності дорощування поросят за різних систем їх годівлі свідчать про доцільність застосування запропонованої системи годівлі на підприємствах.

Ключові слова: галузь свинарства, дорощування поросят, однофазне утримання, багатофазне утримання, система годівлі тварин, збереженість поголів'я, ефективність виробництва, конверсія корму, середньодобовий приріст, собівартість приросту, прибуток, рентабельність.

Вступ. Свинарство є однією з головних галузей тваринництва й відіграє важливу роль в економіці країни та в досягненні продовольчої безпеки. У свинарстві отримують важливі та корисні для людського організму продукти харчування, як-от м'ясо, сало, субпродукти. Свинина є важливою сировиною для переробних підприємств харчової промисловості для виготовлення бекону, шинки, ковбас, сосисок і різних консервів. Шкіра та щетина свиней використовуються в легкій промисловості.

Галузь свинарства є надзвичайно популярною не лише в Україні, а й в усьому світі. Така популярність пояснюється тим, що свині, на відміну від інших сільськогосподарських тварин, відзначаються великою плодючістю, скороспілістю, невибагливістю до кормів, кращою оплатою корму, яка в 1,5–2 рази вища, ніж за відгодівлі молодняка великої рогатої худоби й у вівчарстві [4]. Вихід м'яса й сала внаслідок забою свиней досить високий і становить 70–80% живої маси, тоді як унаслідок забою великої рогатої худоби отримують 50–55% забойної ваги.

Отже, з огляду на велике значення та популярність свинарства, варто постійно моніторити стан галузі свинарства та ринку свинини з метою пошуку інноваційних напрямів підвищення ефективності виробництва свинини. Одним із таких напрямів є вдосконалення системи утримання та годівлі свиней різних технологічних груп. Системи утримання та годівлі є важливими резервами підвищення продуктивності свиней, яка значною мірою зумовлює рентабельність свинарства. Одним із перспективних напрямів є оптимізація використання наявних станків для дорощування та відгодівлі [16; 18; 21], що передбачає не лише раціональне використання виробничої площі, але і, як зазначають [18], створення оптимальних умов утримання тварин. З метою підвищення інтенсивності використання виробничих площ у період дорощування поросят міжнародний досвід демонструє поширеність багатофазної системи [3; 9; 24; 25; 27]. Ця технологія передбачає переведення тварин між різними виробничими майданчиками, що нерідко супроводжується зміною раціону та може суттєво впливати на їхню продуктивність. Як переміщення, так і зміна системи годівлі є значними стресорами для молодняку свиней [15; 19; 22], потенційно призводячи до сповільнення росту та погіршення фізіологічного стану [28]. Адаптаційний період щодо нових умов годівлі, утримання та технологічних процесів може тимчасово знижувати виробничі показники [29].

Окрім того, транспортування тварин підвищує ймовірність поширення інфекційних захворювань через тимчасове послаблення імунної відповіді [14; 23]. Це робить поросят більш уразливими до дії різноманітних патогенів, що може негативно позначитися на їхньому розвитку й ефективності використання кормів [20].

Нтотість традиційна однофазна система дорощування зазвичай передбачає безперервне утримання поросят в одному приміщенні до моменту переведення на відгодівлю, за збереження стабільного типу годівлі [13; 17]. Корекція раціонів обмежується регулюванням поживності й об'єму відповідно до вікових потреб. Багатофазне ж утримання може передбачати зміну консистенції корму, наприклад, перехід від рідких раціонів на початкових етапах до сухих на завершальних або навпаки, що часто диктується наявністю відповідного обладнання на різних виробничих ділянках [27].

Дослідження, спрямовані на порівняльний аналіз ефективності однофазного та багатофазного дорощування з урахуванням змінних типів годівлі, мають ключове значення для оптимізації виробничих процесів у свинарстві. Виробникам необхідно ретельно оцінювати потенційні переваги багатофазної системи, як-от економія площі і підвищення рівня біобезпеки завдяки сегрегації тварин за віком, з можливими негативними наслідками стресу, спричиненого переміщенням та зміною раціону.

Тому постала нагальна потреба в подальших наукових розвідках, метою яких є визначення оптимальної тривалості кожної фази багатофазного дорощування та розроблення дієвих стратегій мінімізації стресових чинників, пов'язаних з переміщенням і зміною типу годівлі. Особливої актуальності набуває вивчення впливу різних комбінацій типів кормів на різних етапах багатофазного дорощування на продуктивні показники, стан здоров'я та економічну доцільність виробництва. Отримані результати стануть надійною основою для ухвалення обґрунтованих рішень виробниками щодо вибору найбільш ефективної системи дорощування поросят.

Мета роботи. Метою статті є проведення аналізу стану галузі свинарства та вивчення впливу різних комбінацій типів годівлі за двофазного дорощування поросят на продуктивність тварин і економічну ефективність дорощування.

Матеріал і методика дослідження. З метою вивчення впливу багатофазної системи вирощування на продуктивні якості й економічну ефективність поросят після відлучення 21-денних поросят від свиноматок було сформовано чотири експериментальні групи гібридних тварин (по 2 800 голів у кожній). Материнське поголів'я належало до порід велика біла та ландрас (англійської селекції), а батьківське – до кнурів синтетичної лінії PIC 337. У період лактації всі поросята отримували рідкий замінник молока Opticare Milk.

На початку етапу дорощування кожен тваринку було зважено, після чого в кожній було виділено по чотири контрольні станки, кожен з яких вміщував 50 голів. У першій фазі дорощування всі піддослідні поросята отримували сухі повноцінні комбікорми відповідних рецептур, доступ до яких здійснювався через самогодівниці. Тварини першої групи перебували на цій схемі годівлі протягом усього періоду дорощування. Натомість їхні аналоги із другої, третьої та четвертої груп були переведені на другу фазу дорощування на 42-гу, 35-ту та 28-му добу відповідно. Переміщення здійснювалося в ідентичні станки цеху дорощування № 5. Варто зазначити, що умови утримання в цехах № 1 та № 5 були подібними, проте системи годівлі різнилися.

Після переходу на другу фазу дорощування поросята експериментальних груп отримували ті самі корми, але у формі рідкої суміші. Ця суміш готувалася шляхом змішування однієї частини корму із 2,8 частини води та подавалася 22 рази на добу за допомогою автоматизованої системи годування Megamix.

На початковому етапі дорощування поросятам згодовували престартерний комбікорм за рецептурою 0–9 кг до досягнення ними живої маси 9 кг. Згодом їхній раціон змінювався на другий престартерний корм за рецептурою 9–12 кг, який використовувався до досягнення тваринами ваги 12 кг. Після досягнення маси 12 кг поросят переводили на стартерні корми за рецептурою старт 12–25, які застосовувалися до початку етапу відгодівлі.

На основі даних зважування контрольних станків у кожній експериментальній групі, обліку спожитих кормів і щоденної фіксації вибуття тварин розраховувалися такі показники: середньодобове споживання корму, коефіцієнт конверсії корму та рівень збереженості поголів'я. Біометричні показники для контрольних станків визначалися шляхом індивідуального зважування. Статистичний аналіз отриманих даних проводився з використанням методів, описаних у праці [7], із застосуванням персонального комп'ютера та програмного забезпечення "MS Excel".

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідженню проблем галузі свинарства та пошуку напрямів підвищення ефективності виробництва свинини присвячені численні праці науковців України та світу [1; 5]. Аналіз ринку свинини здійснено у працях [2; 4; 6; 12]. У статті [8] проведено моделювання потенціалу зростання економічної ефективності виробництва свинини на сільськогосподарських підприємствах України.

Переважно в усіх дослідженнях надається велике значення інтенсифікації виробництва на основі вдосконалення технологій утримання, насамперед годівлі свиней, для підвищення ефективності свинарства. Так, у праці [5] зазначено, що для підвищення економічної ефективності виробництва продукції свинарства інвестиції потрібно зосередити на подальшому розвитку кормового виробництва, генетики, сектору забою і оброблення, а також логістичної експортної інфраструктури свинарства.

В останнє десятиріччя ефективність свинарства була на низькому рівні, причиною чого є низька продуктивність, висока собівартість, ціновий диспаритет між закупівельними цінами та ринковими цінами для кінцевого споживача. Для успішної конкуренції із закордонними товаровиробниками вітчизняні підприємства повинні досягти визначених стандартів виробництва, а саме: конверсія корму в середньому по поголів'ю має становити 3–3,5 кг на 1 кг приросту живої маси; середньодобовий приріст має становити не менш ніж 800 г; кількість проданих свиней на свиноматку за рік має бути не менш ніж 20; кількість приплоду на одну свиноматку – понад 2,2; уміст пісного м'яса в туші – не менш ніж 58% [4]. У врегулюванні цінового диспаритету має брати участь держава, одним із заходів чого є стимулювання виробників свинини [4; 6].

Для успішної конкуренції на зовнішніх європейських ринках свинина українського виробництва має відповідати нормам та положенням Європейського Союзу [1; 11].

Аналіз стану галузі свинарства, який є важливим для виявлення проблем галузі, почнемо в таблиці 1.

З таблиці 1 бачимо, що намітилася стійка тенденція до скорочення поголів'я свиней в Україні. За останні п'ять років поголів'я скоротилося на 11,1% і становило у 2023 р. 5 094 тис гол., що, безумовно, є негативною тенденцією і загрожує продовольчій безпеці. Наслідком зменшення поголів'я стало зменшення обсягу виробництва свинини, який скоротився на 9,9%. Однак водночас зазначаємо, що частка поголів'я у підприємствах і частка свинини, виробленої в підприємствах, поступово зростали. Це є позитивним моментом, оскільки зосередження виробництва у великих підприємствах дає можливість застосовувати сучасні технології виробництва свинини.

Таблиця 1. Динаміка показників стану галузі свинарства

Показники	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Відношення 2023 р. до 2019 р., %
Поголів'я свиней, тис гол.	5 727	5 876	5 609	4 948	5 094	88,9
Частка поголів'я в підприємствах, %	57,6	61,8	63,8	63,5	66,1	+8,3 п. п.
Виробництво свинини, тис. тонн	708	697	724	659	638	90,1
Частка свинини, виробленої в підприємствах, %	54,4	55,2	60,0	61,7	63,5	+9,1 п. п.

Джерело: розраховано авторами за даними [10].

Таблиця 2. Вироблено свинини в середньому на одну голову за рік, кг

Показники	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Відношення 2023 р. до 2019 р., %
У господарствах усіх категорій	123,6	118,6	129,0	133,0	125,5	101,5
У підприємствах	116,7	106,1	120,8	129,5	120,2	103,0
У господарствах населення	133,1	138,9	143,7	140,0	135,9	102,1

Джерело: розраховано авторами за даними [10].

З таблиці 2 бачимо, що виробництво свинини в середньому на одну голову в підприємствах, у господарствах населення та в середньому по всіх категоріях зросло. У господарствах населення відмічаємо перевищення продуктивності над цим же показником в підприємствах. Отже, для підприємств, незважаючи на можливість застосування сучасних технологій, доцільно переглянути раціони годівлі свиней.

З метою оптимізації виробничих процесів у промисловому свинарстві нами було досліджено економічну ефективність мультифазного дорощування поросят за різної тривалості першої та другої його частини (табл. 3).

Як видно з таблиці 3, показник збереженості поросят в експериментальних групах залежав від чинника переходу між фазами та тривалості цих фаз. Згідно з даними цієї таблиці, найліпша збереженість протягом усього періоду дорощування була характерна для тварин першої групи, які не змінювали свого місця перебування. У другій групі, де перехід на другу фазу супроводжувався зміною системи годівлі за сім днів до завершення дослідження, збереженість зменшилася на 0,37%. У третій групі, де перша фаза тривала 35 діб, цей показник був нижчим на 0,32%, а найзначніше зниження збереженості (на 0,60%) спостерігалося в четвертій групі, з першою фазою тривалістю 28 діб.

Таблиця 3. Інтенсивність росту поросят на дорощуванні

Показник	Група поросят			
	1	2	3	4
Кількість поросят на початок дослід, гол.	2 733	2 799	2 906	2 711
Вік поросят під час постановки на дорощування, діб	21,7	21,9	21,8	21,9
Середня маса однієї голови під час постановки на дослід, кг	6,25 ± 0,11	6,23 ± 0,13	6,29 ± 0,17	6,19 ± 0,10
Абсолютний приріст 1 голови за першу фазу дорощування, кг	22,55	18,17	13,91	11,21
Абсолютний приріст за другу фазу дорощування, кг	0,00	4,30	8,30	11,30
Вік поросят після завершення дорощування, діб	71	71	71	71
Середня маса однієї голови після закінчення дорощування, кг	29,1 ± 0,21	28,7 ± 0,27	28,5 ± 0,21*	28,7 ± 0,24
Абсолютний приріст 1 голови за весь час дорощування, кг	22,85 ± 0,19	22,47 ± 0,23	22,21 ± 0,21	22,51 ± 0,22
Збереженість поросят за весь час дорощування, %	98,93	98,56	98,61	98,33
Середньодобові прирости за весь час дорощування, г	466 ± 16,3	459 ± 12,2	453 ± 11,4	459 ± 13,1

Примітка: * – $p < 0,05$.

Джерело: розраховано авторами.

У 71-денному віці, після завершення процесу дорощування, як видно з таблиці 3, максимальну кінцеву масу зафіксовано у тварин контрольної групи, які не зазнавали жодних змін у складі групи чи раціоні протягом усього періоду. Водночас тварини другої групи, раціон яких на останньому тижні першої фази дорощування було змінено із сухого на рідкий, мали на 0,4 кг меншу масу порівняно з контрольною групою. Аналогічні показники для третьої та четвертої груп становили меншу масу на 0,6 і 0,4 кг відповідно. Окрім того, підсвинки третьої групи продемонстрували на 0,2 кг меншу кінцеву масу порівняно із тваринами другої та четвертої груп.

Результати дослідження показали, що абсолютні прирости маси тварин протягом різних фаз дорощування були більш залежними від тривалості цих фаз, ніж від застосованого типу годівлі. Як ілюструють дані табл. 3,

у другій групі, де перша фаза тривала 42 дні, зафіксовано абсолютний приріст у 18,17 кг. Цей показник був на 4,38 кг меншим порівняно з контрольною групою, де весь період дорошування відповідав першій фазі, проте на 4,36 кг більшим, ніж у третій дослідній групі (перша фаза – 35 діб), і на 2,7 кг більшим, ніж у четвертій групі (тривалість сухої фази годування – 28 діб). Водночас абсолютний приріст маси у тварин третьої групи був на 8,64 кг меншим порівняно з контрольною групою, але на 4,26 кг більшим, ніж у четвертій групі.

Середньодобові прирости за період дорошування продемонстрували слабшу залежність від тривалості окремих фаз і сильнішу – від їхньої кількості. Зокрема, згідно з даними таблиці, у контрольній групі з однофазним сухим годуванням середньодобові прирости перевищували аналогічні показники у двофазних групах на 7–13 г. Водночас різниця між двофазними групами за середньодобовими приростами коливалася в межах 1–6 г. Отже, середньодобові прирости за весь період дорошування визначалися переважно фактом переміщення тварин і не мали значних відмінностей між піддослідними групами.

Згідно з даними, наведеними в таблиці 4, за період 49 діб дорошування обсяг з'їденого корму тваринами експериментальних груп становив 34,91–35,63 кг. Зазначимо, що між першою, другою та четвертою групами не було виявлено значущих розбіжностей за цим параметром. Водночас тварини третьої групи, які були переведені на другу фазу дорошування у віці 35 днів, продемонстрували менше споживання корму порівняно із тваринами першої групи (на 0,75 кг), другої групи (на 0,66 кг) та четвертої групи (на 0,72 кг).

Таблиця 4. Споживання кормів різних рецептур на дорошуванні поросят та їхня вартість

Показник	Група поросят			
	1	2	3	4
Використано престартеру 0–9 на одного підсвинка, переведеного на відгодівлю, кг	5,20	5,18	5,09	5,19
Вартість 1 кг престартеру 0–9, грн, без ПДВ	35,86	35,86	35,86	35,86
Вартість спожитого престартеру 0–9, грн, без ПДВ	186,47	185,75	182,53	186,11
Використано престартеру 9–12 на одного підсвинка, переведеного на відгодівлю, кг	3,29	3,31	3,36	3,38
Вартість 1 кг престартеру 9–12, грн	21,70	21,70	21,70	21,70
Вартість усього престартеру 9–12, грн	71,39	71,83	72,91	73,35
Використано стартеру 12–25 на одного підсвинка, переведеного на відгодівлю, кг	27,16	27,08	26,46	27,06
Вартість 1 кг стартеру 12–25, грн	15,82	15,82	15,82	15,82
Вартість використаного стартеру 12–25 на 1 голову, грн	429,74	428,34	418,52	428,08
Використано всього кормів на 1 голову, кг	35,65	35,57	34,91	35,63
Вартість усіх кормів на дорошуванні в розрахунку на 1 голову, передану на відгодівлю, грн	687,61	685,93	673,96	687,54
Середня вартість 1 кг кормів під час дорошування, грн	19,29	19,29	19,31	19,30
Середньодобове споживання кормів, кг	0,73	0,73	0,71	0,73
Конверсія корму на дорошуванні, кг	1,56	1,58	1,57	1,58
Вартість кормів на 1 кг приросту, грн	30,09	30,53	30,34	30,54

Джерело: розраховано авторами.

Асортимент комбікормів, застосованих у процесі дорошування, не мав значних відмінностей у досліджуваних групах тварин. Згідно з даними таблиці 4, використання найдорожчого першого престартерного корму на одну голову поросяти коливалося від 5,09 до 5,20 кг у всіх групах. За цим показником суттєвої різниці між першою, другою та четвертою групами не виявлено. Проте тварини третьої групи спожили цього корму на 0,11 кг менше, ніж перша група, на 0,09 кг менше, ніж друга, і на 0,10 кг менше, ніж четверта група. Зважаючи на однакову вартість кілограма цього комбікорму, різниця у витратах на перший престартерний корм визначалася його кількістю, у тварин третьої дослідної групи вона була на 3,94 грн меншою порівняно з першою групою, на 3,23 грн меншою порівняно із другою групою, на 3,59 грн меншою порівняно із четвертою групою.

Застосування другого престартерного корму, дещо меншої вартості, також не показало суттєвих відмінностей між експериментальними групами. Обсяг його використання на одну голову тварини становив від 3,29 до 3,38 кг у всіх групах. Найбільшу кількість цього корму спожили тварини четвертої дослідної групи, а найменшу – тварини контрольної групи. Як результат, не встановлено суттєвих розбіжностей між тваринами піддослідних груп за вартістю спожитого другого престартерного корму.

Результати експерименту виявили відмінності у споживанні значно дешевшого стартерного комбікорму серед піддослідних поросят. Згідно з результатами в таблиці, найбільший обсяг цього корму спожили тварини контрольної групи – 27,16 кг, у яких весь період його згодовування проходив за сухого типу годівлі. Водночас тварини другої групи спожили його менше на 0,09 кг, третьої – на 0,71 кг, а четвертої – на 0,11 кг. За умови однакової

ціни цього корму це призвело до різної його вартості в розрахунку на одну голову, яка виявилася у тварин першої групи на 1,40 грн вищою, ніж у їхніх аналогів із другої групи, на 11,22 грн вищою, ніж у тварин третьої групи, на 1,66 грн вищою, ніж у ровесників із четвертої групи.

Відмінності в обсягах споживання кормів, що мали різну вартість, зумовили різну кормову собівартість процесу дорощування однієї тварини. Згідно з даними таблиці 4, найвищий показник собівартості зафіксовано у тварин першої групи, а найнижчий – у тварин третьої групи, де вартість спожитих кормів була меншою на 13,65 грн порівняно з першою групою, на 11,96 грн порівняно із другою групою, на 13,58 грн порівняно з аналогами четвертої групи.

Середня вартість комбікорму в період дорощування тварин визначається різницею в цінах і обсягах спожитих кормів різних рецептур. Аналіз даних, представлених у таблиці 4, показує, що середня ціна комбікорму протягом усього періоду дорощування була майже ідентичною в усіх досліджуваних групах.

Однак, зважаючи на різну швидкість росту поросят у піддослідних групах, кормова собівартість одного кілограма приросту виявилася різною. Найнижчий показник собівартості приросту спостерігався у тварин першої групи і становив 30,09 грн, що було на 0,43 грн менше порівняно з аналогами другої групи, на 0,25 грн менше порівняно із тваринами третьої групи, на 0,45 грн менше порівняно з ровесниками четвертої групи.

Аналіз інтенсивності росту поросят та споживання ними кормів різних рецептур під час дорощування доповнимо аналізом економічної ефективності дорощування (табл. 5).

Таблиця 5. Економічна ефективність дорощування одного підсвинка за різних способів дорощування

Показник	Група поросят			
	1	2	3	4
Вартість поросяти під час постановки на дорощування, грн	1 681,00	1 675,62	1 691,76	1 664,86
Операційна собівартість дорощування 1 голови, грн	941,93	939,62	923,23	941,83
Собівартість одного підсвинка після завершення дорощування, грн	2 622,93	2 615,24	2 614,99	2 606,70
Реалізаційна вартість 1 голови, без ПДВ, грн	3 608,40	3 558,80	3 534,00	3 558,80
Прибуток від дорощування 1 голови, грн	985,47	943,56	919,01	952,10
Рентабельність дорощування однієї голови, грн	37,57	36,08	35,14	36,53
Собівартість 1 кг приросту, грн	41,22	41,82	41,57	41,84

Джерело: розраховано авторами.

Як видно з таблиці 5, операційна собівартість дорощування однієї голови була найвищою у першій групі поросят. Це пояснюється тим, що дана група споживала найбільший обсяг найдорожчого престартеру 0–9 (див. табл. 3). Це призвело до того, що собівартість одного підсвинка після завершення дорощування була найвищою також у цій групі. Однак через те, що поросята цієї групи завдяки більшій масі й однаковій ринковій ціні її одиниці були реалізовані за найвищою вартістю, у результаті було отримано найвищу суму прибутку – 985,47 грн в середньому на голову по першій групі. Рівень рентабельності також був найвищий по першій групі і становив 37,57%, що на 1,04–2,43 процентного пункту вище, ніж в інших групах. Водночас, як бачили з таблиці 3, по першій групі було отримано найвищу середню масу однієї голови після закінчення дорощування – 29,1 кг, найбільший абсолютний приріст однієї голови за весь період дорощування – 22,85 кг, найвищий показник збереженості поросят – 98,93%, найбільший середньодобовий приріст – 466 г. У таблиці 4 спостерігали, що по першій групі поросят середньодобове споживання не перевищувало споживання кормів в інших групах, а конверсія корму та вартість кормів на 1 кг приросту були найменшими порівняно з іншими групами.

Отже, результати дослідження свідчать, що оптимальним є спосіб годівлі й утримання, який було використано в першій групі поросят, оскільки за таких самих або навіть менших витрат кормів і собівартості було отримано більший рівень приросту, більший прибуток і вищий рівень рентабельності.

Висновки. 1. Проведений аналіз стану галузі свинарства в Україні показав, що для збільшення виробництва свинини треба покращувати системи годівлі.

2. Представлена порівняльна характеристика показників ефективності дорощування свідчить, що найвищу кормову собівартість дорощування однієї тварини зафіксовано в контрольній групі, а найнижчу – у групі з коротшою першою фазою, що було зумовлено меншою вартістю спожитих кормів. Водночас найнижча кормова собівартість кілограма приросту спостерігалася в контрольній групі з однофазним утриманням.

3. Найвищу операційну собівартість дорощування однієї голови та собівартість одного підсвинка після завершення дорощування мала контрольна група, що пояснюється більшим споживанням дорожчого престартерного корму. Однак завдяки більшій кінцевій масі ця група була реалізована за найвищою вартістю, що забезпечило найвищий прибуток і рівень рентабельності.

4. Результати дослідження свідчать, що оптимальним є спосіб годівлі й утримання, застосований у контрольній групі (однофазне утримання без зміни системи годівлі), оскільки за рівних або навіть менших витратах

кормів і собівартості було досягнуто більшого приросту, вищого прибутку та кращого рівня рентабельності. Отже, такий спосіб годівлі може знайти практичне застосування на свинокомплексах.

Майбутні дослідження будуть присвячені оцінюванню ефективності різних систем годівлі для інших груп тварин, а також визначенню впливу державної підтримки на ефективність галузі тваринництва.

Список використаних джерел

1. Вдовенко Н.М., Грищенко Н.П., Шепелєв В.С. Регулювання ринку свинини України в умовах євроінтеграції : монографія. Київ : Кондор, 2017. 372 с. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u204/2017_monogr_sviny.pdf (дата звернення: 05.06.2025).
2. Гуржій Н.М., Решетов С.О., Лишнікова А.С. Сучасний стан та тенденції розвитку свинарства в Україні. *Менеджмент і підприємництво: тенденції розвитку*. 2022. № 3 (21). С. 8–18. DOI: 10.26661/2522-1566/2022-3/21-01.
3. Еріксон Д. Американська технологія утримання свиней (від відлучення до забою). *Прибуткове свинарство*. 2015. № 3 (27). С. 64–67.
4. Калінчик М.В., Калінчик С.М., Алексєєнко І.М. Сучасні тенденції, стан та перспективи виробництва свинини в Україні. *Агросвіт*. 2015. № 3–4. С. 31–39. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/3-4_2015/7.pdf (дата звернення: 04.06.2025).
5. Кобернюк С.О. Напрями підвищення економічної ефективності виробництва продукції свинарства на рівні підприємств. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. Серія «Економічні науки». 2017. Вип. 23. Ч. 2. С. 29–33. URL: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_23/2/8.pdf (дата звернення: 05.06.2025).
6. Копитець Н.Г. Сучасний стан та тенденції розвитку ринку свинини в Україні. *Економіка АПК*. 2018. № 11. С. 44–54. DOI: 10.32317/2221-1055.201811044.
7. Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва : підручник / В.І. Ладика та ін. ; за заг. ред. В.І. Ладики, Л.М. Хмельничого. Одеса : Олді+, 2023. 244 с.
8. Максим В.Л., Чемерис В.А., Душка В.І., Дадак О., Мартинюк У. Моделювання економічної ефективності вирощування свиней у сільськогосподарських підприємствах. *Agricultural and Resource Economics*. 2022. Vol. 8. № 3. Р. 178–199. DOI: 10.51599/are.2022.08.03.09.
9. Повод М.Г., Михалко О.Г., Хутій Б.В., Лумедзе Т.С.-М., Лумедзе Т.С.-М., Вербельчук Т.В., Мойсей І.С. Залежність росту та продуктивності поросят протягом успішного періоду та періоду вирощування від застосування залізовмісних препаратів Феровіта 200 та Уніферон 200. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Тваринництво». 2023. Вип. 3 (54). С. 40–49. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2023.3.6.
10. Статистичний щорічник України. 2023 : статистичний збірник / Державна служба статистики України. Київ, 2024.
11. Строченко Н.І., Ковальова О.М. Конкурентоспроможність аграрних підприємств: сутність та напрямки зміцнення. *Таврійський науковий вісник*. Серія «Економіка». 2024. № 19. С. 114–121. DOI: 10.32782/2708-0366/2024.19.14.
12. Сушарник Я.А. Аналітичний огляд сучасного стану функціонування галузі свинарства. *Економіка та держава*. 2021. № 7. С. 52–56. DOI: 10.32702/2306-6806.2021.7.52.
13. Тищенко О.С., Михалко О.Г., Мироненко О.І., Кузьменко Л.М., Панасова Т.Г., Желізняк І.М., Плечко О.С. Ріст, збереженість та ефективність відгодівлі свиней за незмінної та змінної систем годівлі в підсисний період, на дорошуванні та відгодівлі. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Тваринництво». 2024. Вип. 1 (56). С. 111–121. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2024.1.14.
14. Amass S.F. Control of infectious diseases in swine nurseries. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. 1999. № 15 (1). Р. 15–33. DOI: 10.1016/S0749-0720(15)30100-9.
15. Baxter E.M., Jarvis S., D'Eath R.B. Social Housing in Pigs: Welfare and Production. *CAB International*. 2014. URL: <https://pure.au.dk/ws/files/2426080/intrhus11.pdf> (дата звернення: 05.06.2025).
16. Brumm M.C. Floor space and flooring type for swine. *Pork Information Gateway*. 2004. Р. 289–295. URL: https://www.academia.edu/24363073/Developing_a_model_to_determine_floor_space_requirements_for_pigs (дата звернення: 05.06.2025).
17. Bublyk O. Changing pig feeding from dry to liquid saves up to 12% of feed. 2018. *Agrotimes* : вебсайт. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/zmina-godivli-svinej-iz-suhoyi-na-ridku-zaoshchadzhu-do-12-kormiv> (дата звернення: 05.06.2025).
18. Chidgey K.L. Review: Space allowance for growing pigs: animal welfare, performance and on-farm practicality. *Animal*. 2024. Vol. 18. Supplement 1. DOI: 10.1016/j.animal.2023.100890.
19. Clavell-Sansalvador A., Río-López R., González-Rodríguez O., García-Gil L.J., Xifró X., Zigovski G., Ochoteco-Asensio J., Ballester M., Dalmau A., Ramayo-Caldas Y. Effect of Group Mixing and Available Space on Performance, Feeding Behavior, and Fecal Microbiota Composition during the Growth Period of Pigs. *Animals*. 2024. № 14 (13). Р. 1906. DOI: 10.3390/ani14131906.
20. Fu Q., Yang X., Zhou S., Yang Y., Zhang X., Han Q., Ji W., Liu H. Effects of short-distance transportation on physiological indexes, intestinal morphology, microbial community, and the transcriptome of the jejunum in weaned piglets. *Front. Vet. Sci*. 2023. Vol 10. DOI: 10.3389/fvets.2023.1148941.
21. Gonyou H.W., Brumm M.C., Bush E., Deen J., Edwards S.A., Fangman T., McGlone J.J., Meunier-Salaun M., Morrison R.B., Spoolder H., Sundberg P.L., Johnson A.K. Application of broken-line analysis to assess floor space requirements of nursery and grower-finisher pigs expressed on an allometric basis. *J Anim Sci*. 2006. № 84 (1). DOI: 10.2527/2006.841229x.
22. Kumar B., Manuja A., Aich P. Stress and its impact on farm animals. *Front. Biosci*. 2012. № 4 (45). DOI: 10.2741/e496.
23. Laber K.E., Whary M.T., Bingel S.A., Goodrich J.A., Smith A.C., Swindle M.M. Biology and Diseases of Swine. *Laboratory Animal Medicine*. 2002. Р. 615–673. DOI: 10.1016/B978-012263951-7/50018-1.
24. Nielsen S.S., Alvarez J., Bicout D.J., Calistri P., Canali E., Drewe J.A., Garin-Bastuji B., Gonzales Rojas J.L., Schmidt G., Herskin M., et al. Welfare of pigs on farm. *EFSA J*. 2022. Vol. 20. Issue 8. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7421.
25. Reese Duane E., Thaler Robert C., Brumm Michael C., Lewis Austin J., Miller Phillip S., Libal George W. Swine Nutrition Guide. *Faculty Papers and Publications in Animal Science*. 2000. URL: <https://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub/694> (дата звернення: 05.06.2025).

26. Renaudeau D., Collin A., Yahav S., de Basilio V., Gourdiere J.L., Collier R.J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*. 2012. № 6 (5). P. 707–728. DOI: 10.1017/S1751731111002448.
27. Stolyuk V. New approaches in pig feeding. *Agro-industrial portal* : вебсайт. URL: https://apkua.net/articles/stockbreeding/godivlja_svynej.html (дата звернення: 05.06.2025).
28. Sutherland M.A., Backus B.L., McGlone J.J. Effects of Transport at Weaning on the Behavior, Physiology and Performance of Pigs. *Animals*. 2014. № 4 (4). P. 657–669. DOI: 10.3390/ani4040657.
29. Turner S.P., Ewen M., Rooke J.A., Edwards S.A. The effect of space allowance on performance, aggression and immune competence of growing pigs housed on straw deep-litter at different group sizes. *Livest. Prod. Sci.* 2000. P. 47–55. DOI: 10.1016/S0301-6226(00)00159-7.

Povod M. G.

*Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Feed Technology and Animal Feeding,
Sumy National Agrarian University
Sumy, Ukraine
E-mail: nic.pov@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9272-9672*

Kovalova O. M.

*Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor at the Department of Economics and Entrepreneurship
named after Professor I. M. Bryukhovetskyi,
Sumy National Agrarian University
Sumy, Ukraine
E-mail: olgakovalyovasumy@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4240-4498*

Mykhalko O. G.

*Doctor of Philosophy,
Associate Professor at the Department of Feed Technology and Animal Feeding,
Sumy National Agrarian University
Sumy, Ukraine
E-mail: snau.cz@ukr.net
ORCID: 0000-0002-4630-7222*

Mezhenskyi G. V.

*Candidate for the Degree of Doctor of Philosophy in the Specialty Technology of Production
and Processing of Livestock Products
Sumy National Agrarian University
Sumy, Ukraine
E-mail: number5070@ukr.net
ORCID: 0009-0007-1905-0090*

Lunyk Y. M.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Small Animal Production
Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S. Z. Gzhytsky, Ukraine
Lviv, Ukraine
E-mail: lynuk.31.08@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5893-5923*

Gonchar V. I.

*Candidate for the Degree of Doctor of Philosophy in the Specialty Technology of Production
and Processing of Livestock Products
Sumy National Agrarian University
Sumy, Ukraine
E-mail: slavik.gonchar2020@gmail.com
ORCID: 0009-0006-5190-5821*

ANALYSIS OF THE PIG FARMING INDUSTRY AND ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF TWO-PHASE GROWING OF PIGLETS UNDER VARIOUS FEEDING METHODS

Abstract

The article identifies the important role of the pig industry for the economy and food security of Ukraine. The main directions for increasing the efficiency of pork production are summarized, namely: intensification, improvement of animal husbandry and care systems, and breeding work. Pig feeding systems are of particular importance at all stages of pig breeding.

The state of the pig industry in Ukraine over the past five years has been analyzed. It has been found that the number of livestock has decreased. It has been established that the majority of the livestock is concentrated in enterprises. Animal productivity has increased somewhat over five years. The highest level of pig productivity has been achieved in private households.

The effect of multiphase rearing of piglets with a change in the feeding system and duration of phases on their productivity and economic indicators compared to traditional single-phase rearing was studied. The results of using different methods of feeding piglets during the rearing period, starting from the moment of weaning and until they reach a weight of 25 kg, are presented. It was found that single-phase maintenance without changing the type of feeding provided the best indicators: the highest survival rate (98,93%), maximum final weight (29,1 kg), the highest absolute gain (22,85 kg), the highest average daily gain (466 g) and the lowest feed conversion. The transition between phases, especially when accompanied by a change in the feeding system from dry to liquid, negatively affected the survival and final weight of the piglets. The reduction in the duration of the first phase also led to a decrease in productivity. Although the control group had higher feed and operating costs per head due to higher consumption of more expensive pre-starter feed, higher final weight provided the highest selling price, profit (985,47 UAH/head) and profitability (37,57%). Average daily gains were more dependent on the fact of animal movement than on the duration of the phases. The control group demonstrated higher average daily gains compared to the two-phase groups. Therefore, the results indicate the optimality of a single-phase rearing system with a constant type of feeding for achieving high performance and economic efficiency.

Multi-phase rearing with changes in feeding and phase duration may have a negative impact on the survival, growth and final weight of piglets, despite the potential reduction in feed costs at individual stages.

The presented results of a comparative assessment of the efficiency of growing piglets under different feeding systems indicate the feasibility of using the proposed feeding system in enterprises.

Key words: pig industry, piglet rearing, single-phase maintenance, multi-phase maintenance, animal feeding system, livestock safety, production efficiency, feed conversion, average daily gain, cost of gain, profit, profitability.

References

1. Vdovenko, N.M., Hryshchenko, N.P., & Shepeliev, V.S. (2017). *Rehuliuvannia rynku svynyny Ukrainy v umovakh yevrointehratsii* [Regulation of the pork market of Ukraine in the conditions of European integration]. Vydavnychiy dim "Kondor" [in Ukrainian].
2. Hurzhii, N.M., Reshetov, S.O., & Lyshnikova, A.S. (2022). Suchasnyi stan ta tendentsii rozvytku svynarstva v Ukraini [The current state and trends in the development of pig farming in Ukraine] *Menedzhment i pidpriemnytstvo: tendentsii rozvytku – Management and entrepreneurship: development trends*. Vol. 3 (21). 8–18. Retrieved from <https://doi.org/10.26661/2522-1566/2022-3/21-01> [in Ukrainian].
3. Erikson, D. (2015). Amerykanska tekhnolohiia utrymannia svynei (vid vidluchennia do zaboiu) [American pig keeping technology (from weaning to slaughter)]. *Prybutkove svynarstvo – Profitable pig farming*. Vol. № 3 (27). Pp. 64–67 [in Ukrainian].
4. Kalinchyk, M.V., Kalinchyk, S.M., & Aliksieienko, I.M. (2015). Suchasni tendentsii, stan ta perspektyvy vyrobnytstva svynyny v Ukraini [Modern trends, state and prospects of pork production in Ukraine] *Ahrosvit – Agroworld*. Vol. 3–4. Pp. 31–39. Retrieved from <https://doi.org/10.26661/2522-1566/2022-3/21-01> [in Ukrainian].
5. Koberniuk, S.O. (2017). Napriamky pidvyshchennia ekonomichnoi efektyvnosti vyrobnytstva produktsii svynarstva na rivni pidpriemstv [Directions for increasing the economic efficiency of pig production at the enterprise level]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Serii: Ekonomichni nauky – Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Economic Sciences*. Vol. 23. Issue. 2. Pp. 29–33. Retrieved from http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_23/2/8.pdf [in Ukrainian].
6. Kopytets, N.H. (2018). Suchasnyi stan ta tendentsii rozvytku rynku svynyny v Ukraini [The current state and trends in the development of the pork market in Ukraine]. *Ekonomika APK – Economy of agro-industrial complex*. Vol. 11. Pp. 44–54. Retrieved from <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201811044> [in Ukrainian].
7. Ladyka, V.I., Khmelnychiy, L.M., & Povod, M.G. (2023). Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnystva: pidruchnyk dlia aspirantiv [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]. Odesa: Oldi+, 244 [in Ukrainian].
8. Maksym, V., Chemerys, V., Dushka, V., Dadak, O., & Martyniuk, U. (2022). Modeliuvannia ekonomichnoi efektyvnosti vyroshchuvannia svynei u silskohospodarskykh pidpriemstvakh [Modeling of economic efficiency of pig farming in agricultural enterprises]. *Agricultural and Resource Economics*, 8 (3), 178–199. <https://doi.org/10.51599/are.2022.08.03.09> [in Ukrainian].
9. Povod, M.H., Mykhalko, O.H., Hutyi, B.V., Lumedze, T.S.-M., Lumedze, T.S.-M., Verbelchuk, T.V., & Moisei, I.S. (2023). Zalezhnist rostu ta produktyvnosti porosiat protiahom uspishnoho periodu ta periodu vyroshchuvannia vid zastosuвання zalizovmisnykh preparativ Ferovita 200 ta Uniferon 200 [Dependence of growth and productivity of piglets in the weaning period and during rearing after the introduction of iron-containing preparations Ferrovita 200 and Uniferon 200]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahroshchuvannia universytetu. Serii: Tvarynnystvo – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: Livestock*, (3), pp. 40–49. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2023.3.6 [in Ukrainian].
10. *Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy 2023* [Statistical Yearbook of Ukraine 2023]. Kyiv: Derzhkomstat Ukrainy [in Ukrainian].

11. Strochenko, N.I., & Kovalova, O.M. (2024). Konkurentospromozhnist ahrarnykh pidpriemstv: sutnist ta napriamky zmitsnennia [Competitiveness of agricultural enterprises: essence and directions of strengthening]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Ekonomika – Taurian Scientific Bulletin. Series: Economy*. Vol. 19. Pp. Retrieved from 114–121. <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2024.19.14> [in Ukrainian].
12. Susharnyk, Ya.A. (2021). Analitychnyi ohliad suchasnoho stanu funktsionuvannia haluzi svynarstva [Analytical review of the current state of operation of the pig industry]. *Ekonomika ta derzhava – Economy and the state*. Vol. 7. Pp. 52–56. Retrieved from <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.7.52> [in Ukrainian].
13. Tishchenko, O.S., Mykhalko, O.H., Myronenko, O.I., Kuzmenko, L.M., Panasova, T.H., Zhelizniak, I.M., & Plechko, O.S. (2024). Rist, zberezhenist ta efektyvnist vidhodivli svynei za nezminnoi ta zminnoi system hodivli v pidsysnyi period, na doroshchuvanni ta vidhodivli [Growth, preservation and efficiency of pig fattening under constant and variable feeding systems in the weaning period, during rearing and fattening]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Tvarynytstvo – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: Livestock*, (1), pp. 111–121. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2024.1.14 [in Ukrainian].
14. Amass, S.F. (1999). Control of infectious diseases in swine nurseries. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 15 (1), 15–33. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30100-9](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30100-9) [in English].
15. Baxter, E.M., Jarvis, S., & D'Eath, R.B. (2014). Social Housing in Pigs: Welfare and Production. CAB International. Retrieved from: <https://pure.au.dk/ws/files/2426080/intrhus11.pdf> [in English].
16. Brumm, M.C. (2007). Floor space and flooring type for swine. Pork Information Gateway, PIP 07-07-04. Retrieved from: https://www.academia.edu/24363073/Developing_a_model_to_determine_floor_space_requirements_for_pigs [in English].
17. Bublyk, O. (2018). Changing pig feeding from dry to liquid saves up to 12% of feed. Agrotimes. Animal Husbandry [Online]. Retrieved from: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/zmina-godivli-svinej-iz-suhoyi-na-ridku-zaoshchadzhu-do-12-kormiv> [in English].
18. Chidgey, K.L. (2024). Review: Space allowance for growing pigs: animal welfare, performance and on-farm practicality. *Animal*. Volume 18, Supplement 1. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100890> [in English].
19. Clavell-Sansalvador, A., Río-López, R., González-Rodríguez, O., García-Gil, L.J., Xifró, X., Zigorowski, G., Ochoteco-Asensio, J., Ballester, M., Dalmau, A., & Ramayo-Caldas, Y. (2024). Effect of Group Mixing and Available Space on Performance, Feeding Behavior, and Fecal Microbiota Composition during the Growth Period of Pigs. *Animals*. 14 (13). 1906. <https://doi.org/10.3390/ani14131906> [in English].
20. Fu, Q., Yang, X., Zhou, S., Yang, Y., Zhang, X., Han, Q., Ji, W., & Liu, H. (2023). Effects of short-distance transportation on physiological indexes, intestinal morphology, microbial community, and the transcriptome of the jejunum in weaned piglets. *Front. Vet. Sci.* Vol. 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1148941> [in English].
21. Gonyou, H.W., Brumm, M.C., Bush, E., Deen, J., Edwards, S.A., Fangman, T., McGlone, J.J., Meunier-Salaun, M., Morrison, R.B., Spooler, H., Sundberg, P.L., & Johnson, A.K. (2006). Application of broken-line analysis to assess floor space requirements of nursery and grower-finisher pigs expressed on an allometric basis. *J Anim Sci*. 84 (1). <https://doi.org/10.2527/2006.841229x> [in English].
22. Kumar, B., Manuja, A., & Aich, P. (2012). Stress and its impact on farm animals. *Front. Biosci.* 4 (45). <https://doi.org/10.2741/e496> [in English].
23. Laber, K.E., Whary, M.T., Bingel, S.A., Goodrich, J.A., Smith, A.C., & Swindle, M.M. (2002). Biology and Diseases of Swine. *Laboratory Animal Medicine*. pp. 615–673. DOI: 10.1016/B978-012263951-7/50018-1 [in English].
24. Nielsen, S.S., Alvarez, J., Bicout, D.J., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J.A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J.L., Schmidt, G., & Herskin M., et al. (2022). Welfare of pigs on farm. *EFSA J*. Volume 20, Issue 8. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7421> [in English].
25. Reese Duane, E., Thaler Robert, C., Brumm Michael, C., Lewis Austin, J., Miller Phillip, S., & Libal George, W. (2000). Swine Nutrition Guide. *Faculty Papers and Publications in Animal Science*. Retrieved from: <https://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub/694> [in English].
26. Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdiere, J.L., & Collier, R.J. (2012) Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*. 6 (5), Pp. 707–728. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448> [in English].
27. Stolyuk, V. New approaches in pig feeding. *Agro-industrial portal*. Retrieved from: https://apkua.net/articles/stockbreeding/godivlja_svynej.html [in English].
28. Sutherland, M.A., Backus, B.L., & McGlone, J.J. (2014) Effects of Transport at Weaning on the Behavior, Physiology and Performance of Pigs. *Animals*. 4 (4), pp. 657–669. <https://doi.org/10.3390/ani4040657> [in English].
29. Turner, S.P., Ewen, M., Rooke, J.A., & Edwards, S.A. (2000). The effect of space allowance on performance, aggression and immune competence of growing pigs housed on straw deep-litter at different group sizes. *Livest. Prod. Sci.* Pp. 47–55. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00159-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00159-7) [in English].

Отримано: 25.06.2025

Рекомендовано: 09.08.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.12>
УДК 636.4.083.6.084:616-001.16:591.1:591.5

Садовий А. А.

здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії II року навчання,
кафедра технологій у птахівництві, свинарстві та вівчарстві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: a.sadovyi@nubip.edu.ua

ORCID: 0009-0001-2608-4033

Лихач В. Я.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри технологій у птахівництві, свинарстві та вівчарстві,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: vylykhach80@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-9150-6730

ВПЛИВ ТЕПЛООВОГО СТРЕСУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ, ПОВЕДІНКУ ТА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН СВИНЕЙ НА ВІДГОДІВЛІ

Анотація

Інтенсифікація свинарства потребує оптимізації утримання та годівлі з урахуванням біології тварин, що підвищує продуктивність, знижує стрес і поліщує якість продукції. У статті розглянуто проблему впливу теплового стресу на продуктивність, фізіологічний стан і поведінку свиней на відгодівлі в умовах Південного регіону України. Доведено, що високі температури влітку призводять до порушення мікроклімату у свинарських приміщеннях, що спричиняє тепловий стрес у тварин. Це виявляється у зниженні апетиту, середньодобових приростів, погіршенні конверсії корму, збільшенні частоти дихання та серцевих скорочень, зміні етограми поведінки. Виробничий експеримент проводили в найбільш спекотні літні місяці (червень – серпень) на підприємстві із промислового виробництва свинини, розташованому на півдні Одеської області. У дослідженні використано 120 голів молодняку свиней, поділених на контрольну та дослідну групи. Свині дослідної групи отримували у складі комбікорму фітогенну добавку “Sangrovit Extra” у дозі 150 г/т. Встановлено, що її застосування сприяє зменшенню негативного впливу теплового стресу, зниженню температури тіла, частоти дихальних рухів і частоти серцевих скорочень, збереженню активності, покращенню апетиту, підвищенню середньодобових приростів і зменшенню падежу. У дослідній групі тварини досягали живої маси 100 та 120 кг раніше на 3,3 та 7,4 доби відповідно, із кращими показниками конверсії корму. Поведінковий аналіз підтвердив, що у тварин дослідної групи активність була вищою, апатія, агресивність і стереотипії проявлялися рідше. Результати свідчать про ефективність застосування “Sangrovit Extra” як засобу профілактики теплового стресу, підвищення продуктивності та забезпечення благополуччя свиней у промислових умовах. Практична цінність отриманих результатів полягає в наданні науково обґрунтованих рекомендацій щодо використання фітогенної добавки “Sangrovit Extra” для профілактики теплового стресу у свиней на відгодівлі.

Ключові слова: благополуччя, відгодівельний молодняк, поведінка, продуктивність, свині, тепловий стрес, технологія, утримання, фізіологічні показники.

Вступ. Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасного тваринництва є інтенсифікація виробництва продукції свинарства на промисловій основі. У контексті зростання вимог до якості продукції, економічної ефективності та забезпечення благополуччя тварин особливої актуальності набуває оптимізація технологічних процесів на свинокомплексах. Одним із перспективних підходів, який потребує ґрунтовного наукового опрацювання та впровадження у виробничу практику, є вдосконалення умов утримання та годівлі тварин з урахуванням їхніх біологічних і поведінкових особливостей. Це дозволяє не лише підвищити рівень продуктивності, але й мінімізувати стресові чинники, що, у свою чергу, позитивно впливає на фізіологічний стан свиней, знижує ризики хвороб та підвищує якість кінцевої продукції [11; 12; 16; 21].

Згідно з даними В.М. Волощука, В.О. Іванова зі співавторами [5], свині мають специфічні фізіолого-біохімічні особливості, зокрема схильність до значних коливань температури тіла, яка в межах фізіологічної норми може змінюватися від 36,8 до 40,0 °С. Така термолабільність зумовлена слабкою судинною реакцією шкіри та недостатнім розвитком потових залоз, що значно ускладнює ефективний теплообмін з навколишнім середовищем. Особливо небезпечним є перегрівання організму, яке спостерігається в умовах високих температур повітря [6; 15].

Чутливість свиней до перегріву зростає з віком. У разі підвищення температури повітря понад 30 °C механізми терморегуляції не функціонують належним чином, що призводить до неконтрольованого підвищення температури тіла. У межах 35 °C і вище у тварин спостерігається зростання температури тіла до 42 °C і більше, пришвидшення дихання, зниження апетиту, настання теплового шоку, а в тяжких випадках – кома або загибель [13; 19; 24].

Важливим поняттям під час оцінювання впливу мікрокліматичних чинників на фізіологічний стан свиней є зона теплової нейтральності (або теплова байдужість), межі якої визначаються як критичні температури. Вихід за верхню критичну межу спричиняє активізацію механізмів тепловіддачі, зокрема через почастішання дихання та обмежене потовиділення, проте через фізіологічні обмеження цих механізмів адаптація до перегріву виявляється замалою [6; 13; 23; 24].

Клімат півдня України, зокрема Одеської області, характеризується помірно-континентальним, з м'якою малосніжною зимою та особливо спекотним літом, тому за значного підвищення зовнішньої температури і, як наслідок, відхилення мікрокліматичних параметрів у приміщеннях для утримання свиней навіть за максимально налагодженої системи вентиляції [24] виникає тепловий стрес, що впливає на зміну поведінкових актів, зниження продуктивних реакцій, здоров'я та благополуччя свиней [15; 23]. Варто зазначити, що з віком і збільшенням ваги температура тіла свиней знижується, а вплив теплового стресу спричиняє занепокоєння у свиней на відгодівлі, порівняно з іншими технологічними групами свиней [13].

У зв'язку із цим наведені факти формують коло питань наукової роботи й підтверджують її беззаперечну актуальність, практичну необхідність і бізнес-орієнтованість.

Мета роботи. Дослідити продуктивні ознаки відгодівельного молодняку свиней, показники фізіологічного стану та поведінки за використання кормової добавки “Sangrovit Extra” у період теплового стресу в умовах промислового свиногокомплексу.

Матеріал і методи. Виробничий експеримент тривав у літні найспекотніші місяці року (червень – серпень) в умовах підприємства з виробництва свинини на промисловій основі півдня Одеської області. У рамках науково-господарського експерименту, присвяченого вивченню впливу кормової добавки “Sangrovit Extra” на відгодівельні ознаки свиней у період теплового стресу було використано 100 голів молодняку свиней, де материнською формою було поєднання порід велика біла × ландрас, а батьківською – кнури породи п'єтрен. Відгодівлю розподілили на два періоди: I період відгодівлі («Гроуер») – тварини живою масою 30–60 кг (12–17 тижнів) споживали корм 2,4–2,6 кг на голову на добу з використанням комбікорму типу «Гроуер», свиней розміщували на бетонній щільній підлозі площею 0,65 м²/голову згідно із ВНТП-АПК-02.05 «Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)» [3]; II період відгодівлі («Фінішер») – тварини живою масою 61–120 кг (17–26 тижнів) споживали корм 2,8–3,2 кг на голову за добу з використанням комбікорму типу «Фінішер», свині розміщувались на бетонній щільній підлозі площею 0,85 м²/голову.

Під час переведення свиней із цеху дорощування до цеху відгодівлі I періоду, для зрівняння тварин і чистоти досліджень, у період з 11–12 тижня стартував зрівняльний період (далі – ЗП). Далі всі дослідні тварини були поділені на дві групи (за принципом аналогів) згідно із загальноприйнятими методиками [8; 9], по 60 голів (по два станки) у кожній: I – контрольна група свиней утримувалася за традиційної технології в господарстві, споживали основний раціон (далі – ОР), свині II – дослідної групи відгодовувалися за подібної технології, але у визначені періоди надмірного підвищення температури (червень – липень – серпень) отримували кормову добавку “Sangrovit Extra” у дозі 150 г на одну тону комбікорму, відповідно до схеми досліді (табл. 1). Кормову добавку додавали до рецептів комбікормів безпосередньо в кормоцеху підприємства з відповідним багатоступінчастим змішуванням для гарної гомогенізації.

Таблиця 1. Схема досліді

№	Група	Умови годівлі
Вік 11–12 тижнів – зрівняльний період (ЗП)		
Вік 12–17 тижнів		
I	контрольна	ОР «Гроуер»
II	дослідна	ОР «Гроуер» + 150 г на тону комбікорму кормової добавки “Sangrovit Extra”
Вік 17–26 тижнів		
I	контрольна	ОР «Фінішер»
II	дослідна	ОР «Фінішер» + 150 г на тону комбікорму кормової добавки “Sangrovit Extra”

Кормова добавка “Sangrovit Extra” виробляється компанією “Phytobiotics Futterzusatzstoffe GmbH” (Німеччина) (Офіційний дистриб'ютор Phytobiotics в Україні ТОВ «АгроПлюсІнвест»). Склад “Sangrovit Extra”: висушені, подрібнені та гранульовані інгредієнти рослин родини Маклеї Серцеподібної та її натуральні екстракти. Усі рослини вирощуються під контролем і у природних умовах. Містить щонайменше 1,5% сангвінаріну (Sanguinarine). “Sangrovit Extra” – багатофункціональний препарат, що має широкий спектр біологічної дії та

використовується як у профілактичних, так і в терапевтичних цілях у тваринництві. Його складники забезпечують виражений протизапальний ефект, сприяють нормалізації функціонування шлунково-кишкового тракту, поліпшують апетит і процеси травлення. Препарат стимулює секрецію травних ферментів, що підвищує ефективність засвоєння поживних речовин, зокрема амінокислот, необхідних для росту і розвитку тварин. Окрім того, “Sangtrovit Extra” має адаптогенну й антистресову дію, що особливо важливо в умовах промислового утримання тварин, де часто виникають фактори, здатні спричинити фізіологічний стрес (переведення, вакцинація, зміни в годівлі, температурні коливання тощо). Завдяки вмісту біологічно активних речовин препарат підтримує імунну реактивність організму, сприяє швидшому відновленню після захворювань або перенесених стресових ситуацій, підвищує загальну резистентність організму. “Sangtrovit Extra” є ефективним засобом для підвищення продуктивності, покращення фізіологічного стану та зменшення негативного впливу стрес-факторів у тваринницьких господарствах [1; 4].

У віці 12, 14, 17, 22 та 26 тижнів у свиней визначали показники живої маси (кг) та середньодобового приросту (г). Окрім того, після досягнення тваринами живої маси у 100 і 120 кг у піддослідних груп вивчали такі відгодівельні ознаки, як вік досягнення заданої маси (діб), середньодобовий приріст (г) і конверсія корму (кг), відповідно до загальноприйнятих методик [8; 9; 18].

У процесі проведення експериментальних досліджень параметри мікроклімату у виробничому приміщенні визначали із застосуванням електронного термометра “Testo 810” (Німеччина). Температурні показники реєстрували у трьох просторових зонах: у зовнішньому середовищі (просто неба), у зоні перебування тварин у стані лежання (на висоті 25–30 см від підлоги) та в зоні стояння тварин (на рівні 60–70 см від підлоги).

З метою оцінювання фізіологічних реакцій молодняку на варіації температурних параметрів мікроклімату здійснювали визначення низки показників. Частоту дихальних рухів (далі – ЧДР) реєстрували шляхом візуального підрахунку кількості рухів грудної клітки протягом однієї хвилини (60 с), за допомогою секундоміра. Частоту серцевих скорочень (далі – ЧСС) визначали за допомогою портативного ветеринарного пульсоксиметра UT100V, який забезпечує діапазон вимірювання частоти пульсу від 25 до 350 уд./хв з точністю ± 2 уд./хв, шляхом закріплення датчика на вушній раковині тварини. Ректальну температуру (далі – РТ) вимірювали цифровим термометром, який вводили у пряму кишку на глибину 50 мм до стабілізації температурних показників [7; 17].

Протягом усього експериментального періоду здійснювали хронометраж поведінкових актів свиней на відгодівлі методом безперервного відеоспостереження з використанням відеореєстраторів із роздільною здатністю 1 280 × 720 (HD), ширококутним об'єктивом (кут огляду – 170°), функціями детекції руху й інфрачервоного підсвічування. Спостереження проводили впродовж трьох послідовних діб у безперервному режимі від 7:00 ранку до 7:00 ранку наступної доби. За результатами відеоаналізу визначали тривалість (у хвилинах) різних типів поведінкових актів, як-от: відпочинок, споживання корму та води, локомоторна активність, прояви агресії (бійки, укуси), дослідницька активність, взаємодія з об'єктами й ігрова поведінка, відповідно до загальноприйнятих методичних підходів [8; 11].

Умови годівлі, напування, утримання, догляду й профілактики тварин в експерименті відповідали вимогам вітчизняного та європейського законодавства [10; 20; 22].

Усі ветеринарні обробки для піддослідних груп свиней здійснювались за єдиною схемою, прийнятою в господарстві. Мікроклімат у приміщенні, де утримували тварин, регулювався системою негативної вентиляції, що включала осьовий витяжний вентилятор, установлений на стелі, та припливні клапани, змонтовані у стінах. Їхня робота координувалася мікропроцесорною системою контролю параметрів мікроклімату.

Видалення гною здійснювалось вакуумно-самопливною системою періодичної дії, яка складалась із ванн, розташованих по всій площі станків, та мережі трубопроводів, через які гнойові стоки транспортувались до проміжних гнойозбірників-септиків, розміщених за межами приміщення.

Експериментальні дані оброблені методом варіаційної статистики з використанням комп'ютерної техніки й пакетів прикладного програмного забезпечення [2].

Виклад основного матеріалу дослідження. Показники пікової зовнішньої температури повітря в період проведення експерименту в розрізі літніх місяців були такі: червень – 33,6 °С, липень – 36,8 °С, серпень – 32,5 °С, а середні добові позначки температури були на рівні 22,7; 27,2 та 25,0 °С [14] відповідно.

За рекомендовану температуру у приміщенні для утримання свиней живою масою 30–120 кг на бетонній решітчастій підлозі прийнято 18–20 °С [18], на ці ліміти налаштовується автоматизована система підтримки мікроклімату в боксах. Фактично в найспекотніші місяці року, особливо в південній частині України, відмічаємо невідповідність нормативним значенням, навіть за належної роботи обладнання для підтримки мікроклімату. В експериментальний період температура в зоні утримання тварин коливалася в межах 24,3–27,5 °С, що на 25–27% вище за нормативні значення. Отже, під час досліджень організм свиней отримував тепловий стрес із шокowymi піками опівдні, з негативним впливом на здоров'я та продуктивність тварин.

Уведення до раціонів піддослідного молодняку свиней у підготовчий період і протягом відгодівлі кормової добавки “Sangtrovit Extra” позитивно впливало на показники продуктивності та загальний стан тварин (табл. 2).

Варто відзначити, що під час постановки на відгодівлю всі поросята мали живу масу 33,10–33,95 кг. У віковий період 14 тижнів свині II дослідної групи, які споживали “Sangtrovit Extra” вірогідно перевищували за показником живої маси тварин контрольної групи на 3,24 кг, а за середньодобовим приростом – на 39,4 г.

Так, у 17 тижнів тварини дослідної групи вірогідно домінували за показником живої маси над аналогами контролю на 4,72 кг. Найвищі середньодобові прирости зафіксовано у свиней, які споживали комплексну добавку “Sangtrovit Extra” у період теплового стресу. Аналогічна тенденція спостерігалася і в наступні вікові періоди.

За період відгодівлі вибракування тварин у санітарні блоки падіж був вищим у представників контролю – 11,67%, що на 8,34% вище за дослідну групу.

Таблиця 2. Динаміка продуктивних ознак свиней на відгодівлі, (n = 60), $\bar{X} \pm Sx$

Ознака	Група / Вік		+/- II до I
	I – контрольна	II – дослідна	
11 тижнів			
Жива маса, кг	33,10 ± 0,247	33,95 ± 0,287	0,85 ^{aa}
12 тижнів			
Жива маса, кг	37,87 ± 0,248	39,10 ± 0,232	1,23 ^{ab}
Середньодобовий приріст, г	632,8 ± 3,21	735,7 ± 2,43	102,9 ^{ab}
14 тижнів			
Жива маса, кг	46,36 ± 0,291	49,60 ± 0,265	3,24 ^{ab}
Середньодобовий приріст, г	710,8 ± 3,65	750,2 ± 2,75	39,40 ^{ab}
17 тижнів			
Жива маса, кг	63,22 ± 0,312	67,94 ± 0,286	4,72 ^{ab}
Середньодобовий приріст, г	801,6 ± 3,74	873,0 ± 2,43	71,40 ^{ab}
22 тижні			
Жива маса, кг	93,22 ± 0,302	98,59 ± 0,246	5,37 ^{ab}
Середньодобовий приріст, г	848,9 ± 3,63	875,75 ± 2,88	26,85 ^{ab}
26 тижнів			
Жива маса, кг	113,68 ± 0,294	118,55 ± 0,231	4,87 ^{ab}
Середньодобовий приріст, г	701,7 ± 14,74	713,11 ± 12,25	11,41 ^{aa}
Вибракування за період відгодівлі (травми, хвороби, падіж), %	11,67	3,33	-8,34

Примітки: aa – невірогідна різниця; ab – вірогідна різниця.

На основі проведених досліджень щодо відгодівельних характеристик дослідних груп свиней встановлено вірогідну різницю показників віку досягнення кінцевої живої маси та середньодобового приросту за весь період відгодівлі (табл. 3).

Таблиця 3. Відгодівельні ознаки молодняку свиней, (n = 60), $\bar{X} \pm Sx$

Група	Вік досягнення живої маси, діб	Середньодобовий приріст, г	Конверсія корму, кг
жива маса 100 кг			
I – контрольна	159,3 ± 0,71	810,9 ± 6,67	3,06
II – дослідна	156,0 ± 0,68	849,8 ± 4,95	2,88
+/- II до I	-3,3 ^{ab}	38,9 ^{ab}	-0,18
жива маса 120 кг			
I – контрольна	191,6 ± 0,71	778,3 ± 5,21	3,24
II – дослідна	184,2 ± 0,68	810,7 ± 4,76	3,02
+/- II до I	-7,4 ^{ab}	32,4 ^{ab}	-0,22

Тварини, які споживали комплексну добавку “Sangtrovit Extra” у період теплового стресу, на 3,3 та 7,4 доби раніше досягають живої маси у 100 і 120 кг порівняно з ровесниками I контрольної групи. Значення середньодобових приростів у свиней II групи були вірогідно вищими відповідно на 38,9 та 32,4 г, за відгодівлі до кінцевих вагових кондицій.

Унаслідок теплового стресу конверсія корму у свиней погіршується на 0,18–0,22 кг, тобто зростає кількість корму, необхідного для отримання 1 кг приросту живої маси. У нормальних умовах цей показник становить приблизно 2,5–3,0 кг/кг, тоді як за високих температур (понад 27–30 °C) він може сягати 3,5–4,0 кг/кг і більше. Основними причинами такого погіршення є зниження споживання корму через втрату апетиту, підвищене витрачання енергії на терморегуляцію, порушення обміну речовин та зниження активності ферментів травлення [4]. Отже, унаслідок цього зменшуються середньодобові прирости, подовжується період відгодівлі та знижується економічна ефективність виробництва.

Результати досліджень відгодівельних ознак свиней свідчать, що тварини під впливом технологічного температурного стресу мали значно нижчі середньодобові прирости, конверсію корму та скоростиглість.

Під впливом теплового стресу етограма поведінки свиней груп зазнала суттєвих змін, що свідчить про їхню спробу адаптуватися до підвищеної температури навколишнього середовища. Спостерігалось зниження загальної рухової активності у тварин контрольної групи, свині більше лежали (+19,3%), переважно на боці з витягнутими кінцівками, для збільшення площі тепловіддачі. Індекс рухової поведінки був нижчим у тварин I групи.

Частота дихання ("panting") була вищою у свиней контрольної групи на 38,3%, що є одним з основних механізмів терморегуляції. Частота серцевих скорочень у тварин контрольної групи, порівняно з дослідною, збільшилася на 44,1%. Ректальна температура у тварин I групи підвищувалася на 0,68 °C.

Знижувалося споживання корму, тварини контролю рідше підходили до годівниць, скорочувався час споживання кормів, натомість підвищувалася частота споживання води, що вплинуло на зменшення індексу кормової поведінки (-5,6%).

У поведінці свиней контрольної групи більше реєструвалися прояви апатії, а також стереотипні дії (кусання елементів станка, облизування). Характерним був і пошук прохолодних місць – свині лягали на бетон, зволожені ділянки підлоги.

Результати досліджень свідчать, що відгодівельні свині, що утримувалися в умовах теплового стресу, виявляють виражені поведінкові зміни, що є адаптивною реакцією організму на тепловий дискомфорт. Ці зміни включають зниження активності, зміну пози тіла, часті акти лежання, зменшення споживання корму та підвищене споживання води. Можна констатувати, що такі реакції мають прямий вплив на фізіологічний стан і продуктивність тварин. Отримані дані повною мірою є ознакою процесу відгодівлі молодняку свиней дослідних груп, що дозволяє більш повно оцінити вплив мікрокліматичних умов на адаптацію, благополуччя та ефективність вирощування тварин у промислових умовах.

Висновки. У результаті досліджень представлено шляхи вирішення проблеми впливу теплового стресу на продуктивність, фізіологічний стан і поведінку свиней на відгодівлі в умовах Південного регіону України за використання інноваційної кормової добавки "Sangrovit Extra".

1. У літній період в умовах півдня України зафіксовано стійке перевищення нормативних параметрів мікроклімату: середньодобова температура повітря у приміщеннях для відгодівлі свиней становила 24,3–27,5 °C за рекомендованих 18–20 °C, що на 25–27% вище за норму. Зафіксовані пікові зовнішні температури досягали 36,8 °C, що призводило до розвитку теплового стресу у тварин.

2. Використання фітогенної кормової добавки "Sangrovit Extra" у дозі 150 г/т комбікорму зменшувало фізіологічні прояви теплового стресу у свиней: у тварин дослідної групи частота дихання була нижчою на 38,3%, частота серцевих скорочень – на 44,1%, а ректальна температура – на 0,68 °C, порівняно з контролем.

3. Свині дослідної групи демонстрували вищі прирости живої маси. Це свідчить про підвищення продуктивності в умовах високих температур. Період досягнення товарної маси скорочувався: тварини, що споживали "Sangrovit Extra", досягали 100 та 120 кг живої маси на 3,3 та 7,4 доби раніше, ніж аналоги з контрольної групи. Середньодобові прирости в цих тварин були вищими на 38,9 та 32,4 г. Покращувалась ефективність використання корму: у дослідної групи зафіксовано зниження витрат корму на 1 кг приросту на 0,18–0,22 кг порівняно з контролем. У дослідній групі відмічено зниження вибуття тварин на 8,34% порівняно з контрольною (3,33% проти 11,67%), що є свідченням кращої адаптації тварин до несприятливих умов утримання.

4. Етологічні показники свиней підтвердили позитивний вплив добавки на стан тварин: у дослідної групи тварини демонстрували вищу рухову активність, рідше спостерігалися апатія, агресія та стереотипії. У контрольній групі частота лежання була вищою на 19,3%, частіше реєструвалися спроби охолодження (лежання на бетоні, зволжених ділянках), а індекс кормової поведінки знижувався на 5,6%.

Перспективи досліджень полягають у комплексному економічному обґрунтуванні впроваджених технологій і визначенні альтернативних технологічних рішень.

Список використаних джерел

1. Сангровіт. *АгроПлюсІнвест* : вебсайт: URL: <https://www.agroplusinvest.com/ua/produksiia/svynarstvo/fitobiotiki-ua/sangrovit-extra-detail> (дата звернення: 10.06.2025).
2. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин : навчальний посібник / С.С. Крамаренко та ін. Миколаїв : МНАУ, 2019. 211 с.
3. Відомчі норми технологічного проектування. Свиначарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми), ВНТП-АПК-02.05. Київ : Мінагрополітики України, 2005. 98 с. URL: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svynarskipridpruyemstva-VNTP-APK-02.05.pdf.
4. Волошинов В.В., Повод М.Г., Ляхач В.Я., Ляхач А.В., Нечмілов В.М. Залежність продуктивності поросят на догодуванні від згодовування фітобіотика "Sangrovit Extra". *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Тваринництво». 2023. Вип. 3. С. 22–30. DOI: 10.32782/bsnau.lvst.2023.3.4.
5. Волошук В.М., Іванов В.О., Засуха Л.В., Бордунова О.Г., Павленко Ю.М. Вплив охолодженого повітря на утримання свиноматок з поросятами. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Тваринництво». 2020. Вип. 1 (40). С. 38–42.

6. Дещенко О.С., Лихач А.В. Вплив температурного фактору за різних систем вентиляції на фізіологічні показники кнурів-плідників. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. № 41. С. 19–25. DOI: 10.37406/2706-9052-2023-4.3.
7. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / за ред. В.В. Влізла. Львів : Сполом, 2012. 764 с.
8. Ладика В.І., Хмельничий Л.М., Повод М.Г. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів. Одеса : Олді+, 2023. 244 с.
9. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві / за ред. І.І. Ібатуліна, О.М. Жукорського : посібник. Київ, 2017. 328 с.
10. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин / Г.В. Проваторов та ін. Суми : ТОВ ВДТ «Університетська книга», 2007. 488 с.
11. Підвищення ефективності промислового виробництва свинини на основі використання етологічних факторів : монографія / А.В. Лихач, В.Я. Лихач. Миколаїв : Іліон, 2023. 422 с.
12. Підвищення продуктивності свиней за використання сучасного генофонду та інноваційних технологічних рішень : монографія / В.Я. Лихач та ін. Миколаїв : Іліон, 2022. 275 с.
13. Порошинська О.А., Лук'яненко К.С., Шмаюн С.С., Козій В.І. Фізіологічні та поведінкові індикатори стресу у свиней. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини імені С.З. Гжицького*. Серія «Ветеринарні науки». 2024. № 26 (116). С. 71–78. DOI: 10.32718/nvlvet11610.
14. Регіональні данні метеоспостережень. URL: <https://meteopost.com/weather/climate/>.
15. Ремизова Ю.А. Вплив мікроклімату на гомеостаз організму свиней, продуктивність та якість свинини : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.02.04. Полтава, 2019. 140 с.
16. Світові тенденції в галузі свинарства : вебсайт. URL: <https://pigua.info/uk> (дата звернення: 22.05.2025).
17. Сигналізатори горючих газів і парів термохімічні. ДСТУ 3377-96. Загальні технічні умови. Чинний від 01.07.1997. Видання офіційне. Київ : Український науково-дослідний інститут аналітичного приладобудування, 1997. 16 с.
18. Технологія виробництва продукції свинарства : навчальний посібник / М.Г. Повод та ін. ; за ред. М.Г. Повода. Київ : Науково-методичний центр ВФПО, 2021. 360 с.
19. Титарьова О.М., Святний І.В. Літня спека наступає. *Моя ферма*. 2019. № 3. С. 18–19.
20. ван де Вейр Хелін Аріане. Вимоги до благополуччя свиней: імплементація європейських стандартів. *Прибуткове свинарство*. 2019. № 5 (47). URL: <https://www.pigua.info/uk/post/vimogi-do-blagopolucca-svinej-implementacia-evropejskih-standartiv> (дата звернення: 14.05.2025).
21. Царенко О.М., Крятов О.В., Бондарчук Л.В. Ресурсозберігаючі технології виробництва свинини: теорія і практика : навчальний посібник. Суми : Універсальна книга, 2004. 269 с.
22. Council Directive 2008/120/EC (2008, December). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL> (дата звернення: 11.06.2025).
23. Deschenko A., Lykhach A., Lykhach V., Lenkov L., Barkar Y., Shpetny M. The impact of ventilation system type on the microclimate of boar's pen and their clinical triad parameters. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. 2024. Vol. 34 (3). P. 420–434. DOI: 10.29133/yyutbd.1424785.
24. Lykhach A., Lykhach V., Barkar Y., Shpetny M., Kucher O. Dependence between behavioural acts and sperm parameters of boars of modern and local breeds of Ukraine. *Journal of Animal Behavioural and Biometeorology*. 2023. Vol. 11 (1). P. e2023008. DOI: 10.31893/jabb.23008.

Sadovyi A. A.

*Postgraduate Student of the Second Year of Study,
Department of Technologies in Poultry, Pig and Sheep Breeding,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: a.sadovyi@nubip.edu.ua
ORCID: 0009-0001-2608-4033

Lykhach V. Y.

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Technologies in Poultry, Pig and Sheep Breeding,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

E-mail: vylykhach80@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9150-6730

INFLUENCE OF HEAT STRESS ON PRODUCTIVITY, BEHAVIOR AND PHYSIOLOGICAL STATUS OF FATTENING PIGS

Abstract

Intensification of pig production requires optimization of housing and feeding, taking into account the biology of animals, which increases productivity, reduces stress and improves product quality. The article deals with the problem of the influence of heat stress on the productivity, physiological state and behavior of fattening pigs in the southern region of Ukraine. It is proved that high temperatures

in summer lead to a violation of the microclimate in piggeries, which causes heat stress in animals. This is manifested in a decrease in appetite, average daily weight gain, deterioration of feed conversion, increased respiratory and heart rate, and changes in behavioral ethogram. The production experiment was conducted in the hottest summer months (June-August) at an industrial pork production facility located in the south of Odesa region. The study involved 120 young pigs divided into control and experimental groups. The pigs of the experimental group received the phytogenic additive "Sangrovit Extra" in a dose of 150 g/t as part of the feed. It was found that its use helps to reduce the negative effects of heat stress, reduce body temperature, respiratory rate and heart rate, maintain activity, improve appetite, increase average daily weight gain and reduce mortality. In the experimental group, animals reached live weight of 100 and 120 kg earlier by 3,3 and 7,4 days, respectively, with better feed conversion rates. Behavioral analysis confirmed that the animals of the experimental group were more active, apathy, aggressiveness and stereotypes were less frequent. The results indicate the effectiveness of the use of "Sangrovit Extra" as a means of preventing heat stress, increasing productivity and ensuring the welfare of pigs in industrial conditions. The practical value of the results obtained is to provide scientifically based recommendations for the use of the phytogenic supplement "Sangrovit Extra" for the prevention of heat stress in fattening pigs.

Key words: welfare, fattening young animals, behavior, productivity, pigs, heat stress, technology, housing, physiological parameters.

References

1. Sanhrovit [Sangrovit]. *AhroPlusInvest* (2025). Retrieved from: <https://www.agroplusinvest.com/ua/produksiia/svynarstvo/fitobiotiki-ua/sangrovit-extra-detail> [in Ukrainian].
2. 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].
3. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia. Svnarski pidpriemstva (komplekxy, fermy, mali fermy), VNTP-APK-02.05* [Departmental norms of technological design Pig enterprises (complexes, farms, small farms), VNTP-APK-02.05]. Kyiv: Minahropolityky Ukrainy, (2005), 98. Retrieved from: https://lugdpss.gov.ua/images/bezpechnist_veterynariya/Svnarski-pidpriemstva-VNTP-APK-02.05.pdf [in Ukrainian].
4. Voloshynov, V.V., Povod, M.H., Lykhach, V.Ia., Lykhach, A.V., & Nechmilov, V.M. (2023). Zalezhnist produktyvnosti porosiat na doroshchuvanni vid zghodovuvannia fitobiotyky "Sangrovit Extra" [Dependence of piglet productivity on feeding of phytobiotic "Sangrovit Extra"]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Tvarynnystvo*, (3), 22–30 [in Ukrainian].
5. Voloshchuk, V.M., Ivanov, V.O., Zasukha, L.V., Bordunova, O.H., & Pavlenko, Yu.M. (2020). Vplyv okholodzhenoho povitria na utrymannia svynomatok z porosiatamy [Influence of Cooled Air on the Housing of Sows with Piglets]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Tvarynnystvo*, 1 (40), 38–42 [in Ukrainian].
6. Deshchenko, O.S., & Lykhach, A.V. (2023). Vplyv temperaturnoho faktoru za riznykh system ventyliatsii na fiziologichni pokaznyky knuriv plidnykiv [Influence of the temperature factor under different ventilation systems on the physiological parameters of sire boars]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, (41), 19–25 [in Ukrainian].
7. Vlizlo, V.V. (Red.) (2012). *Laboratorni metody doslidzhen u biologii, tvarynnystvi ta veterynarnii medytsyni* [Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine]. (764 s.). Lviv: SPOLOM [in Ukrainian].
8. Ladyka, V.I., Khmelnychiy, L.M., & Povod, M.G. (2023). *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktiv tvarynnystva: pidruchnyk dlia aspirantiv* [Technology of production and processing of livestock products: a textbook for graduate students]. Odesa: Oldi+, 244. [in Ukrainian].
9. Ibatulin, I.I., Zhukorskyi, O.M. (2017). *Methodology and organization of scientific research in animal husbandry* [Methodology and organization of scientific research in animal husbandry]. Kyiv, 328 [in Ukrainian].
10. Provatorov, H.V., Ladyka, V.I., Bondarchuk, L.V., Provatorova, V.O., & Opara, V.O. (2007). *Normy hodivli, ratsiony i pozhyvnist kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn* [Feeding rates, rations and feed nutrition for different types of farm animals]. Sumy: TOV VDT "Universytetska knyha", 488 [in Ukrainian].
11. Lykhach, A.V., & Lykhach, V.Ia. (2023). *Pidvyshchennia efektyvnosti promyslovoho vyrobnytstva svynyny na osnovi vykorystannia etolohichnykh faktoriv* [Improving the efficiency of industrial pork production through the use of ethological factors: monohrafiia]. Mykolaiv: Ilion. 422 [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. Poroshynska, O.A., Lukianenko, K.Ie., Shmaiun, S.S., & Kozii, V.I. (2024). Fiziologichni ta povedinkovi indykatory stresu u svynei [Physiological and behavioral indicators of stress in pigs]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny im. S.Z. Gzhytskoho. Seriya: Veterynarni nauky*, 26 (116), 71–78 [in Ukrainian].
14. *Rehionalni dani meteosposterezhen* [Regional meteorological data]. Retrieved from: <https://meteopost.com/weather/climate/> [in Ukrainian].
15. Remyzova, Yu.A. (2019). *Vplyv mikroklimatu na homeostaz orhanizmu svynei, produktyvnist ta yakist svynyny* [Influence of microclimate on pig body homeostasis, productivity and quality of pork]. Poltava. 140 [in Ukrainian].
16. *Svitovi tendentsii v haluzi svynarstva* [Global trends in the pig industry]. Retrieved from: <https://pigua.info/uk> [in Ukrainian].
17. *Syhnalizatory horiuchykh haziv i pariv termokhimichni* [Thermochemical combustible gas and vapor alarms]. DSTU 3377 96. Zahalni tekhnichni umovy (1997, z 1997-07-01). Kyiv: Ukr. nauk.-doslid. in-t analitychnoho pryladobuduvannia [in Ukrainian].
18. Povod, M.O., Lykhach, V., Zhyshka, S., & Nechmilov, V., et al. (2021). *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktiv svynarstva*. [Technology of pig production: a textbook]. Kyiv: Naukovo-metodychnyi tsentr VFPO, 360 [in Ukrainian].
19. Tytarova, O.M., & Sviatnyi, I. (2019). Litnia speka nastupaie [Summer heat is coming]. *Moia ferma*, (3), 18–19 [in Ukrainian].

20. van de Veir, Khelin Ariane (2019). Vymohy do blahopoluchchia svynei: implementatsiia yevropeiskykh standartiv [Pig welfare requirements: implementation of European standards]. *Prybutkove svynarstvo*, 5 (47). Retrieved from: <https://www.pigua.info/uk/post/vimogi-do-blagopolucca-svinej-implementacia-evropejskih-standartiv> [in Ukrainian].

21. Tsarenko, O.M., Kriatov, O.V., & Bondarchuk, L.V. (2004). *Resursozberihaiuchi tekhnologii vyrobnytstva svynyny: teoriia i praktyka. [Resource-saving technologies of pork production: theory and practice: a textbook]*. Sumy: Universalna knyha, 269 [in Ukrainian].

22. Council Directive 2008/120/EC (2008, December). Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0120-20191214&from=NL> [in English].

23. Deschenko, A., Lykhach, A., Lykhach, V., Lenkov, L., Barkar, Y., & Shpetny, M. (2024). The impact of ventilation system type on the microclimate of boar's pen and their clinical triad parameters. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 34 (3), 420–434 [in English].

24. Lykhach, A., Lykhach, V., Barkar, Y., Shpetny, M., & Kucher, O. (2023). Dependence between behavioural acts and sperm parameters of boars of modern and local breeds of Ukraine. *Journal of Animal Behavioural and Biometeorology*, 11 (1), e2023008 [in English].

Отримано: 26.06.2025

Рекомендовано: 01.08.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.13>
УДК 635.15:631.5

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

КОНЦЕПЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ЯК СИДЕРАТУ ЗА РІЗНИХ СТРОКІВ ВИКОРИСТАННЯ НА ПІДСТАВІ БАГАТОРІЧНОГО ЦИКЛУ ВИВЧЕННЯ

Анотація

Актуалізовано систему біоорганічних технологій та систем удобрення сільськогосподарських культур на підставі використання сидератів. Сформульовано переваги сидеральних систем удобрення з позиції загальної ефективності, позитивного впливу на ґрунтові умови родючості, їхній потенціал і перспективи. За тривалий період досліджень (2014–2024 роки) оцінено ефективність використання редьки олійної як сидеральної культури за двох варіантів строкового її використання – весняного строку сівби за сидерального прямого використання сформованої біомаси в червні та літнього (проміжного) строку за прямого сидерального використання сформованої загальної сидеральної маси рослин у жовтні. Досліджено особливості формування сидераційного біопродуктивного й удобрювального (біохімічного) потенціалу надземної листостеблової та кореневої біомаси рослин редьки олійної. Застосовано широке коло рекомендованих і апробованих методик з оцінювання рівнів виходу листостеблової та кореневої маси рослин, повного її біохімічного складу та категоріальних співвідношень для оцінювання потенціалу та динамізму мінералізації її у ґрунті, прогнозування впливу на властивості ґрунту й урожайності наступних культур, а також наявний у культурі антисегетальний і біофумігаційний потенціал, з огляду на належність редьки олійної до хрестоцвітвого виду рослин.

Аналіз результатів проведено за спряженої кореляційно-регресійної оцінки з гідротермічними умовами періоду вегетації редьки олійної для обох строків сівби сидерату, із залученням в аналіз як базових показників суми опадів і середньодобової температури, так і аналітичних коефіцієнтів (ГТК, індексу посушливості та індексу зволоження). На підставі узагальнення результатів сформульовано концептуальні положення ефективного застосування редьки олійної в системі різнострокової сидерації з метою ефективної і максимальної реалізації її сидерального потенціалу та реалізації урожайного потенціалу сільськогосподарських культур, вирощуваних у сидеральних багаторічних ланках із редькою олійною.

Ключові слова: концепція застосування, сидераційний потенціал, біопродуктивність рослин, строки сидерації, біофумігація, удобрювальна цінність.

Вступ. Активізація процесів деградації ґрунтового покриву зумовлена цілою низкою об'єктивних причин, зокрема й зниженням рівнів екологізації застосування добрив за співвідношенням внесеної кількості мінеральних і органічних добрив, домінуванням мінеральних систем удобрення та відсутністю в підсумку позитивних процесів гумусонакопичення, що зумовлюють активний пошук біоорганічних систем забезпечення ґрунтового живлення за вирощування сільськогосподарських культур [4, с. 18–25]. Такі підходи актуалізуються і через стійкий дефіцит класичних органічних добрив як з огляду на істотне скорочення поголів'я тварин в Україні й у світовому вимірі, так і через біорециклінове використання різних відходів тваринництва, переважно з анаеробним форматом переробки на біогаз [9, с. 8–10]. Такі динамічні процеси поступово активізують науковий пошук у напрямі більш широкого залучення рослинних біоресурсів відповідних ґрунтово-кліматичних зон для альтернативного заміщення гною на безпосереднє їх використання в технологіях удобрення у варіантах різнострокової та різновидової сидерації [11, с. 5–7; 13, с. 7–9]. Сидерація за цих умов розглядається як варіант безпосереднього залучення біомаси різних видів рослин для безпосередньої ґрунтової імплементації у варіанті проміжного вирощування з наступним загортанням у ґрунт за визначені технологічні строки до посіву основної культури [12, с. 5–7]. Сидерація в сучасних реаліях розглядається як базова стратегія Європейського зеленого курсу (далі – ЄЗК) з позиції забезпечення бездефіцитного чи малодефіцитного балансу гумусу й основних макро- і мікроелементів у ґрунтах, активізації мікробіологічної активності ризосфери ґрунту, зниження його фітотоксичності, оптимізації попередників у сівозміні за відповідного домінування окремих видів рослин у структурі посівних площ, зниження рівнів актуальної та потенційної забур'яненості агроценозів, істотне в перспективі поліпшення агрофізичних і водних властивостей ґрунтів тощо [17, с. 7–12].

Водночас, незважаючи на доведену ефективність сидерації як комплексної біоорганічної системи агротехнологій на фоні удорожчання основних видів агрохімікатів і загального зростання собівартості вирощеної продукції,

проблемними питаннями, які потребують подальшого наукового узагальнення, залишаються аспекти добору оптимальних кандидатів сидерального клину рослин для окремих ґрунтово-кліматичних ресурсів відповідних сільськогосподарських територій з позиції строків сидерації, ефективності її використання під різні види сільськогосподарських культур, проведення аналізу впливу сидерації на основні та супутні властивості й режими ґрунтів [18, с. 123–125; 20, с. 2–3; 22, с. 72–73; 23, с. 25–30]. Такі питання особливо актуальні також на фоні глобальних змін клімату та диверсифікації аграрного виробництва в різних країнах світу, зокрема й в Україні, а також уже згадувана проблема вираженої динаміки приросту деградації ґрунтового покриву [1, с. 4–5; 2, с. 55; 3, с. 173–174].

Виходячи з окреслених вище проблем і тенденцій, важливим буде багаторічне оцінювання застосування в ротаційній системі вирощування основних сільськогосподарських культур різних варіантів сидерації за використання одного з поширених і рекомендованих у практику видів рослин-сидератів, серед яких редька олійна набуває все більшої популярності та практичного застосування в агроформуваннях різних форм власності та спеціалізації.

Мета роботи. Дослідження та оцінювання різнострокової сидерації за застосування біопродуктивного потенціалу редьки олійної (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) у варіантах біоорганічних (сидеральних) технологій у рамках виконання державної програми «Розробка екологоорієнтованих технологій вирощування біоенергетичних культур для забезпечення енергонезалежності та ґрунтозбереження для формування кліматичної нейтральності» (№ держреєстрації 0124U000483).

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження передбачали тривале вивчення сидерального різнострокового використання редьки олійної як сидерату впродовж 2014–2024 рр. на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету (геолокація місця досліджень: N 49°11'31", E 28°22'16"). Ґрунтовий покрив дослідного поля – сірі лісові ґрунти з такими агрохімічними характеристиками: уміст гумусу – 2,68% легкогідролізованого азоту – 81,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору – 176,1 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 110,8 мг/кг ґрунту, pH_{кел} 5,8.

Усі роки досліджень вирощувався сорт редьки олійної Журавка, який має комбіноване використання (зелена маса – сидерація – насіння) на неудобреному фоні (варіант сидеральної технології з мінімальними витратами) за норми висіву 2,5 млн схожих насінин/га звичайним рядковим способом (міжряддя – 15 см). Вивчалися паралельно дві системи сидерального використання редьки олійної:

I. Система ранньовесняної сівби після проміжного обробітку за застосування культивачі (8–10 см із вирівнюванням на першу-другу декаду квітня) на фоні зяблевої оранки (20–22 см) за сидерального використання сформованої біомаси на фазу цвітіння (ВВСН 64–67, календарно – друга-третья декада червня).

II. Система літньої сівби відразу після збирання попередника за використання комбінованого обробітку ґрунту (плоскоріз + ротаційне розпушування з вирівнюванням) на глибину 12–14 см у другій-третьій декаді липня за сидерального використання сформованої біомаси на фазу цвітіння (ВВСН 64–67, календарно на другу-третю декаду жовтня).

Рослинну масу сидерату заробляли у ґрунт після скошування з подрібненням та подільшого застосування безпліцевого обробітку на глибину 12–15 см, відповідно до рекомендацій для умов нестійкого зволоження [7, с. 78–80].

Для проведення аналізу потенційної сидеральної продуктивності редьки олійної як за весняного, так і за літнього строку сівби було сформовано сидеральні агроценози редьки олійної відповідно до вказаних вище параметрів. Схема дослідів передбачала чотириразову повторність за рандомізації варіантів. Загальна площа ділянки була 35 м², а облікова – 25 м².

Облік надземної біомаси рослин проводили безпосередньо перед сидеральним застосуванням у всіх повтореннях на рандомізованих ділянках площею 1 м² шляхом скошування та зважування на лабораторних вагах [6, с. 18–20].

Для супутнього визначення обсягів формування кореневої біомаси до частини периметра облікових ділянок з формування надземної біомаси було застосовано метод монолітів [15, с. 2–5] для оцінювання біопродуктивності кореневої системи рослин промиванням сформованих монолітів із кроком шару в 10 см на колонках решіт (сіта лабораторні дротяні (ТУ України ТС 14-4-507-99): 4,0 мм, 2,0 мм, 1,0 мм, 0,5 мм та 0,25 мм). Відібрані таким чином корені підсушувались протягом доби за кімнатної температури та зберігались у герметичних пакетах для вагового аналізу.

Уміст сухої речовини визначали загальноприйнятим методом через висушування в сушильній шафі за температури 105 °С до постійної маси [10, с. 20–22; 28, с. 105–110]. Біохімічний аналіз рослинної маси редьки олійної проводили в перерахунку на абсолютно суху речовину із застосуванням стандартних протокольних методів визначення базових показників, які детально описано в одній із наших публікацій [26, с. 1029–1033].

Рівень забур'яненості агроценозів культур після сидерації оцінювався за методикою Європейської асоціації гербологів (EWRs), ухваленою до застосування в Україні у 2013 р. [27, с. 662–664], з обліком у 50 облікових квадратах площею 1 м², з розподілом їхньої кількості на 4 повторення дослідів. Облік сформованої маси бур'янів проводили паралельно з обліком надземної сидеральної маси рослин редьки шляхом прямого відбору бур'янистих видів з облікового снопа [27, с. 663].

Облік урожайності культур, під які було застосовано сидерацію, здійснено на підставі чинної методики державного сорто випробування сортів і гібридів сільськогосподарських культур [6, с. 15–20]. За контроль було використано ділянки даних культур без застосування сидерації, за однакових технологій подальшого їх вирощування.

Аналіз погодних умов та рівня їхньої мінливості за період 2014–2024 рр. проводився на основі розрахунку гідротермічного коефіцієнта (далі – ГТК) відповідно до рівняння 1, індексу посушливості (I_n) відповідно до рівняння 2, коефіцієнта зволоження (K_z) відповідно до рівняння 3. Зведені дані та графічна інтерпретації гідротермічних умов вегетації послідовно представлені в табл. 1 та на рис. 1.

$$ГТК = \frac{\sum R}{0.1 \times \sum t_{>10}}, \quad (1)$$

де: $\sum R$ – сума опадів (мм) за період із температурою вище ніж 10 °C, $\sum t_{>10}$ – сума ефективних температур за той самий період.

$$I_n = \frac{12P_{оп}}{T_{сер.} + 10}, \quad (2)$$

де: $P_{оп}$ і $T_{сер.}$ – кількість опадів і середня температура повітря у відповідному місяці.

$$K_z = \frac{P}{E}, \quad (3)$$

де: K_z – коефіцієнт зволоження; P – сума опадів, мм; E – випаровуваність за аналізований період (яку розраховували відповідно до рівняння 4), мм.

$$E = 0,0018 \times (25 + t)^2 \times (100 - a), \quad (4)$$

де: E – випаровуваність рослин для визначеного періоду, мм; t – середня температура повітря за період, °C; a – середня вологість повітря, %.

З урахуванням оптимальних параметрів для ростових процесів рослин редьки олійної на підставі супутніх тривалих оцінок [12, с. 11–30; 24, с. 270–275; 25, с. 225–230; 25, с. 220–222; 26, с. 1035–1045], роки досліджень було розміщено в такому порядку зростання сприятливості ростових процесів для умов весняного строку сівби: 2017–2015–2016–2018–2021–2022–2023–2024–2014–2020–2019 рр. Для умов літнього строку сівби аналогічний ряд був такий: 2021–2019–2015–2016–2024–2023–2014–2020–2018–2017–2022 рр.

Для статистичної обробки отриманих результатів було використано пакет програми “Statistica 10” (StatSoft – Dell Software Company, США) з розрахунком середнього арифметичного, стандартного відхилення (SD) та коефіцієнта варіації (C_v). Для визначення статистично значимої різниці між варіантами було застосовано стандартну схему дисперсійного аналізу [30, с. 69–85], а для оцінювання тісноти зв'язку між парами ознак – систему кореляційного аналізу [30, с. 86–95].

Ступінь інтегральності зв'язку в системі кореляційних пар оцінювали за значенням коефіцієнта детермінації зв'язку (рівняння 5):

$$d_{yx} = r_{ij}^2 \times 100, \quad (5)$$

де: r_{ij} – коефіцієнт кореляції між i -м та j -м показником.

Відмічено, що концептуальні принципи сидерального використання певного виду культур мають базуватись на окремих блоках [18, с. 124–125]. Перший стосується дослідження оптимальності строків сидерального використання культури з огляду на її біопродуктивність і сталість даного показника з позиції мінливості гідротермічних умов вегетації. До цього блоку варто віднести й оцінку біохімічного сидерального потенціалу культури. Другий охоплює аспекти оцінювання контролю рівня гербоконкуренції за показниками рівня забур'яненості як одного з важливих складників контролю загальної фітотоксичності ґрунту та рівня сегетальної чистоти поля. Третій – передбачає безпосереднє оцінювання впливу застосування сидератів на рівень урожайності відповідних сільськогосподарських культур у зіставленні з контролем без сидерації.

Багаторічний період дослідження сидеральної біопродуктивності редьки олійної за різних строків сівби (табл. 2) дозволив ідентифікувати ефективність сидерального використання редьки олійної на ґрунтах середнього потенціалу ґрунтової родючості за високого рівня мінливості гідротермічних умов. Для весняного строку сівби редьки олійної ріст і розвиток рослин за аналізований період відбувався на фоні міжрічної мінливості (за показником коефіцієнта варіації (C_v)), за середньодобовою температурою на рівні 7,06%, а за сумою опадів – на рівні 35,21%. За літнього строку сівби дані показники були на рівні 8,04 та 32,66% відповідно. На підставі відносної сталості температурного режиму основним фактором впливу на біопродуктивність редьки олійної як сидерату був режим атмосферного зволоження, тобто кількість опадів. Установлено істотно вищий рівень біопродуктивності редьки олійної за її сидерального використання за весняного строку сівби.

Таблиця 1. Оцінювання значень гідротермічних режимів періоду активної вегетації редьки олійної для варіанту весняного та літнього строку сівби сидерату, 2014–2024 рр.

Рік	Сума опадів, мм (IV–VI)	$t_{\text{aver}}^{\circ\text{C}}$ (IV–VI)	Місяці періоду вегетації													
			IV			V			VI							
			ГТК	I _{DM}	K _h	ГТК	I _{DM}	K _h	ГТК	I _{DM}	K _h					
Варіант весняного строку сівби сидерату																
2014 p.	339,6	13,84	0,725	45,7	1,18	3,928	88,9	2,11	1,545	34,8	0,83					
2015 p.	142,3	14,36	0,645	37,3	0,78	0,917	20,6	0,41	0,715	16,9	0,27					
2016 p.	193,4	15,06	0,296	21,6	0,44	0,489	40,4	0,99	1,265	29,9	0,75					
2017 p.	125,1	14,07	3,919	39,2	0,75	0,777	16,8	0,34	0,504	11,9	0,22					
2018 p.	170,8	16,38	0,290	10,8	0,19	0,308	7,2	0,12	4,404	103,7	2,31					
2019 p.	398,5	15,39	0,565	33,5	0,72	4,902	111,0	3,29	1,682	41,4	0,96					
2020 p.	343,8	13,67	0,091	36,4	0,50	5,327	106,4	3,18	1,548	37,3	0,89					
2021 p.	282,8	13,26	0,233	38,8	0,96	3,125	66,7	1,64	1,679	39,8	1,00					
2022 p.	242,1	14,30	0,563	57,4	2,33	1,430	31,3	0,79	1,496	36,1	0,85					
2023 p.	239,8	14,18	1,543	91,5	3,33	0,085	1,90	0,04	1,640	38,9	0,87					
2024 p.	262,1	16,27	3,259	47,5	3,18	0,577	13,19	0,24	1,660	40,4	0,98					
Рік	Сума опадів, мм (VII–X)	$t_{\text{aver}}^{\circ\text{C}}$ (VII–X)	Місяці періоду вегетації												$t_{\text{aver}}^{\circ\text{C}}$	Сума опадів, мм
			VII			VIII			IX			X				
			ГТК	I _{DM}	K _h	ГТК	I _{DM}	K _h	ГТК	I _{DM}	K _h	ГТК	I _{DM}	K _h		
Варіант літнього строку сівби сидерату																
2014 p.	250,8	15,4	1,312	32,7	0,77	1,049	26,0	0,51	1,252	25,7	0,56	1,770	35,8	0,93	–	–
2015 p.	160,8	16,6	0,321	8,1	0,14	0,124	3,1	0,05	1,184	26,8	0,63	3,039	49,4	1,25	0,2	245,5
2016 p.	212,7	15,6	1,056	26,5	0,55	0,898	22,0	0,43	0,014	2,5	0,05	0,548	63,4	2,45	9,5	256,1
2017 p.	318,0	16,0	1,524	37,5	0,72	0,819	20,7	0,38	3,100	61,2	1,57	1,065	30,0	1,26	–0,6	325,7
2018 p.	273,4	16,4	2,158	53,4	1,63	0,585	14,6	0,30	1,378	27,2	0,71	0,873	27,6	0,95	–0,4	323,7
2019 p.	161,7	16,0	1,013	24,4	0,56	0,237	5,9	0,11	0,994	20,7	0,42	0,383	27,4	0,93	0,0	271,0
2020 p.	245,4	17,6	0,589	14,7	0,31	0,527	13,2	0,22	0,859	27,5	0,54	2,544	60,6	3,05	2,9	200,5
2021 p.	176,9	15,4	0,782	20,1	0,45	1,459	35,7	0,91	0,705	17,6	0,51	0,000	1,7	0,04	–0,3	356,1
2022 p.	436,6	16,0	0,900	22,4	0,58	1,712	43,1	1,06	4,960	98,1	2,60	3,167	51,4	1,50	1,2	216,9
2023 p.	247,1	18,3	1,414	35,8	0,82	0,652	16,9	0,36	1,015	23,4	0,63	1,025	29,9	0,93	2,2	278,0
2024 p.	219,8	19,6	1,190	31,1	0,66	0,771	19,8	0,41	0,445	10,6	0,22	1,173	30,5	1,06	2,9	371,2

Примітка: * – середня середньодобова температура (°C); ** – сума опадів (мм) за період листопад попереднього року – березень наступного.

Таблиця 2. Зіставний рівень біопродуктивності редьки олійної в сидеральному її агроценозі за різних строків сівби на фазу цвітіння (ВВСН 64–67), 2014–2024 рр.

Показники сидеральної продуктивності		Роки											НІР _{0.5}
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Вихід надземної біомаси, т/га	1*	33,49	20,11	21,29	15,22	13,89	35,75	30,88	24,12	21,18	24,48	20,12	1,42
	2	22,21	9,49	21,05	23,79	23,12	10,11	11,29	16,22	24,77	21,39	9,77	1,24
Вихід надземної біомаси в сухій речовині, т/га	1	4,10	2,84	3,02	2,09	2,10	4,03	3,93	2,85	2,81	3,20	2,71	0,23
	2	3,37	1,66	3,36	3,39	3,45	1,73	1,82	2,73	3,33	3,37	1,55	0,37
Вихід кореневої біомаси, т/га	1	13,28	7,88	6,22	4,47	3,39	14,85	13,02	9,57	7,44	6,87	5,97	1,09
	2	6,59	1,39	5,77	7,21	5,52	3,58	3,09	6,49	8,03	7,33	2,84	0,65
Вихід кореневої біомаси в сухій речовині, т/га	1	2,71	1,82	1,35	1,02	0,81	3,07	2,58	1,83	1,60	1,45	1,23	0,25
	2	1,46	0,35	1,33	1,52	1,29	0,72	0,70	1,51	1,76	1,72	0,68	0,14

Примітка: *1 – весняний строк сівби; 2 – літній строк сівби.

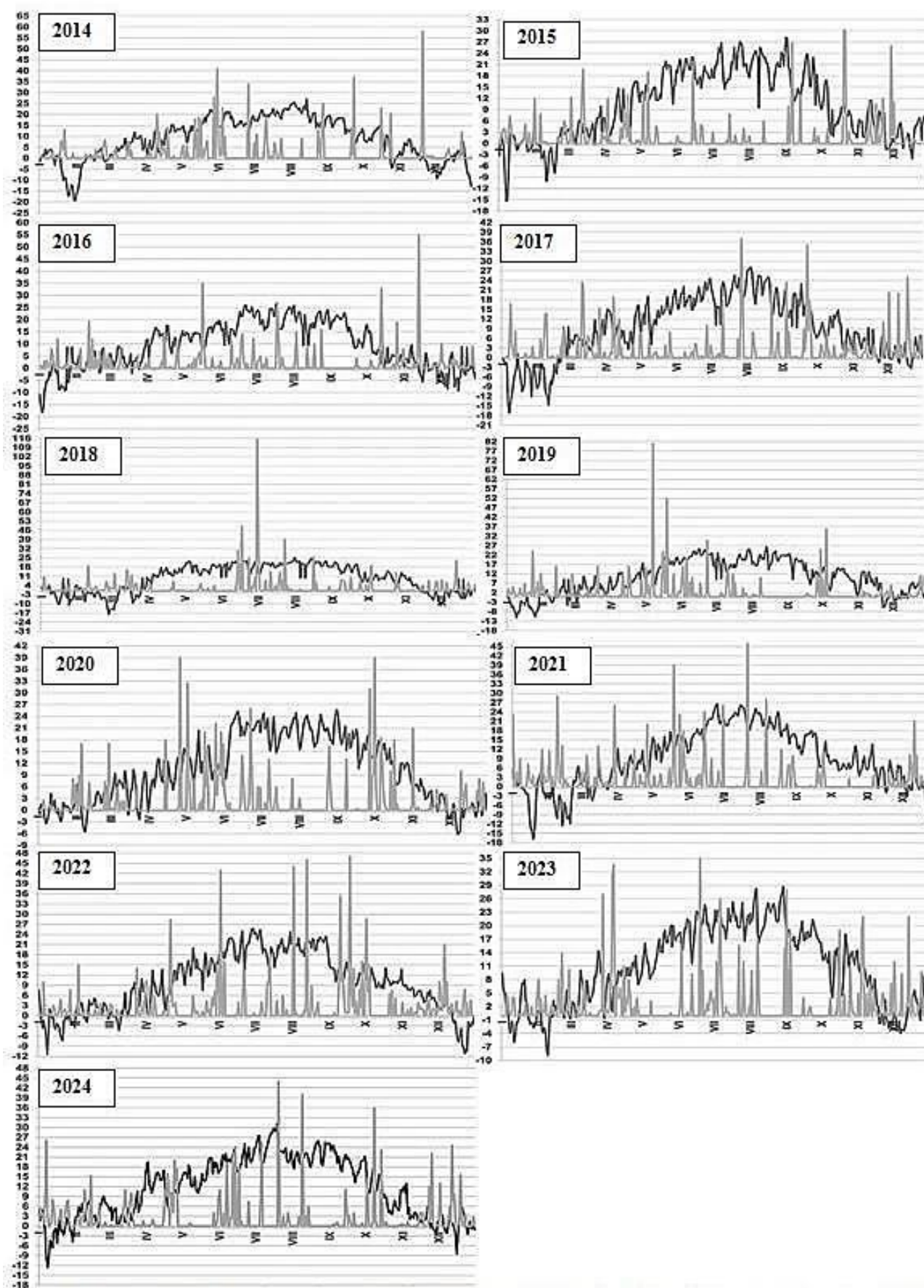


Рис 1. Динаміка гідротермічних умов, 2014–2024 рр.
(чорна лінія графіка – середньодобова температура повітря, °C; сіра лінія – сума опадів, мм)

Так, середньобаторічний показник виходу надземної маси за весняного строку сівби культури був у значенні 23,68 т/га, або 3,06 т/га у сухій речовині. За літнього строку сівби аналогічні показники становили 17,56 та 2,71 т/га відповідно. Аналогічну динаміку отримано й за показником виходу кореневої біомаси сидерату – 8,45 та 1,77 т/га за весняного, 5,26 та 1,19 т/га за літнього строку сівби. Зазначено різний рівень мінливості показника в зіставленні двох строків сівби. Для умов весняного строку сівби усереднено для показників загальної біомаси та біомаси у виразі сухої речовини – на рівні міжрічного варіювання 25,57%, а для умов літнього строку – 33,18%. У разі оцінювання формування кореневої біомаси аналогічні показники становили 42,96 та 41,21% відповідно. Істотно нижчі показники мінливості для весняного строку сівби за показником надземної біомаси в редьки олійної підтверджують вищу оптимальність її весняного строку. Навпаки, істотно вищі рівні мінливості за формуванням кореневої біомаси для різних строків сівби вказують на широкий спектр адаптивних реакцій у розвитку кореневої системи редьки олійної з позиції підтримання сталості коефіцієнта продуктивності кореневої системи за співвідношенням сформованої надземної та кореневої біомас рослини. Даний показник для весняного строку сівби був на рівні 1,86 (за міжрічного значення C_v 21,99%), а за літнього строку сівби – 2,49 (32,20%). Отже, редька олійна здатна завдяки адаптивному механізму інтенсифікації ростових процесів з істотним зростанням продуктивності кореневої системи формувати високий рівень біопродуктивного потенціалу й за літнього строку сівби її як сидерату. Результати такого оцінювання дозволяють віднести редьку олійну до адаптивних сидеральних культур із широким діапазоном строкового сидерального використання для умов нестійкого зволоження. Такі висновки підтверджуються зіставленням біопродуктивності редьки олійної та традиційних сидеральних культур хрестоцвітої групи для умов Правобережного Лісостепу, гірчиці білої та ріпаку ярого. Відповідно до [11, с. 10–21; 12, с. 197–217; 23, с. 28–37] сидеральна продуктивність гірчиці білої у варіантах весняного строку сівби досягала на сірих лісових ґрунтах у багаторічному вимірі для умов Лісостепу України показника 23,17 т/га (2,84 т/га у сухій речовині), а для умов літньої (проміжної) сівби – 14,29 т/га (2,09 т/га). Показники продуктивності ріпаку ярого у варіантах його сидерального використання були в середньому на 23,5% нижчими.

Установлено також, що основним лімітуючим фактором у формуванні біопродуктивності редьки олійної як сидерату є рівень зволоження за показником кількості опадів і загальний гідротермічний режим (відповідні коефіцієнти) (табл. 3).

Таблиця 3. Кореляційні залежності сидеральної біопродуктивності редьки олійної від гідротермічних ресурсів періоду вегетації за період 2014–2024 рр. (у єдиній системі зіставлення роки – повторення, за N=44 для кожного строку сівби)*

Кореляційні пари	Опади (мм)	Середньодобова температура (°C)	ГТК	I_n	K_z
Вихід листостеблової (надземної) біомаси (т/га)	<u>0,78</u> 0,63	<u>-0,37</u> -0,51	<u>0,89</u> 0,73	<u>0,92</u> 0,85	<u>0,85</u> 0,75
Вихід кореневої біомаси (т/га)	<u>0,77</u> 0,61	<u>-0,42</u> -0,59	<u>0,87</u> 0,77	<u>0,91</u> 0,80	<u>0,89</u> 0,74

Примітка: * рівень значущості для $p < 0,05$, інтервал $r = 0,15–0,19$, для $p < 0,01$ $r = 0,20–0,25$, для $p < 0,001$ $r > 0,25$;

** – у чисельнику значення за весняного, у знаменнику – за літнього строку сівби.

Зокрема, за показником детермінації ознак надземна біопродуктивність редьки олійної в сидеральному агроценозі із прямим характером формування за весняного строку сівби на 60,84% визначається кількістю опадів від сходів до сидерального застосування культури, на 79,21% визначається показником ГТК, на 84,64% визначається індексом посушливості (I_n), на 72,25% – коефіцієнтом зволоження (K_z). Вплив рівня середньодобової температури мав обернений характер за детермінації обсягів сформованої надземної біомаси у значенні 13,69%. Аналогічні значення залежностей у варіанті весняного строку сівби встановлено для обсягів формування кореневої біомаси рослин.

Для варіанту літнього строку сівби характер детермінації для всіх пар ознак був у середньому на 10,7% нижчим, що підтверджує зроблені висновки щодо адаптивності редьки олійної до аридизації умов вегетації за літнього строку сівби завдяки описаним механізмам, що властиві їй як покривній багатопрофільній культурі [23, с. 143–148; 24, с. 273–279; 25, с. 942–943]. Варто зауважити, що для гірчиці білої подібні залежності були на цьому ж рівні, проте залежність від гідротермічних умов за літнього строку її сівби, навпаки, була вищою, ніж за варіанту весняного строку [11, с. 251–253]. Подібні особливості відмічено і для варіанту використання ріпаку ярого як сидерату [11, с. 8–11]. Такі особливості на фоні істотно вищих темпів наростання надземної маси в редьки олійної порівняно з гірчицею білою та ріпаком ярим [24, с. 270–273], особливо за індикації аридизації періоду вегетації, доводять доцільність використання редьки олійної як за весняного, так і за літнього строку сівби у класичних ланках сівозміни, з насиченням сидеральними культурами за схемою весняний строк сівби під класичні озимі зернові культури та ярі технічні, а для варіанту літнього строку сівби – культури ярої ранньої та ранньої пізньої видових груп (не хрестоцвітих видів).

Важлива біохімічна цінність редьки олійної як сидерату. За усередненими показниками основний біохімічний склад у розрізі як строків, так і типології рослинної маси (надземна листостеблова та коренева) представлено

в табл. 4. Відповідно до усереднених даних і на підставі градаційної оцінки [28, с. 17–24] надземна маса редьки олійної на фазу цвітіння, яка рекомендована для сидерального її використання як за весняного, так і за літнього строку сівби, належить до високопротеїнових, з умістом сирого протеїну вище ніж 15% на абсолютно суху речовину. Її варто віднести також до рослинної маси з високою зольністю, що є цінним з позиції джерела макро- і мікроелементів за її мінералізації у ґрунті.

Таблиця 4. Середньобагаторічні показники біохімічного складу рослинної маси редьки олійної за вирощування її як сидерату різних строків сівби на фазу цвітіння (ВВСН 64–67) (середнє за період 2014–2024 рр. у розрахунку на абсолютно суху речовину)

Параметри біохімічного складу (у % на абсолютно суху речовину)	Надземна листостеблова маса		Коренева маса	
	1*	2	1	2
Сирий протеїн (СП)	14,94 ± 1,77**	17,94 ± 2,12	8,10 ± 1,17	9,98 ± 1,84
Сирий жир (СЖ)	4,11 ± 0,83	4,97 ± 0,71	1,86 ± 0,57	2,27 ± 0,34
Сира клітковина (СК)	21,87 ± 1,42	25,12 ± 1,31	48,61 ± 4,32	36,79 ± 2,06
Сира зола (СЗ)	13,22 ± 0,91	16,14 ± 0,75	6,86 ± 0,93	5,65 ± 1,05
Нейтрально-дигергентна клітковина (НДК)	37,15 ± 1,52	44,12 ± 1,27	54,01 ± 3,91	45,30 ± 1,26
Кислотно-дигергентна клітковина (КДК)	25,91 ± 2,42	31,17 ± 1,38	50,72 ± 4,55	40,58 ± 1,63
Лігнін (Л)	4,29 ± 0,82	6,59 ± 0,58	13,30 ± 1,12	9,83 ± 0,56
Целюлоза (Ц)	21,62 ± 1,77	24,58 ± 1,59	38,06 ± 3,31	30,75 ± 1,30
Геміцелюлоза (ГЦ)	11,24 ± 1,73	12,95 ± 1,57	3,28 ± 0,84	4,71 ± 1,03
Загальний уміст: – азоту (N)	2,39 ± 0,37	2,87 ± 0,44	1,30 ± 0,19	1,60 ± 0,29
– органічного вуглецю (C)	39,70 ± 1,17	40,57 ± 1,25	39,56 ± 1,11	40,94 ± 1,14
– фосфору (P)	0,71 ± 0,19	0,65 ± 0,09	0,43 ± 0,10	0,37 ± 0,05
– калію (K)	3,97 ± 1,18	4,07 ± 0,81	2,87 ± 0,86	2,40 ± 0,48
– кальцію (Ca)	1,08 ± 0,19	1,17 ± 0,21	0,46 ± 0,06	0,34 ± 0,12
– сірки (S)	0,48 ± 0,10	0,55 ± 0,17	0,66 ± 0,12	0,64 ± 0,12
– глюкозинолатів, мкмоль/г (ГКЗ)	14,37 ± 1,52	20,24 ± 1,75	18,07 ± 1,75	17,51 ± 1,54
Основні співвідношення				
C/N	16,61 ± 2,56	14,14 ± 2,70	30,43 ± 3,65	25,59 ± 6,13
C/P	55,92 ± 12,87	62,42 ± 11,12	92,00 ± 21,14	110,65 ± 14,29
C/S	82,71 ± 26,17	73,76 ± 30,14	59,94 ± 9,92	63,97 ± 12,44
Л/N	1,79 ± 0,28	2,30 ± 0,54	10,23 ± 0,83	6,14 ± 1,43
Л/P	6,04 ± 1,89	10,14 ± 2,07	30,93 ± 6,07	26,57 ± 3,98
Якість рослинних решток (ЯРР) (100-НДК)+(КДК-Л)	84,47 ± 1,77	80,46 ± 1,02	83,41 ± 1,59	85,45 ± 1,73
Акумуляція				
N, кг/га	73,18 ± 25,40	77,65 ± 31,25	28,32 ± 8,01	15,41 ± 9,26
P, кг/га	21,74 ± 4,57	17,59 ± 4,80	6,55 ± 2,48	5,10 ± 1,81
K, кг/га	121,55 ± 25,52	110,11 ± 22,25	42,48 ± 16,76	34,02 ± 10,19
Ca, кг/га	33,07 ± 7,13	31,65 ± 6,67	6,02 ± 2,89	5,45 ± 1,33
S, кг/га	14,70 ± 1,58	14,88 ± 3,37	11,33 ± 3,17	7,82 ± 2,64
ГКЗ, моль/га	44,00 ± 6,87	54,76 ± 13,67	31,98 ± 11,17	20,76 ± 8,46

Примітка: * 1 – весняний строк сівби; 2 – літній строк сівби; ** – стандартне відхилення (SD).

Наявність рослинних жирів понад 4% у виразі на суху речовину є наслідком належності рослини до групи олійних хрестоцвітих і, з позиції сидерального використання, є цінною для забезпечення гідролітичної стадії їх розщеплення під час розкладення рослинної надземної маси у ґрунті. Це формує передумови до сповільненого процесу мінералізації на початкових етапах контакту маси із ґрунтом з формуванням підстадій гідролітичного ослизнення та забезпечує процес мінералізації навіть за нижчих значень вологості ґрунту на етапі ліпідної деструкції, що позитивно узгоджується з низкою оцінок [19, с. 4–5].

Водночас наземна маса має високий вміст клітковини (понад 20%), що на фоні високого вмісту нейтрально-дигергентної клітковини (НДК) та помірного вмісту лігніну, вираженого диспаритету між умістом целюлози та геміцелюлози (середнє співвідношення 2 : 1) формує деякі прогнозовані особливості її розкладення у ґрунті. Зокрема, співвідношення між умістом лігніну й азоту (Л/N) вище одиниці, а також лігніну та фосфору (Л/P)

вище п'яти одиниць, з огляду на [20, с. 4–7], забезпечує повільні темпи розкладу похідних клітковини, особливо лігнізованих структур рослинної наземної біомаси редьки олійної. З огляду на те, що для рослин редьки олійної характерні чітка диференціація з мінімальним умістом клітковини та її похідних у листі та максимальний їх уміст у стеблах і плодах [12, с. 471–480], а також з огляду на показник співвідношення C/N на рівні 14–18 за весняного та 12–15 за літнього строку сівби, за оптимального значення для темпів сидерального розкладу на рівні 20–25 [16, с. 405–407], листостеблова маса редьки олійної застосована як сидерат на фазу цвітіння матиме визначені етапи її розкладу. Ці етапи включатимуть: швидкий розклад листової та генеративної частини (суцвіття) рослин, більш повільний етап розкладу стеблової частини та найбільш повільні темпи розкладу кореневої біомаси, із середнім удвічі вищим показником співвідношень Л/N, Л/P та C/N. Саме кореневу масу як за весняного, так і за літнього строку сівби варто розглядати як загальностабілізуючий чинник сповільнення темпів розкладу сидеральної маси, особливо в разі активного перемішування її залишків із сформованою надземною масою. Особливість перебігу таких процесів позитивно узгоджується з істотно вищими рівнями вмісту сирової клітковини та її похідних (усереднений по строках сівби коефіцієнт співвідношення між кореневою та надземною біомасою був у значенні 1,57), загалом забезпечує нормалізацію динаміки гниття та формує передумови до позитивного впливу сидерації на зростання агрохімічного потенціалу родючості ґрунтів, зокрема й збільшення вмісту органічного вуглецю та гумусонакопичення [16, с. 4–7; 19, с. 5–7; 20, с. 7–9]. Варто зауважити, що низьке значення співвідношення C/N, особливо за умов достатнього вологозабезпечення та відповідних температур ґрунту, може зумовити занадто швидкі темпи розкладу, що істотно знижує ефективність сидерації з позиції впливу на ґрунтові умови родючості.

Дані висновки було підтверджено таким інтегральним показником, як якість рослинних решток (ЯРР). На підставі [22, с. 472–473] даний показник розглядається з позиції оптимальності рослинної біомаси даного виду рослин для процесів ґрунтової іммобілізації та наступного позитивного впливу на ґрунтові режими. Його значення вище 80 вказує на загальний позитивний вплив застосованої біомаси як біоорганічного компоненту удобрення. За цим критерієм надземна біомаса весняного строку сівби та коренева літнього (табл. 4) є оптимальним варіантом сидерального застосування редьки олійної.

Варто також зазначити, що проведене оцінювання біохімічного складу листостеблової маси редьки олійної в розрізі трьох ключових фенологічних фаз: бутонізації (ВБСН 50–53), цвітіння (ВБСН 64–67) та зеленого стручка (ВБСН 73–75) [25, с. 948–950], засвідчило сталу середньо багаторічну динаміку зростання співвідношення C/N за поступового фенологічного розвитку рослин редьки олійної від 15–17 на фазу бутонізації до 28–32 на фазу зеленого стручка. На підставі цих результатів оптимальний фенологічний інтервал для сидерального використання редьки олійної з метою сповільнення процесу ґрунтового розкладу може бути зміщений на період початку фази зеленого стручка (ВБСН 69–71) для варіанту зони нестійкого зволоження.

Визначено цінність для обох строків сівби як надземної, так і кореневої біомаси редьки олійної з позиції вмісту основних елементів живлення, що позитивно узгоджується з уже зазначеною раніше високою її зольністю. З позиції градації вмісту елементів даний вид сидеральної сировини як за літнього, так і за весняного строків сівби варто віднести до категорії з високим вмістом азоту, калію, кальцію та сірки, з помірним умістом фосфору. Отже, сидеральна маса редьки олійної буде надійним джерелом даних елементів за системного її застосування в сівозміні. Це підтверджується результатами зіставлення середньо багаторічної продуктивності наземної та кореневої біомаси з концентрацією відповідних елементів. Так, за весняного строку сівби в середньобагаторічному вимірі сидерація з використанням редьки олійної в умовах нестійкого зволоження на неудобреному фоні забезпечує надходження у ґрунт з листостебловою та кореневою біомасою 101,5 кг/га азоту, 28,3 кг/га фосфору, 164,0 кг/га калію, 39,1 кг/га кальцію, 26,0 кг/га сірки (табл. 4). За літнього строку сівби дані показники були на рівні 93,1 кг/га, 22,7 кг/га, 144,1 кг/га, 37,1 кг/га та 22,7 кг/га відповідно. Такі результати підтверджують агрохімічний потенціал редьки олійної, усереднений за даними результатів зональних дослідів у різних ґрунтово-кліматичних зонах [8, с. 122–123].

На підставі варіювання вмісту елементів живлення у класичному гної ВРХ, відповідно до український стандартів, сидеральна маса редьки олійної весняного строку сівби в загальному виразі листостеблової та кореневої біомаси буде відповідати еквівалентній масі на рівні 17–19 т/га (з максимумом у різні роки до 26 т/га), а за літнього строку сівби – 15–17 т/га (з максимумом до 28,1 т/га). Такі результати підкреслюють агрохімічну цінність застосування редьки олійної у варіантах біоорганічних технологій удобрення, особливо на ґрунтах з низьким рівнем родючості. Беручи до уваги окреслені вище потенційно високі темпи розкладу листостеблової маси редьки олійної весняного строку сівби, її можна застосовувати як у варіанті сидерації під озими культури нехрестоцвітої групи, так і у варіанті осінньої сидерації для періоду жовтня – листопада, з огляду на особливості багаторічних гідротермічних режимів території досліджень (табл. 1).

Окремо варто зазначити біофумігаційний потенціал редьки олійної, з огляду на основний критерій цього показника – уміст глюкозинолатів. Спираючись на тривалі оцінки різних видів хрестоцвітих сидератів [16, с. 7–10], редьку олійну із середньобагаторічним виходом глюкозинолатів у 76,0 моль/га (з досяжним максимумом в окремі роки 93,7 моль/га) за весняного та 75,5 моль/га за літнього строку сівби (з досяжним максимумом в окремі роки 101,9 моль/га) варто віднести до сидераційних хрестоцвітих видів, придатних до ефективного застосування в різних варіантах біофумігації ґрунту, як у суто видовому, так і в сумішевому варіантах. З позиції біохімічних

критеріїв сидеральне застосування редьки олійної на ґрунтах із низьким і середнім рівнями ґрунтової родючості є технологічно доцільним і доведеним, а визначені фенологічні інтервали оптимальності такого застосування дозволяють використовувати редьку олійну в широкому спектрі розміщення ві сівозміні з близькою ефективністю як за літніх (проміжних), так і за весняних (основних) строків сівби та подальшого сидерального її застосування.

Варто зауважити, що біохімічна цінність листостеблової та кореневої біомаси редьки олійної як сидерату мала складний регресійний характер формування залежно від гідротермічних параметрів періоду вегетації. Ці залежності у зведеному варіанті для обох строків сівби представлено в таблиці 5. З огляду на представлені результати аналізу оптимальність біохімічного складу сидеральної маси редьки олійної має як схожі особливості формування, так і окремі відмінності для наземної та кореневої біомаси рослини. Так, щодо листостеблової маси оптимізація показників ЯРР та C/N, які по суті є визначальними у якісних процесах розкладення маси у ґрунті, отже, і позитивний вплив на подальші аспекти впливу на нагромадження біоорганічних і агрохімічних компонентів розкладу для поповнення балансу елементів живлення або ж безпосередньо забезпечення вищого ступеня їхньої доступності рослинам, які будуть розмішені після сидерації, визначено оптимальність цього показника у варіанті помірного температурного забезпечення на фоні помірного зволоження.

Таблиця 5. Множинна регресійна залежність основних показників сидеральної якості біомаси рослин редьки олійної від гідротермічних складників періоду її вегетації до сидерального застосування (для зведеного масиву даних строки сівби – роки, повторення (N=88), 2014–2024 рр.)

Показник*	Вираз залежності	Параметри рівняння		Статистична оцінка компонентів				
		x	y	Множинний R	Множинний R ² _(adj.)	F	df1, df2	p
Листостеблова (наземна) біомаса								
ЯРР	91,511–0,00997x –0,4874y	Сума опадів, мм	Середньодобова температура, °C	0,865	0,721	26,89	2,17	<0,001
C/N	23,48574–0,0173x –0,41259y			0,774	0,557	12,67	2,17	<0,001
СК	21,112–0,0144x –0,18451y			0,855	0,702	22,37	2,17	<0,001
ГКЗ	12,145–0,0133x + 0,1539y			0,792	0,601	14,23	2,17	<0,001
ЯРР	85,338–1,39654x + 9,452y	I _п	K _з	0,712	0,527	9,52	2,17	<0,05
C/N	18,223–2,023x + 12,187y			0,817	0,702	20,77	2,17	<0,001
СК	24,102–0,0956x –0,6852y			0,791	0,604	14,71	2,17	<0,001
ГКЗ	14,991–0,0062x –1,1102y			0,749	0,584	17,12	2,17	<0,001
Коренева біомаса								
C/N	58,155–0,164x –0,459y	Сума опадів, мм	Середньодобова температура, °C	0,708	0,611	7,17	2,19	<0,01
C/P	101,223–0,096x –0,287y			0,659	0,512	3,51	2,19	<0,05
C/S	50,847–0,0841x + 0,603y			0,774	0,658	8,12	2,19	<0,01
Л/Н	24,552–0,161x –0,657y			0,757	0,644	8,92	2,19	<0,01
Л/Р	38,550 + 0,0211x –0,241y			0,581	0,419	2,78	2,19	<0,05
ГКЗ	18,772–0,051x + 0,141y	I _п	K _з	0,705	0,561	4,15	2,19	<0,01
C/N	25,754 + 0,025x – 0,094y			0,654	0,511	3,02	2,19	<0,05
C/P	92,612 – 0,049x + 0,674y			0,703	0,584	6,88	2,19	<0,01
C/S	47,392 – 0,028x + 0,307y			0,710	0,607	7,59	2,19	<0,01
Л/Н	6,102–0,084x –0,127y			0,613	0,522	4,61	2,19	<0,01
Л/Р	21,452–0,125x + 0,603y			0,607	0,498	3,12	2,19	<0,05
ГКЗ	18,654–0,009x + 0,249y			0,647	0,501	4,09	2,19	<0,01

Примітка: * аббревіатура показників відповідно до даних таблиці 4.

Надмірна кількість опадів, понад 300 мм, за період до сидерального використання на фоні інтенсивного наростання температур зміщує процес формування рослин у бік зниження вмісту клітковини та лігнізації, формування вищих рівнів облистяності. Це формує передумови для зростання вмісту сирого протеїну та загального азоту, що на фоні більш сталого вмісту органічного вуглецю в редьки олійної суттєво знижує співвідношення C/N, проте сприяє росту показника ЯРР за критерієм зростання швидкості ґрунтової утилізації рослинних решток.

Зростання температури та загальної аридизації періоду вегетації редьки олійної формує потенційно високі передумови до зростання загальної зольності як листостеблової, так і кореневої біомаси, що сприяє зростанню вмісту основних елементів. З іншого боку, такі температурні умови, особливо на фоні зниження загальної кількості опадів та у варіанті літнього строку сівби, формують сталі процеси швидкого фенологічного розвитку рослин. Це сприяє швидкому фізіологічному старінню наземної біомаси, на відміну від кореневої біомаси (що зазначено в [14, с. 40–41]). З урахуванням указанного швидкого зростання співвідношення C/N в інтервалі фенологічного

розвитку від фази бутонізації до фази зеленого стручка, це зумовлює звуження інтервалу оптимального фенологічного сидерального застосування редьки олійної у варіанті літнього строку сівби та, відповідно, осінньої сидерації, на відміну від аналогічного варіанту весняного строку сівби та літнього періоду власне сидерації.

Доведено також позитивний вплив аридизації умов вегетації на ріст вмісту глюкозинолатів як у листостебловій, так і в кореневій біомасі рослин, що, незважаючи на істотно нижчий рівень загальної біопродуктивності рослин (табл. 2), забезпечує еквівалентні рівні біофумігаційної потенційної продуктивності за загальним виходом глюкозинолатів з га у зіставленні різних строків сівби сидератів. Основним лімітуючим фактором реалізації сидераційного потенціалу для редьки олійної буде рівень опадів за період вегетації у варіанті обох строків сівби. Оптимумом показника, виходячи з отриманих рівнянь регресійних залежностей, буде показник в інтервалі від 225 до 300 мм за період від сходів до прямого сидерального використання редьки олійної на фоні середньодобової температури у значенні не вище за 17 °С. Із цього погляду літній строк сидерального використання редьки олійної має більше технологічних ризиків в умовах нестійкого зволоження зони Правобережного Лісостепу, ніж весняний. У зв'язку із цим для проміжного (літнього) вирощування редьки олійної під неозимі культури в сівозміні допустима агротехнологічна можливість зміщення строків на більш пізні, серпнево-ранньовесенні, з огляду на багаторічну статистику розподілу опадів у регіоні вирощування.

Результативність сидерації за обох строків сівби сидерату, з позиції рівня забур'яненості агроценозів наступних культур та рівня їхньої врожайності, представлена в таблиці 6. За результатами багаторічного оцінювання, застосування як варіанту весняного строку вирощування сидерату редьки олійної, так і літнього строку мало тривалий позитивний ефект на зниження кількісного та вагового рівнів забур'яненості наступних після сидерації в сівозміні сільськогосподарських культур, забезпечувало статистично істотні прирости врожайності в зіставленні з контрольним варіантом (без сидерації). Ефективність різних строків сидерації за обома окресленими факторами контролю мала відмінності. Так, у варіанті весняного строку вирощування сидерату, відповідно, проведення сидерації в червні, під відповідні сільськогосподарські культури, середньобагаторічний ефект зменшення кількості бур'янів був на рівні 27,8%, а зниження маси бур'янів – 31,1%. Для варіанту літнього строку сівби редьки олійної та сидерального її використання в жовтні вказані показники були на рівні 48,4 та 49,4% відповідно. Ефективність обох варіантів сидерації була в середньому на 5,7% вищою за обох строків сівби сидерату в разі застосування сидерації під класичні просапні культури, як-от кукурудза на зерно, соняшник, сорго зернове, на відміну від сільськогосподарських культур суцільного строку сівби.

Таблиця 6. Вплив застосування проміжної сидерації редькою олійною на рівень забур'яненості та рівень урожайності наступних сільськогосподарських культур у сівозміні (на дату до застосування гербіцидів), 2014–2023 рр.

Варіант	Одиниці обліку*	Наступні культури після сидерації										
		2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.
		Сорго зернове	Ярий ячмінь	Горох	Кукурудза	Соя	Яра пшениця	Соняшник	Соя	Нут	Кукурудза	
Весняний строк сівби сидерату (літній строк власне сидерації)												
Контроль	1	31,4	36,2	24,8	33,9	20,8	31,4	25,9	22,8	30,7	29,7	28,4
	2	477,9	509,8	412,7	544,9	358,7	478,9	445,3	259,7	478,9	405,8	338,7
Сидерація	1	19,9	31,4	22,1	24,8	17,7	25,9	20,9	19,1	21,2	23,4	20,9
	2	208,9	491,2	297,3	371,4	254,5	435,4	307,2	284,8	332,1	329,8	281,7
HIP ₀₅ , шт./м²		3,5	2,5	3,1	5,2	3,8	4,5	3,3	4,9	3,9	3,1	2,5
HIP ₀₅ , г/м²		39,8	29,7	26,7	44,1	42,7	48,4	34,5	32,7	30,8	48,7	39,9
Літній строк сівби сидерату (осінній строк власне сидерації)												
Контроль	1	28,5	35,5	25,3	35,8	19,5	29,8	27,2	21,5	29,3	28,8	26,2
	2	494,5	545,5	408,9	556,9	369,8	465,8	424,9	275,4	494,2	421,7	354,7
Сидерація	1	15,2	27,5	17,3	20,5	12,9	21,7	20,8	18,3	17,1	19,5	16,3
	2	179,3	485,3	254,7	330,4	201,9	390,2	319,8	249,6	288,2	290,3	232,1
HIP ₀₅ , шт./м²		3,4	2,7	3,5	4,7	4,1	4,8	3,1	5,2	4,4	3,5	2,9
HIP ₀₅ , г/м²		47,8	34,5	31,8	50,2	49,3	56,2	40,8	41,9	39,7	60,1	49,8
Урожайність, т/га												
Контроль		2,69	2,83	1,82	6,47	2,99	3,07	3,14	2,98	1,46	7,05	5,99
Сидерація	в**	3,19	2,12	6,97	3,35	3,34	3,49	3,21	1,68	7,42	6,31	6,31
	л	3,41	2,29	7,14	3,61	3,55	3,78	3,49	1,89	7,74	6,62	6,52
HIP ₀₅ , т/га		0,11	0,18	0,09	0,11	0,12	0,14	0,10	0,12	0,09	0,14	0,17

Примітка: *1 – шт./м²; 2 – г/м²; **в – весняний строк сівби сидерату; л – літній строк сівби сидерату.

Такі результати позитивно узгоджуються з визначеним алелопатичним і гербоконтролюючим потенціалом редьки олійної на підставі попередніх досліджень [27, с. 665–670], а також позитивно узгоджуються з узагальненими висновками щодо позитивного ефекту до зниження рівня сегетальної рясності за поєднання агроценотичного впливу основної культури із проміжною сидерацією [5, с. 128–131; 11, с. 183–196], що суттєво поліпшує антисегетальну спрямованість технологій саме літнього (проміжного) строку сидерації.

Зазначено також істотність відмінностей різних строків сидерального використання редьки олійної і з позиції рівнів урожайності культур за період досліджень, під які було застосовано сидеральне використання редьки олійної. Так, за загального прирістного до контролю ефекту застосування сидерації для обох строків середньобогаторічний приріст урожаю за варіанту весняного строку сівби сидератів становив 10,6%, 18,8% за варіанту літнього строку сівби сидерату. Середній приріст урожаю для зернових і зернобобових культур, які за оцінками [29, с. 94–97], більш позитивно реагують на біоорганічні системи удобрення, зокрема й сидерацію, становив 12,1% за весняного строку сівби сидерату, відповідно, червневої сидерації, та 21,5% за літнього строку сівби сидерату і, відповідно, жовтневого строку сидерації. Для групи просапних культур цей показник становив 8,7 та 15,4% відповідно. Такі результати позитивно узгоджуються з низкою оцінок [21, с. 3–4; 31, с. 109–112], відповідно до яких ефективність імплементації сидеральної маси ґрунтом визначається її біохімічним складом і, у разі відносно швидких темпів розкладу останньої, позитивний ефект є більш відчутним за меншим інтервалом між датою загортання сидерату у ґрунт і датою початку інтенсивних ростових процесів відповідної наступної культури, під яку практикувалась сидерація. З огляду на детальний аналіз біохімічного складу загальної сидеральної маси редьки олійної, варіант осіннього її загортання у ґрунт створює позитивні передумови для уповільнення процесу розкладу та формування позитивних процесів збереження вивільнених компонентів, які більш ефективно можуть бути використані для ґрунтового живлення наступної культури в сівозміні.

Висновки. Отже, на підставі узагальнення результатів тривалого циклу досліджень можна сформулювати такі концептуальні принципи використання редьки олійної як сидерату в системі біоорганічних і ґрунтовідновлювальних технологій вирощування сільськогосподарських культур, за дотримання відповідної схеми їх чергування в сівозміні:

- редьку олійну варто віднести до сидеральних культур з високим адаптивним і продуктивним потенціалом за вирощування в сидеральних агрофітоценозах, яка здатна на ґрунтах із невисоким рівнем ґрунтової родючості на неудобреному фоні, в умовах нестійкого зволоження, за 50–60 діб вегетації формувати загальний біопродуктивний потенціал у сухій речовині на рівні до 5 т/га за весняного та до 4 т/га за літнього строку сівби;

- проведене біохімічне оцінювання її як сидерату дозволяє віднести її до високобілкових культур (уміст сирого протеїну – понад 15% на абсолютно суху речовину) з високим вмістом жиру (уміст – понад 3,0% на абсолютно суху речовину) і високим вмістом целюлозопохідних компонентів (понад 30% у сукупності для листостеблової та кореневої біомаси на абсолютно суху речовину). За характером основних співвідношень, які визначають динаміку її мінералізації та імплементації вивільнених речовин ґрунтом, редька олійна демонструє подібність до таких поширених сидеральних хрестоцвітих видів, як гірчиця біла, ріпак ярий та інші, а також їхні переваги. Це дозволяє рекомендувати її для вирощування в широкому діапазоні проміжних варіантів сівби та формування кормових сидеральних і сидерально-біоенергетичних агроценозів у зонах нестійкого зволоження;

- доведено високий агрохімічний потенціал і удобрювальну цінність редьки олійної як у варіантах літнього, так і у варіантах осіннього, безпосереднього сидерального використання завдяки еквівалентному зіставленню акумуляції в її масі елементів живлення за досяжного рівня удобрювальної цінності у значенні 15–23 т/га класичного гною ВРХ, за весняного та 17–22 т/га за літнього строку сівби сидерату;

- визначено супутній сидераційному, високий біофумігаційний потенціал редьки олійної як за весняного, так і за літнього строку сівби її як сидеральної культури, з досяжним потенціалом за виходом глюкозинолатів від сидерації загальної біомаси рослин на одиниці площі на рівні 76,0 моль/га (з досяжним максимумом в окремі роки в 93,7 моль/га) за весняного та 75,5 моль/га (з досяжним максимумом в окремі роки у 101,9 моль/га) за літнього строку сівби;

- установлено оптимум формування сидераційного потенціалу редьки олійної як у варіанті основної польозаймаючої культури, так і у варіанті проміжного (літнього) розміщення, за суми опадів від 225 до 300 мм за період від сходів до прямого сидерального використання редьки олійної на фоні середньодобової температури за цей же період не вище ніж 17 °С. Це дозволяє, у зв'язку із кліматичними змінами Лісостепу України та толерантністю культури до строків сівби, рекомендувати як можливий варіант зміщення строків її сидерального вирощування на серпень-вересень із загортанням сидеральної маси у листопаді, або ж залишенням її без заробляння у варіанті підзимньої зеленої мутьчі;

- у плануванні періодичності сидерації в сівозміні насамперед планувати цей захід на полях із високим рівнем забур'яненості під культури зернової та зернобобової груп, де приріст урожайності був вищим у середньому на 4% та 6% порівняно із сидерацією під просапну групу культур, відповідно за весняного та літнього строку сівби редьки олійної як сидерату.

Дотримання вказаних концептуальних агротехнологічних підходів дозволить суттєво покращити загальні агротехнологічні рішення щодо сидераційних технологій вирощування основних сільськогосподарських культур за використання редьки олійної як одновидового різнострокового сидерату.

Список використаних джерел

1. Балюк С.А., Кучер А.В., Максименко Н.В. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління. *Український географічний журнал*. 2021. № 3 (114). С. 3–11.
2. Балюк С.А., Медведєв В.В., Трускавецький Р.С., Мірошніченко М.М., Кучер А.В., Момот А.Ф. Наукове забезпечення управління ґрунтовими ресурсами в контексті євроінтеграційних процесів. *Посібник українського хлібороба: науково-практичний посібник*. 2017. Т. 1. С. 54–62.
3. Глущенко М.К., Крупко Г.Д. Особливості застосування сидерації та роль зелених добрив у підвищенні родючості ґрунтів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2016. № 3 (75). С. 173–178.
4. Динамічні процеси розвитку органічного виробництва в Україні / І.В. Гончарук та ін. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 478 с.
5. Грановська Л.М., Резніченко Н.Д., Рой С.С. Забур'яненість посівів сої (*glycine max*) за різних систем основного обробітку ґрунту та сидерації. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 1. С. 127–135.
6. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських структур. Вип. 1 : Загальна частина / ред. : В.В. Волкодав ; Держ. коміс. України з випробування та охорони сортів рослин. Київ, 2000. 100 с.
7. Панченко А.Н. Теорія подрібнення ґрунту ґрунтообробними робочими органами. Дніпропетровськ, 1999. 139 р.
8. Писаренко В.В., Писаренко П.В., Писаренко В.М. Еколого-економічна ефективність використання сидератів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 122–126.
9. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві : монографія. Рівне : Волинські обереги, 2007. 320 с.
10. Сайко В.Ф. Особливості проведення досліджень із хрестоцвітими олійними культурами. Київ : Інститут землеробства НААН, 2011. 76 с.
11. Цицора Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства : монографія. Вінниця : ТОВ «Друк», 2022. 770 с.
12. Цицора Я.Г., Цицора Т.В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування : монографія. Вінниця : ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. 624 с.
13. Шувар І.А. Сидерати в сучасному землеробстві. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. 156 с.
14. Bláha L. Importance of Root-Shoot Ratio for Crops Production: A Review. *Current Topics in Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 1. P. 37–49.
15. Bublitz T.A., Kemper R., Müller P., Kautz T., Döring T.F., Athmann M. Relating Profile Wall Root-Length Density Estimates to Monolith Root-Length Density Measurements of Cover Crops. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. P. 48.
16. 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.
17. European Commission (2021). EU Soil Strategy for 2030: Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. Brussels. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699> (дата звернення: 18.06.2025).
18. Fanish S.A. Impact of Green Manure Incorporation on Soil Properties and Crop Growth Environment : A Review. *World Journal of Agricultural Sciences*. 2017. Vol. 13 (3). P. 122–132.
19. Jia Q., Zheng H., Shi Z., Liu X., Sun D., Zhang J. Effects of Straw and Green Manure Addition on Crop Yield, Soil Properties and CH₄ Emissions : A Meta-Analysis. *Agronomy*. 2024. № 14 (11). 2724 h.
20. Hansen V., Eriksen J., Jensen L.S. Towards integrated cover crop management: N, P and S release from aboveground and belowground residues. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2021. 313 p.
21. Liang K., Wang X., Du Y., Li G., Wei Y., Liu Y., Li Z., Wei X. Effect of Legume Green Manure on Yield Increases of Three Major Crops in China : A Meta-Analysis. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. 1753 p.
22. Quemada M., Cabrera M.L. Carbon and nitrogen mineralized from leaves and stems of 4 cover crops. *Soil Science Society of America Journal*. 1995. Vol. 59. P. 471–477.
23. Talgre L. Biomass production of different green manure crops and their effect on the succeeding crops yield : A Thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Plant Production. Tartu : Estonian University of Life Sciences, 2013. 164 p.
24. 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. Iss. 7. P. 265–285.
25. Tsytsiura Y. Estimation of biomethane yield from silage fermented biomass of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) for different sowing and harvesting dates. *Agronomy Research*. 2023. Vol. 21. № 2. P. 940–978.
26. Tsytsiura Y. Potential of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) as a multi-service cover crop (MSCC). *Agronomy Research*. 2024. Vol. 22. № 2. P. 1026–1070.
27. Tsytsiura Y. Assessment of peculiarities of weed formation in oilseed radish agrophytocoenosis using different technological models. *Chilean Journal of agricultural research*. October – december 2020. № 80 (4). P. 661–674.
28. Undersander D., Mertens D.R., Thies N. Forage analyses. Procedures. National Forage Testing Association, 1993. 139 p.
29. Valkama E., Lemola R., Känkänen H., Turtola E. Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. Vol. 203. P. 93–101.
30. Wong J. Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge : Academic Press, 2018. 589 p.
31. Yao Z., Zhang D., Liu N., Yao P., Zhao N., Li Y., Zhang S., Zhai B., Huang D., Wang Z. Dynamics and Sequestration Potential of Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stocks of Leguminous Green Manure-Based Cropping Systems on the Loess Plateau of China. *Soil Tillage Research*. 2019. Vol. 191. P. 108–116.

Tsytsyura Y. 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**CONCEPT OF USING OIL RADISH AS GREEN MANURE UNDER DIFFERENT APPLICATION PERIODS BASED ON A MULTI-YEAR STUDY CYCLE****Abstract**

The system of bio-organic technologies and fertilization systems for agricultural crops has been updated based on the use of green manures. The advantages of green manure fertilization systems are outlined in terms of overall efficiency, positive effects on soil fertility conditions, their potential, and prospects. Over a long research period (2014–2024), the effectiveness of using oil radish as a green manure crop was evaluated under two application timeframes: a spring sowing with direct use of the formed biomass as green manure in June, and a summer (intermediate) sowing with direct use of the total green mass of the plants in October.

The study examined the specifics of the formation of the green manure's bioproductive and fertilizing (biochemical) potential of the above-ground leafy-stem and root biomass of oil radish plants. A wide range of recommended and tested methodologies was applied to assess the yield levels of leafy-stem and root biomass, its complete biochemical composition, and categorical ratios to evaluate the potential and dynamics of its mineralization in soil, predict the effects on soil properties and the yield of subsequent crops, as well as the crop's allelopathic and biofumigation potential, considering oil radish belongs to the cruciferous plant family.

The analysis of results was carried out using a combined correlation-regression assessment with the hydrothermal conditions of the oil radish vegetation period for both sowing dates. This involved analyzing both basic indicators (total precipitation and average daily temperature) and analytical coefficients (HTC – hydrothermal coefficient, drought index, and moisture index). Based on the summarized results, conceptual provisions were formulated for the effective use of oil radish in a system of green manuring at different timings, aiming for the most efficient and maximum realization of its green manure potential and the yield potential of agricultural crops grown in multi-year rotations with oil radish.

Key words: application concept, green manure potential, plant bioproductivity, green manure timing, biofumigation, fertilizing value.

References

1. Baliuk, S.A., Medvediev, V.V., Miroshnychenko, M.M., Skrylnyk, Ye.V., Tymchenko, D.O., Fatieiev, A.I., Khrystenko, A.O., & Tsapko, Yu.L. (2012). Ekologichnyi stan gruntiv Ukrainy [Ecological condition of Ukrainian soils]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal – Ukrainian Geographical Journal*. № 2. S. 38–42 [in Ukrainian].
2. Baliuk, S.A., Kucher, A.V., & Maksymenko, N.V. (2021). Gruntovi resursy Ukrainy: stan, problemy i stratehiia staloho upravlinnia [Soil resources of Ukraine: state, problems and strategy of sustainable management]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal – Ukrainian Geographical Journal*. № 3(114). S. 3–11 [in Ukrainian].
3. Hlushchenko, M.K., & Krupko, H.D. (2016). Osoblyvosti zastosuvannia syderatsii ta rol zelenykh dobryv u pidvyschenni rodiuchosti gruntiv [Peculiarities of green manure application and the role of green fertilisers in increasing soil fertility]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia – Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering*. 3 (75). pp. 173–178 [in Ukrainian].
4. Honcharuk, I.V., Kovalchuk, S.Ia., Tsytsiura, Ya.H., & Lutkovska, S.M. (2020). *Dynamichni protsesy rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Dynamic processes of organic production development in Ukraine]*. Vinnytsia: TOV “TVORY”, 478 s. [in Ukrainian].
5. Hranovska, L.M., Reznichenko, N.D., Ro,i S.S. (2023). Zaburianenist posiviv soi (glycine max) za riznykh system osnovnoho obrobitvka untu ta syderatsii [Weed infestation of soybean (Glycine max) crops under different systems of basic tillage and green manure]. *Ahroekologichnyi zhurnal*. 2023. № 1. S. 127–135 [in Ukrainian].
6. Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur [Methodology of state variety testing of agricultural crops] (2000). Vyp. 1. Zahalna chastyna / red.: V.V. Volkodav; Derzh. komis. Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhoroni sortiv roslyn. Kyiv. 100 s. [in Ukrainian].
7. Panchenko, A.N. (1999). *Teoriia podribnennia gruntu gruntoobrobnymy robochymy orhanamy [The theory of soil crumbling by tillage tools]*. Dnipropetrovsk. 139 s. [in Ukrainian].
8. Pysarenko, V.V., Pysarenko, P.V., & Pysarenko, V.M. (2012). Ekologo-ekonomichna efektyvnist vykorystannia syderativ [Ecological and economic efficiency of green manure use]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. № 3. S. 122–126 [in Ukrainian].
9. Polovyi, V.M. (2007). *Optymizatsiia system udobrennia v suchasnomu zemlerobstvi: monohrafiia [Optimising fertiliser systems in modern farming]*. Rivne: Volynski oberehy, 320 s. [in Ukrainian].
10. Saiko, V.F. (2011). *Osoblyvosti provedennia doslidzen z khrestotsvitymy oliinymy kulturamy [Features of research with cruciferous oilseeds]*. Kyiv: Instytut zemlerobstva NAAN, 76 p. [in Ukrainian].
11. Tsytsiura, Ya.H., Neilyk, M.M., Didur, I.M., & Polishchuk, M.I. (2022). *Syderatsiia yak bazova skladova biolohizatsii suchasnykh system zemlerobstva. Monohrafiia [Green manure as a basic component of biologization of modern farming systems. Monograph]*. Vinnytsia: TOV “Druk”, 2022. 770 s. [in Ukrainian].
12. Tsytsiura, Ya.H., & Tsytsiura, T.V. (2015). *Redka oliina. Stratehiia vykorystannia ta vyroshchuvannia: monohrafiia [Oilseed radish. Strategy of use and cultivation: a monograph]*. Vinnytsia: TOV “Nilan LTD”, 624 s. [in Ukrainian].

13. Shuvar, I.A. (2015). *Syderaty v suchasnomu zemlerobstvi [Green manure in modern farming]*. Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte, 156 p. [in Ukrainian]
14. Bláha, L. (2021). Importance of Root-Shoot Ratio for Crops Production: A Review. *Current Topics in Agricultural Sciences*. Vol. 1. pp. 37–49 [in English].
15. Bublitz, T.A., Kemper, R., Müller, P., Kautz, T., Döring, T.F., & Athmann, M. (2022). Relating Profile Wall Root-Length Density Estimates to Monolith Root-Length Density Measurements of Cover Crops. *Agronomy*. Vol. 12. 48 [in English].
16. 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].
17. European Commission (2021). EU Soil Strategy for 2030: Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. Brussels. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0699> (date of application 18.06.2025).
18. Fanish, S.A. (2017). Impact of Green Manure Incorporation on Soil Properties and Crop Growth Environment: A Review. *World Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 13 (3). pp. 122–132 [in English].
19. Jia, Q., Zheng, H., Shi, Z., Liu, X., Sun, D., & Zhang, J. (2024). Effects of Straw and Green Manure Addition on Crop Yield, Soil Properties and CH₄ Emissions: A Meta-Analysis. *Agronomy*. Vol. 14. № 11. 2724 [in English].
20. Hansen, V., Eriksen, J., & Jensen, L.S. (2021). Towards integrated cover crop management: N, P and S release from aboveground and belowground residues. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 313 [in English].
21. Liang, K., Wang, X., Du, Y., Li, G., Wei, Y., Liu, Y., Li, Z., & Wei, X. (2022). Effect of Legume Green Manure on Yield Increases of Three Major Crops in China: A Meta-Analysis. *Agronomy*. Vol. 12. 1753 [in English].
22. Quemada, M., & Cabrera, M.L. (1995). Carbon and nitrogen mineralized from leaves and stems of 4 cover crops. *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 59. pp. 471–477 [in English].
23. Talgre, L. (2013). Biomass production of different green manure crops and their effect on the succeeding crops yield. A Thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Plant Production. Tartu. Estonian University of Life Sciences. 164 p. [in English].
24. 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. Iss. 7. pp. 265–285 [in English].
25. Tsytsiura, Y. (2023). Estimation of biomethane yield from silage fermented biomass of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) for different sowing and harvesting dates. *Agronomy Research*. Vol. 21. № 2. pp. 940–978 [in English].
26. Tsytsiura, Y. (2024). Potential of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) as a multi-service cover crop (MSCC). *Agronomy Research*. Vol. 22. № 2. pp. 1026–1070 [in English].
27. Tsytsiura, Y. (2020). Assessment of peculiarities of weed formation in oilseed radish agrophytocoenosis using different technological models. *Chilean Journal of agricultural research*. October-december. Vol. 80. № 4. pp. 661–674 [in English].
28. Undersander, D., Mertens, D.R., & Thiex, N. (1993). *Forage analyses*. Procedures. National Forage Testing Association. 139 p. [in English].
29. Valkama, E., Lemola, R., Känkänen, H., & Turtola, E. (2015). Meta-analysis of the effects of undersown catch crops on nitrogen leaching loss and grain yields in the Nordic countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 203. pp. 93–101 [in English].
30. Wong, J. (2018). *Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications (Second Edition)*. Academic Press. 589 p. [in English].
31. Yao, Z., Zhang, D., Liu, N., Yao, P., Zhao, N., Li, Y., Zhang, S., Zhai, B., Huang, D., & Wang, Z. (2019). Dynamics and Sequestration Potential of Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stocks of Leguminous Green Manure-Based Cropping Systems on the Loess Plateau of China. *Soil Tillage Research*. Vol. 191. pp. 108–116 [in English].

Отримано: 23.06.2025

Рекомендовано: 28.07.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.14>
УДК 633.71:631.527

Шейдик К. А.

кандидат сільськогосподарських наук,
Інститут аграрних ресурсів та регіонального розвитку
Національної академії аграрних наук
с. В. Бакта, Україна
E-mail: caroline.sheydik@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-5249-2372

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СОРТОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ *NICOTIANA RUSTICA* L. ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СЕЛЕКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ СОРТОТИПІВ

Анотація

Метою дослідження є систематизація сортового різноманіття *Nicotiana rustica* L. з метою підвищення ефективності селекційного процесу, збереження генетичних ресурсів культури та створення уніфікованої класифікації для полегшення відбору батьківських пар і впровадження нових сортів у виробництво. У роботі використано підхід, що передбачає морфологічне оцінювання колекційних зразків махорки із різних регіонів (Україна, Північне Причорномор'я, Європа, Африка, Азія), проведення аналізу господарсько-цінних ознак (висота рослин, форма та розмір листків, структура стебла, тривалість вегетації, урожайність, якість сировини), виділення екотипів і групування сортів за сортотипами. Для типізації застосовано класифікацію за Гудспідом і еколого-географічний підхід. Застосовано методи порівняльної морфології, статистичної обробки даних і експертного оцінювання.

Установлено, що більшість сучасних сортів махорки є відселектованими формами місцевих популяцій, які мають високу адаптивність до регіональних умов вирощування. Іноземні сорти мають обмежене практичне значення для виробництва в Україні, але є цінними донорами для гібридизації. Уперше системно описано два основні екотипи *N. rustica* L. – північний і південний, які суттєво різняться за морфологічними та біологічними ознаками, а також типом сировини. Північний екотип характеризується коротким вегетаційним періодом, схильністю до пасинкування та використанням як листя, так і бадилля, тоді як у південного екотипу основним продуктом є листя. Запропоновано класифікацію сортотипів за морфологічними особливостями, вегетаційним періодом, урожайністю, якістю сировини й адаптацією до умов вирощування. Виділено сім основних груп сортотипів, що відображають географічне й історичне формування розмаїття культури: Північнопричорноморська, Українська, Західноєвропейська, Північноєвропейська, Африканська, Східна й Індійська. Аналіз морфологічних показників (кількість листків, висота рослин, тривалість вегетації) засвідчив значну варіабельність між сортами, що створює широкі можливості для цілеспрямованого відбору батьківських пар і створення нових високопродуктивних, стійких до біотичних і абіотичних чинників сортів махорки. Особливу цінність мають сорти з ознакою малопасинковості, яка була отримана шляхом гібридизації місцевих і зарубіжних форм і не трапляється у природних популяціях *N. rustica* L.

Систематизація сортового розмаїття *Nicotiana rustica* L. за екотипами та сортотипами є ефективним інструментом для підвищення результативності селекційної роботи, забезпечення стабільної врожайності та якості продукції, а також для збереження унікального генетичного фонду культури. Запропонована класифікація спрощує процедуру відбору сортів для селекції, підвищує ефективність упровадження нових сортів у виробництво та сприяє подальшому розвитку галузі махорковиробництва в Україні.

Ключові слова: генетичне різноманіття, місцеві популяції, гібридизація, морфологічна мінливість, адаптивність, селекційна цінність, екологічна пластичність.

Вступ. Махорка (*Nicotiana rustica* L.) є важливою сільськогосподарською культурою для виробництва інсектицидів і фармацевтичних препаратів, тютюнової сировини, зокрема, в умовах України. Останніми роками актуальність селекції нових сортів махорки суттєво зросла через глобальні кліматичні зміни, посилення вимог до якості продукції та необхідність збереження генетичного розмаїття культури. Виробництво високопродуктивних, стійких до біотичних і абіотичних чинників сортів неможливе без глибокого розуміння і систематизації існуючого сортового розмаїття.

Основою для селекційної роботи є широка колекція місцевих і зарубіжних сортів, які різняться за морфологічними, біологічними та господарсько-цінними ознаками. Однак відсутність уніфікованої системи класифікації сортів *Nicotiana rustica* L. ускладнює відбір батьківських пар, гальмує впровадження нових сортів у виробництво і знижує ефективність селекційного процесу. Більшість сучасних сортів є відселектованими формами місцевих популяцій, тоді як іноземні сорти мають обмежене практичне значення для вирощування, але можуть бути цінними донорами для гібридизації.

Водночас наявні класифікації ґрунтуються переважно на ботанічних або географічних ознаках. Наприклад, А. Бурчев [4], М. Молоцький [1] у своїх працях не враховують комплекс морфологічних, біологічних

і господарсько-цінних характеристик, що обмежує їхню практичну цінність для селекціонерів. Це зумовлює необхідність розроблення сучасної уніфікованої системи типізації сортового розмаїття махорки, яка б ураховувала еколого-географічне походження, морфологічні особливості та господарську цінність сортів.

Актуальною науковою проблемою є систематизація сортів *Nicotiana rustica* L. за комплексом морфологічних і господарсько-цінних ознак, виділення основних екотипів і груп сортотипів. Б. Маруті Празад зі співавторами [9] та Р. Зої [13] переконані, що такий підхід дозволить підвищити ефективність селекційного процесу, зберегти генетичне розмаїття культури та забезпечити впровадження у виробництво нових, адаптивних і конкурентоспроможних сортів махорки.

Проблема систематизації сортового розмаїття *Nicotiana rustica* L. і оптимізації селекційного процесу активно досліджується в сучасній аграрній науці, що відображено в низці останніх праць О. Савіни [2], С. Сваруп [12]. Зокрема, актуальність теми зумовлена глобальними змінами клімату, підвищенням вимог до якості сировини, необхідністю створення високопродуктивних і стійких сортів махорки, а також збереженням генетичних ресурсів культури, що акцентує у своїх роботах А. Парр [11].

У сучасних дослідженнях С. Сваруп [12], Дж. Донгхун [5], Г. Кхан [7] підкреслюють важливість використання генетичного розмаїття місцевих і зарубіжних сортів для підвищення ефективності селекції та адаптації до стресових чинників. Зокрема, Дж. Донгхун зі співавторами [5] акцентують на цифровізації селекційних процесів і впровадженні геномного прогнозування, а С. Сваруп та інші [12] – на селекції стійких до абіотичних стресів сортів. С. Сваруп [12] і М. Ліу зі співавторами [8] розкривають значення локальних генетичних ресурсів для підтримки продуктивності та стійкості культури в різних агрокліматичних умовах.

Водночас у статті М. Харетонова зі співавторами [3] відзначається відсутність уніфікованої системи класифікації сортового розмаїття махорки, що ускладнює відбір батьківських пар і впровадження нових сортів у виробництво. Попередні спроби типізації базувалися переважно на ботанічних або географічних ознаках (М. Молотоцький [1]), без урахування комплексу морфологічних, біологічних і господарсько-цінних характеристик, що обмежувало їхню практичну цінність для селекціонерів.

Класичні праці Т. Гудспіда [6] заклали підґрунтя для морфологічної та еколого-географічної класифікації роду *Nicotiana*, однак ці підходи потребують адаптації до сучасних вимог селекції та виробництва, зокрема щодо місцевих популяцій махорки в Україні.

Нерозв'язаною залишалася проблема створення уніфікованої системи класифікації сортів *Nicotiana rustica* L., яка б ураховувала не лише ботанічні, а й морфологічні, господарсько-цінні й адаптивні ознаки, а також дозволяла ефективно групувати сорти для цілеспрямованої гібридизації та впровадження у виробництво. Саме цій проблемі присвячена дана стаття: уперше запропоновано класифікацію сортотипів *Nicotiana rustica* L. за комплексом морфологічних, біологічних і господарських ознак, виділено два основні екотипи (північний і південний), а також сім груп сортотипів, що відображають географічне й історичне формування розмаїття культури.

Мета роботи. Систематизувати існуючі сорти *N. rustica* L. за морфологічними та господарсько-цінними ознаками, виділити основні екотипи та групи сортотипів, що сприятиме підвищенню ефективності селекційного процесу та збереженню генетичного розмаїття. Наукова новизна полягає в комплексному підході до типізації сортового розмаїття махорки та розробленні класифікації, що враховує еколого-географічне походження, морфологічні особливості та господарську цінність сортів.

Дослідження базувалося на аналізі колекційних зразків *Nicotiana rustica* L. із різних регіонів, зокрема: з України, Північного Причорномор'я, країн Європи, Африки й Азії. Основними етапами роботи були: морфологічне оцінювання сортів за комплексом ознак (висота рослин, форма та розмір листків, структура стебла, тривалість вегетації, урожайність, якість сировини), виділення екотипів та групування сортів за сортотипами. Для типізації використано класифікацію за Гудспідом [6] і еколого-географічний підхід за працями Ф. Махмуд [10] і О. Савіна [3]. Для проведення аналізу застосовувалися методи порівняльної морфології, статистичної обробки даних і експертного оцінювання господарсько-цінних ознак. Усі дослідження проводилися на базі наукової колекції махорки, що включає як місцеві, так і іноземні сорти, з урахуванням їхньої придатності до вирощування в різних агрокліматичних зонах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Грунтовне та всебічне вивчення колекції махорки, а також залучення високоякісних локальних і зарубіжних генотипів у селекційних програмах значно розширюють можливості створення високопродуктивних, адаптованих і ресурсоефективних сортотипів.

Фундаментом селекції є генетичний банк вітчизняних місцевих сортів, які репрезентують різноманітні екотипи з низкою господарсько важливих ознак, сформованих у процесі тривалої культури та спрямованої адаптації до специфічних агрокліматичних умов регіону (рис. 1).

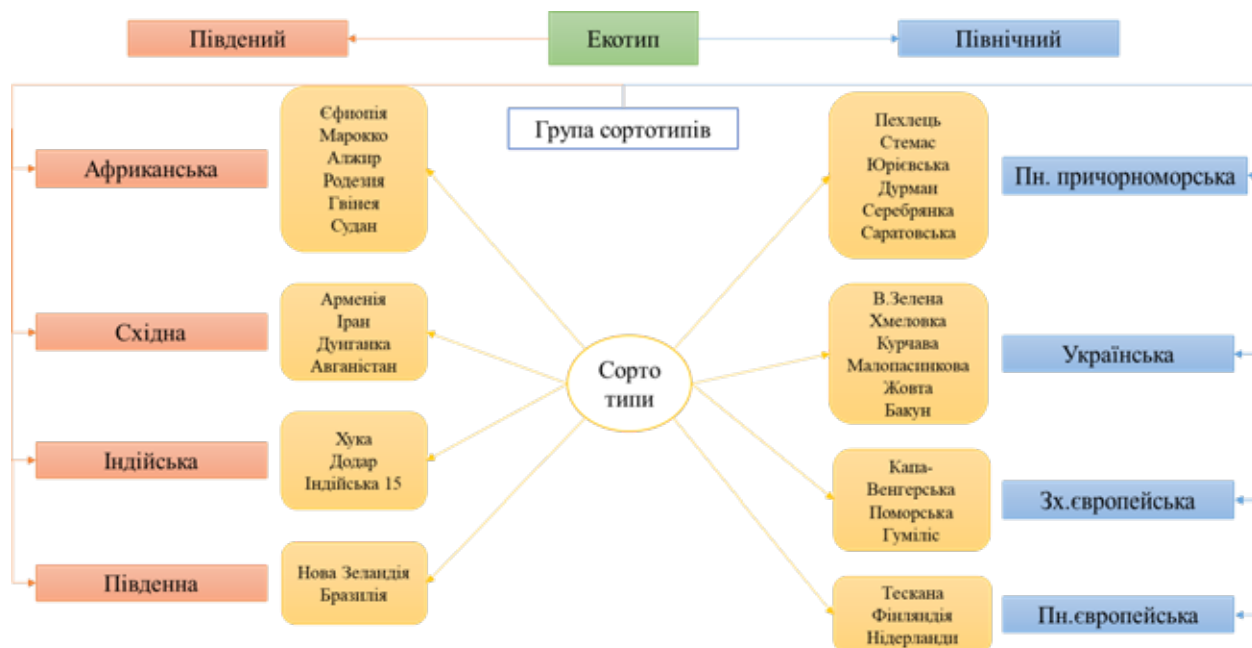


Рис. 1. Класифікація сортотипів *Nicotiana rustica* L. за екотипами та географічними групами

Серед сучасних сортів махорки, як-от Хмеловка 125-С, Високоросла зелена 317, Пехлець 39/34, АС 18/7, Юрїївська 96, Жовта 106, Жовта 109 тощо, більшість були створені на основі локальних популяцій шляхом тривалого відбору й адаптації до специфічних умов регіону. Основний генофонд для комерційного вирощування становили саме ці місцеві селекційні форми, які відзначаються стабільністю та високою господарською цінністю.

Натомість зарубіжні генотипи зазвичай не витримують кліматичних стресів і агротехнічних умов нашої місцевості, однак виявляються надзвичайно перспективними як донори під час міжсортного схрещування. Зокрема, завдяки використанню африканського сорту Колюбі (Ефіопія) у комбінації зі Стемасом (Північне Причорномор'я) були отримані нові селекційні зразки – наприклад, Лохіс, Пехлець, Малопасинковий 4, Малопасинковий 2, Ювілейний 40. Важливою перевагою цих гібридів стало формування ознаки малопасинковості – здатності не утворювати вторинні пагони після обламування, що раніше не спостерігалось у природних популяціях *N. rustica* L. Інтеграція цієї властивості надає широкі можливості для подальшого вдосконалення культури та створення ресурсоефективних сортів.

Комплексний аналіз місцевого та запозиченого сортового матеріалу дав змогу чітко розмежувати два основні екотипи (чи навіть підвиди) махорки – північний і південний. Вони відрізняються не лише за сукупністю морфологічних і біологічних рис, а й за характером формованої сировини, що має суттєве значення для практичного використання культури (табл. 1).

Таблиця 1. Внутрішньовидова мінливість північного і південного екотипів *N. rustica* L.

Ознака	Північний екотип	Південний екотип
Енергія росту на початку вегетації	Висока	Низька
Фаза розетки	Коротка або відсутня	Добре виражена
Стебло: Форма Товщина Структура	Округле, ребристе Тонке, середнє Щільне	Сильно ребристе Товсте Рихле
Пасинки	Пазушні	Зрошені зі стеблом
Інтенсивність росту	Сильна	Слабка
Листок: Розмір Форма Забарвлення Тканина	Мілкий або середній Широкий Зелений усіх відтінків Товстий	Великий Видовжений Світло-зелений Тонкий
Форма суцвіття	Рихле	Щільне
Квіти	Широкотрубчасті середні	Широкотрубчасті великі
Форма коробочки	Широкоовальна	Шароподібна
Період вегетації	Короткий	Довгий
Днів до цвітіння	25–45	45–60
Уміст нікотину	Високий	Низький

Опис найхарактерніших ознак північного і південного екотипів дає змогу побачити як відрізняються одне від одного дві групи махорки. Обидва основні екотипи демонструють значну генетичну та морфологічну різноманітність, характеризуються наявністю численних посередніх і перехідних варіантів між крайніми формами. У сучасних селекційних програмах систематичне схрещування і ретельний добір генотипів північної і південної груп є важливим інструментом для створення врожайних і якісних сортів махорки, що поєднують переваги обох вихідних типів. Такий підхід сприяє введенню нових адаптивних властивостей і забезпечує розширення генетичної основи культури (рис. 2).



Рис. 2. Схема класифікації *N. rustica* за екотипами

Характер і якість сировини в махорки південної і північної груп істотно різняться. Для південних екотипів переважно цінним є листя, тоді як у північних сортах використовують як листя, так і бадилля. Відповідно до цього, морфологічна будова рослин кожного з екотипів має специфічні риси, що відображають їхні функціональні особливості.

На основі внутрішньовидової класифікації *N. rustica* L. за Т. Гудспідом і еколого-географічного підходу до походження і формування сортового розмаїття махорки запропоновано завдання типізації наявних сортів з виділенням сортотипних груп, які вирізняються специфічними характеристиками та властивостями. У роботі більш детально аналізується типізація української групи сортотипів, а також частково розглядаються сортотипи інших регіонів світу, залежно від представленості їх у наявній колекції (рис. 3).



Рис. 3. Схема класифікації *N. rustica* L.

Класифікація сортотипів і їх групування ґрунтуються на сукупності морфологічних характеристик і господарсько важливих параметрів, зокрема тривалості вегетації, урожайності, типу і якості отримуваної сировини, а також вимог до умов вирощування. У межах однієї групи можуть опинятися подібні сорти, що культивуються в різних регіонах, а також представники різних різновидів, які різняться за ботанічними ознаками.

Назви сортотипних груп сформовані на основі історичних регіонів, у яких протягом тривалого часу відбувалося становлення стабільних популяцій *N. rustica* L. У процесі типізації сортотипи отримали свої назви відповідно до найрепрезентативніших різновидів або згідно з визначними морфологічними та господарськими ознаками. З урахуванням основних ареалів багаторічної культивування махорки було виділено сім основних сортотипних груп, серед яких: Північнопричорноморська (6 сортотипів), Українська (6), Західноєвропейська (3), Північноєвропейська (1), Африканська (7), Східна (4), Індійська (3).

У результаті вивчення сортів сортотипів північноєвропейської, або, точніше, фінської, групи (північний екотип), як-от: Palo Amarillo, Rifarachi, Americano, Extranzero, Paraguaio M1, Paraguaio 112, PNE 417-4, ZFA 3544, Amersfort, 68 Olsop, можна дійти висновку про недоцільність вирощування даних сортів через надто короткий вегетаційний період і схильність до утворення великої кількості пасинків (табл. 2).

Таблиця 2. Морфологічні показники різних сортів *Nicotiana rustica* L., 2015 р.

Сорт	Висота рослини, см	Кількість листків, шт.	Розмір листка, см (д)	Розмір листка, см (ш)
Жовта	50	9	18	19
Sacred cornplanter	112	12	18	13
Aztec	48	10	12	11
Високоросла зелена	45	10	11	14
Rustica	45	10	15	16
Brazilia	60	10	17	15
Hasankey	30	10	10	11
Sacred Wyandot	20	8	8	8
Саратовська	48	6	20	19
Жовта 109	45	12	10	9
Matsni field	40	12	18	19
Просечанська	35	10	11	12
Isleta Pueblo	85	10	13	15
Vahavuk	20	14	8	12
Punche	40	6	10	11
Koriotes Dark Blue	40	8	14	14

У таблиці 2 відзначено значну варіабельність між сортами за кількістю листків і висотою рослин, різні сорти *Nicotiana rustica* L. (махорки), представлені у колекції, суттєво різняться за цими ключовими морфологічними ознаками. Це підтверджується даними, де наведено порівняльні характеристики сортів, зокрема з північноєвропейської (фінської) групи: одні сорти мають короткий вегетаційний період, інші – більшу кількість листків, а також значні відмінності у висоті рослин. Саме кількість листків і висота рослин мають найбільший прямий вплив на врожайність махорки, ці ознаки тісно корелюють одна з одною та з іншими господарсько-цінними характеристиками (рис. 4).

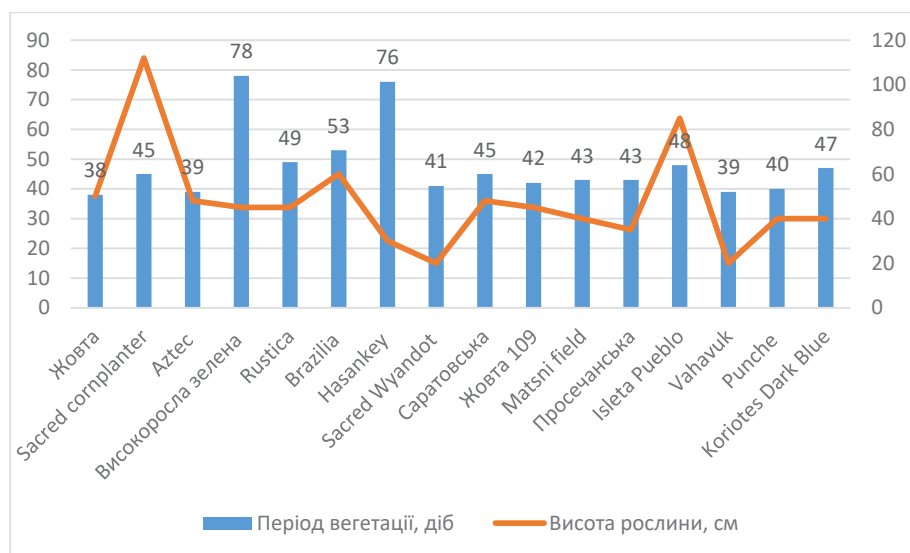


Рис. 4. Залежність кількості листків від тривалості вегетаційного періоду 2015 р.

Аналіз даних демонструє значну варіабельність між сортами за обома ознаками. Зокрема, сорти Sacred complaintner, Rustica, Sacred Mayan dot та Masterfield мають подовжений вегетаційний період (від 49 до 78 діб), тоді як такі сорти, як Жовта, Sacred complaintner, Masterfield, Punch і Pueblo, характеризуються найменшою висотою (38–41 см). Водночас сорти з довшим вегетаційним періодом (наприклад, Rustica, Sacred Mayan dot) не завжди мають більшу висоту рослин, що свідчить про відсутність прямої залежності між цими показниками.

Знання середньої висоти й ступеня її варіації допомагає селекціонерам відбирати сорти з оптимальними морфологічними характеристиками (табл. 3).

Таблиця 3. Статистична характеристика морфологічних ознак сортів *Nicotiana rustica* L., 20215 р.

Ознака	Середнє (Mean)	Стандартне відхилення (SD)	Дисперсія (Variance)
Висота рослини, см	47,69	22,5	506
Кількість листків, шт.	9,81	2,4	5,76
Розмір листка (довжина)	13,94	4,15	17,22
Розмір листка (ширина)	13,06	3,6	12,96

Середня висота рослини становить 47,69 см із досить великим стандартним відхиленням (22,5 см), що свідчить про значну варіативність цієї морфологічної ознаки серед різних сортів. Варіабельність допомагає визначити сортові особливості та потенційні переваги, указує на генетичне розмаїття, що дозволяє сортам краще адаптуватися до різних умов вирощування.

Статистичний аналіз свідчить про різні ступені мінливості морфологічних ознак у *Nicotiana rustica* L. Висота рослин характеризується найбільшим діапазоном значень, а кількість листків – найменшим. Варіабельність розмірів листка (довжини і ширини) також є суттєвою, що є корисним для селекційного оцінювання та подальшої характеристики сортів, і становить SD 4,15 і 3,6 відповідно.

Систематизація *Nicotiana rustica* L. за екотиповими ознаками та сортотипними групами є комплексною спробою впорядкувати багатий генетичний і селекційний потенціал як вітчизняних, так і зарубіжних сортів цієї культури. Особливу увагу приділено Українській групі сортів, а також іноземним генотипам, які мають значну практичну цінність для селекційних програм і впровадження у виробництво. Такий підхід дозволяє системно враховувати біологічно-екологічні особливості, підвищувати ефективність відбору батьківських форм і оптимізувати розвиток високопродуктивних і адаптованих сортотипів махорки.

Висновки. У результаті проведеного дослідження здійснено комплексну систематизацію сортового розмаїття *Nicotiana rustica* L., що має велике значення для оптимізації селекційного процесу та збереження генетичних ресурсів культури. На основі морфологічних, біологічних і господарсько-цінних ознак виділено два основні еко-типи махорки – північний і південний, які суттєво відрізняються один від одного за структурою рослин, тривалістю вегетаційного періоду, типом і якістю сировини.

Запропоновано уніфіковану класифікацію сортотипів, що базується на морфологічних особливостях, вегетаційному періоді, урожайності, якості сировини й адаптації до умов вирощування. Виділено сім основних груп сортотипів, які відображають географічне й історичне формування розмаїття культури: Північнопричорноморська, Українська, Західноєвропейська, Північноєвропейська, Африканська, Східна, Індійська.

Список використаних джерел

1. Селекція і насінництво сільськогосподарських рослин : підручник / М. Молоцький та ін. Київ : Вища освіта, 2006.
2. Шейдик К., Савіна О., Харитонов М. Ідентифікація роду *Nicotiana* для виділення Української групи махорок. *Agrology*. 2020. № 4. С. 205–213. DOI: 10.32819/020024.
3. Шейдик К., Матієга О., Савіна О. Результати вивчення сортів світової колекції махорки на продуктивність в умовах Західного регіону. *Проблеми агропромислового комплексу Карпат*. 2020. № 28. С. 65–72. DOI: 10.47279/2709-3727-2020-2-5.
4. Burcev A., Burceva G. Production of suckerless forms of *Nicotiana rustica*. *Agrobiologija*. 1965. № 86. P. 284–395.
5. Donghyun J., Kang Y., Lee S., Choi S., Sung Y., Lee T.-H., Kim C. Digitalizing breeding in plants: A new trend of next-generation breeding based on genomic prediction. *Frontiers in Plant Science*. 2023. № 14 Article 1092584. DOI: 10.3389/fpls.2023.1092584.
6. Goodspeed T.H. The Genus *Nicotiana*: Origins, Relationships and Evolution of its Species. *Chronica Botanica*. 1954.
7. Khan H., Uslu Ö.S., Gedik O. Impacts of climate change on the productivity of tobacco crop in Pakistan. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*. 2024. № 8. P. 137–143. URL: <https://as-proceeding.com/index.php/ijanser>.
8. Liu M., Liu X., Song Y., Hu Y., Yang C., Li J., Jin S., Gu K., Yang Z., Huang W., Su J., Wang L. Tobacco production under global climate change: combined effects of heat and drought stress and coping strategies. *Frontiers in Plant Science*. 2024. № 15. Article 1489993. DOI: 10.3389/fpls.2024.1489993.
9. Maruthi Prasad B.P., Patil B.R., Geeta D., Matiade P.S., Prabhu H.V., Arunkumar B. Assessment of genetic variability and character association in Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) genotypes. *The Pharma Innovation Journal*. 2021. № 10 (11). P. 888–891.
10. Mehmood F., Abdullah Z., Ubaid Z., Shahzadi I., Ahmed I., Waheed M.T., Poczai P., Mirza B. Plastid genomics of *Nicotiana* (Solanaceae): insights into molecular evolution, positive selection and the origin of the maternal genome of Aztec tobacco (*Nicotiana rustica*). *PeerJ*. 2020. № 8. P. e9552. DOI: 10.7717/peerj.9552.

11. Parr A.J., Robins R.J., Hamill J.D., Rhodes M.J.C. Interrelationships between amine metabolism and alkaloid production in *Nicotiana* and *Datura* root cultures. *Planta Medica*. 1990. № 56 (6). P. 602. DOI: 10.1055/s-2006-961217.
12. Swarup S., Cargill E., Crosby K., Flagel L., Kniskern J., Glenn K. Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. *Crop Science*. 2021. № 61. DOI: 10.1002/csc2.20377.
13. Zhou R., Li D.L., Feng G.L., Li G.Y. A new sesquiterpene glucoside from *Nicotiana rustica* L. *Natural Product Research*. 2012. № 27 (14). P. 1261–1264. DOI: 10.1080/14786419.2012.725398.

Sheydyk K. A.

Candidate of Agricultural Sciences,
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
E-mail: caroline.sheydyk@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-5249-2372

SYSTEMATIZATION OF *NICOTIANA RUSTICA* L. VARIETAL DIVERSITY FOR OPTIMIZATION OF THE BREEDING PROCESS AND CLASSIFICATION OF VARIETAL TYPES

Abstract

The aim of the study is to systematize the varietal diversity of *Nicotiana rustica* L. in order to enhance the efficiency of the breeding process, preserve the genetic resources of the crop, and create a unified classification to facilitate the selection of parental pairs and the introduction of new varieties into production.

A comprehensive approach was used, including morphological evaluation of collection samples of rustic tobacco from different regions (Ukraine, Northern Black Sea region, Europe, Africa, Asia), analysis of economically valuable traits (plant height, leaf shape and size, stem structure, vegetation period duration, yield, and raw material quality), identification of ecotypes, and grouping of varieties by varietal types. The classification by Goodspeed and an ecological-geographical approach were applied for typification. Methods of comparative morphology, statistical data processing, and expert assessment were used.

It was found that most modern varieties of rustic tobacco are selected forms of local populations that have high adaptability to regional growing conditions. Foreign varieties have limited practical value for production in Ukraine but are valuable donors for hybridization. For the first time, two main ecotypes of *N. rustica* L. – northern and southern – are systematically described, which differ significantly in morphological and biological traits as well as in the type of raw material. The northern ecotype is characterized by a short vegetation period, a tendency to produce side shoots, and the use of both leaves and stems, whereas in the southern ecotype, the main product is leaves. A classification of varietal types is proposed based on morphological features, vegetation period, yield, raw material quality, and adaptation to growing conditions. Seven main groups of varietal types are identified, reflecting the geographical and historical formation of the crop's diversity: Northern Black Sea region, Ukrainian, Western European, Northern European, African, Eastern, and Indian. Analysis of morphological indicators (number of leaves, plant height, vegetation period duration) revealed significant variability among varieties, which creates broad opportunities for targeted selection of parental pairs and the creation of new high-yielding and stress-resistant varieties of rustic tobacco. Of particular value are varieties with the trait of low side-shoot formation, which was obtained through hybridization of local and foreign forms and does not occur in natural populations of *N. rustica*.

Systematization of the varietal diversity of *Nicotiana rustica* L. by ecotypes and varietal types is an effective tool for improving the efficiency of breeding work, ensuring stable yield and product quality, and preserving the unique genetic pool of the crop. The proposed classification simplifies the procedure for selecting varieties for breeding, increases the efficiency of introducing new varieties into production, and promotes the further development of rustic tobacco cultivation in Ukraine.

Key words: genetic diversity, local populations, hybridization, morphological variability, adaptability, breeding value, ecological plasticity.

References

1. Molotskyi, M., Vasylykivskyi, S., Kniazuk, V., & Vlasenko, V. (2006). *Seleksiia i nasinnytstvo silskohospodarskykh roslyn: pidruchnyk* [Plant breeding and seed production of agricultural crops: Textbook]. Vyscha osvita [in Ukrainian].
2. Sheidyk, K., Savina, O., & Kharytonov, M. (2020). Identyfikatsiia rodu *Nicotian* dlia vydilennia Ukrainskoi hrupy makhorok [Identification of *Nicotiana* genus for distinguishing the Ukrainian group of makhorka]. *Agrology – Agrology*, 4, 205–213. <https://doi.org/10.32819/020024> [in Ukrainian].
3. Sheidyk, K., Matieha, O., & Savina, O. (2020). Rezultaty vyvchennia sortiv svitovoi kolektsii makhorky na produktyvnist' v umovakh Zakhidnoho rehionu [Results of study of varieties of world collection of makhorka on productivity in the conditions of the Western region]. *Problemy ahropromyslovoho kompleksu Karpat – Problems of the Agro-Industrial Complex of the Carpathians*, 28, 65–72. <https://doi.org/10.47279/2709-3727-2020-2-5> [in Ukrainian].
4. Burcev, A., & Burceva, G. (1965). Production of suckerless forms of *Nicotiana rustica*. *Agrobiologija*, 86, 284–395 [in English].
5. Donghyun, J., Kang, Y., Lee, S., Choi, S., Sung, Y., Lee, T.-H., & Kim, C. (2023). Digitalizing breeding in plants: A new trend of next-generation breeding based on genomic prediction. *Frontiers in Plant Science*, 14, Article 1092584. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1092584> [in English].
6. Goodspeed, T.H. (1954). *The Genus Nicotiana: Origins, Relationships and Evolution of its Species*. *Chronica Botanica* [in English].

7. Khan, H., Uslu, Ö.S., & Gedik, O. (2024). Impacts of climate change on the productivity of tobacco crop in Pakistan. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 8, 137–143. Retrieved from: <https://as-proceeding.com/index.php/ijanser> [in English].
8. Liu, M., Liu, X., Song, Y., Hu, Y., Yang, C., Li, J., Jin, S., Gu, K., Yang, Z., Huang, W., Su, J., & Wang, L. (2024). Tobacco production under global climate change: combined effects of heat and drought stress and coping strategies. *Frontiers in Plant Science*, 15, Article 1489993. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1489993> [in English].
9. Maruthi Prasad, B.P., Patil, B.R., Geeta, D., Matiwade, P.S., Prabhu, H.V., & Arunkumar, B. (2021). Assessment of genetic variability and character association in Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) genotypes. *The Pharma Innovation Journal*, 10 (11), 888–891 [in English].
10. Mehmood, F., Abdullah, Z., Ubaid, Z., Shahzadi, I., Ahmed, I., Waheed, M. T., Poczai, P., & Mirza, B. (2020). Plastid genomics of *Nicotiana* (Solanaceae): insights into molecular evolution, positive selection and the origin of the maternal genome of Aztec tobacco (*Nicotiana rustica*). *PeerJ*, 8, e9552. <https://doi.org/10.7717/peerj.9552> [in English].
11. Parr, A.J., Robins, R.J., Hamill, J.D., & Rhodes, M.J.C. (1990). Interrelationships between amine metabolism and alkaloid production in *Nicotiana* and *Datura* root cultures. *Planta Medica*, 56 (6), 602. <https://doi.org/10.1055/s-2006-961217> [in English].
12. Swarup, S., Cargill, E., Crosby, K., Flagel, L., Kniskern, J., & Glenn, K. (2021). Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops. *Crop Science*, 61. <https://doi.org/10.1002/csc2.20377> [in English].
13. Zhou, R., Li, D.L., Feng, G.L., & Li, G.Y. (2012). A new sesquiterpene glucoside from *Nicotiana rustica* L. *Natural Product Research*, 27 (14), 1261–1264. <https://doi.org/10.1080/14786419.2012.725398> [in English].

Отримано: 27.06.2025

Рекомендовано: 28.07.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.15>
УДК 635.655:631.5

Юрченко Ю. О.

аспірант,

Інститут кормів та сільського господарства Поділля

Національної академії аграрних наук

Вінниця, Україна

E-mail: yura.yurchenko98@ukr.net

ORCID: 0009-0003-2850-3339

ВПЛИВ СПОСОБУ СІВБИ НА ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ НАСІННЯ СОЇ

Анотація

Мета. Вивчити вплив способу сівби з різною шириною міжрядь (15, 30, 45 см) на формування якості насіння, зокрема на вміст і збір з одиниці площі сирого протеїну та жиру, різних сортів сої, як-от: Титан, Паллада, Кобуко, селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук на сірих лісових ґрунтах в умовах Лісостепу Правобережного. **Методи.** Системний метод, визначення вмісту сирого протеїну за методом К'ельдаля (ДСТУ 7169:2010), визначення жиру в апаратах Сокслета методом екстракції (ДСТУ 7577:2014), математично-статистичний метод. **Результати.** Упродовж 2022–2024 років встановлено реакцію сої сортів Титан, Паллада та Кобуко на спосіб сівби з різною шириною міжрядь: 15, 30, 45 см. Виявлено, що ширина міжряддя впливала на вміст і збір сирого протеїну та жиру в насінні сої. У сортів Титан та Кобуко максимальні вміст сирого протеїну (40,0 та 40,9%) і жиру (20,8 та 20,4%) спостережено за сівби рядковим способом із шириною міжрядь 15 см, тоді як у сорту Паллада максимальні показники вмісту сирого протеїну (41,5%) та жиру (20,1%) – за сівби рядковим способом із шириною міжрядь 30 см. Аналогічна залежність встановлена зі збором сирого протеїну та жиру з одиниці площі. У сортів сої Титан і Кобуко найбільший збір сирого протеїну (1,34 та 1,25 т/га) і жиру (0,69 та 0,62 т/га) формувалася за сівби із шириною міжряддя 15 см, у сорту Паллада (1,30 та 0,63 т/га) – за сівби із шириною міжрядь 30 см. **Висновки.** Отже, уміст і збір сирого протеїну в насінні сої сортів Титан, Паллада та Кобуко суттєво залежать від способу сівби або ширини міжрядь. На основі кореляційного аналізу встановлено зворотні зв'язки середньої сили між умістом сирого протеїну ($r = -0,555$), жиру ($r = -0,601$) та способом сівби; між збором сирого протеїну ($r = -0,721$), жиру ($r = -0,700$) і способом сівби встановлено сильні обернені зв'язки. Зауважимо, що між умістом сирого протеїну та жиру в насінні сої встановлені сильні позитивні зв'язки ($r = 0,917$ у сорту Титан; $r = 0,842$ у сорту Паллада; $r = 0,996$ у сорту Кобуко). Такі показники коефіцієнта кореляції підтверджують, що сівба сортів сої Титан і Кобуко з міжряддями в 15 см створює оптимальні умови для формування максимальних показників умісту як сирого протеїну, так і жиру, а в сорту Паллада такі умови склалися за сівби із шириною міжрядь 30 см.

Ключові слова: соя, сорт, насіння, ширина міжряддя, вміст сирого протеїну, вміст жиру, збір сирого протеїну та жиру з одиниці площі.

Вступ. У сьогоденних реаліях білок і жир – найважливіші сировинні продукти на світовому ринку, адже невинне зростання населення нашої планети зумовлює необхідність інтенсифікації виробництва високоенергетичних продуктів харчування [9]. Вагому роль у розв'язанні цієї проблеми відіграє соя. Вона поєднує унікальні властивості як бобових, так і олійних культур. У насінні сої міститься 40% і більше білка, до 26% жиру, значна кількість вуглеводів, цукрів, пектинових і мінеральних речовин, низка вітамінів [2; 13]. За обсягами виробництва жиру соя посідає третє місце, поступаючись лише соняшнику та кукурудзі [6; 7].

Зазначимо, що вміст поживних речовин у насінні сої залежить від багатьох чинників: особливостей сорту, погодних і ґрунтових умов, елементів технології вирощування [1; 8].

Результати досліджень низки науковців [15; 16] свідчать про значне варіювання біохімічного складника залежно від генотипу сорту. У насінні сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук (далі – НААН) уміст протеїну перебуває в межах від 36 до 42%, жиру – від 19 до 22%. Звісно, він змінюється залежно від погодних умов, але в межах норми реакції сорту [14; 15].

Процес біосинтезу білка в насінні сої відбувається під час його дозрівання. Запасні білки утворюються з амінокислот і амідів, які надходять із вегетативної маси. Починаючи з фази цвітіння, у цих органах посилюються гідролітичні процеси та реутилізація азоту в репродуктивні органи. Тому склад білка в насінні цієї культури змінюється з її дозріванням [11].

Результати досліджень, отримані іншими науковими установами, також вказують на залежність збору білка та жиру в насінні сої від способів сівби. Як показали дослідження, проведені в Кіровоградському інституті АПВ НААН, за сівби сої із шириною міжрядь у 15 см одержано найбільший збір білка й олії – 0,894 і 0,442 т/га. Збільшення ширини міжрядь від 15 до 70 см призвело до зменшення збору цих речовин на 25% [12]. Результатами досліджень, які отримали в Уманському національному університеті садівництва відмічено, що збір білка та жиру з одиниці площі за вузькорядної сівби (15 см) становив у сорту сої Подільська 416 0,85 та 0,53 т/га, у сорту

Золотиста – 0,88 і 0,54 т/га. За широкорядного способу сівби (45 см) збір білка та жиру в цих сортів зменшувався на 0,04–0,05 т/га [3].

Результати проведеного аналізу основних досліджень і публікацій демонструють, що з'явилися нові сучасні сорти сої з високим потенціалом урожайності та якості насіння, які потребують розроблення ефективних сортових технологій з оптимальним поєднанням усіх чинників, які позитивно впливають на ріст і розвиток рослин. Упровадження останніх і правильне застосування елементів технології забезпечуватиме високу врожайність насіння сої та стабілізацію виробництва високоякісного насіння, як за посівними кондиціями, так і за вмістом сирого протеїну та жиру [5; 10].

Мета роботи. Вивчити вплив способу сівби з різною шириною міжрядь (15, 30, 45 см) на формування якості насіння, зокрема на вміст і збір з одиниці площі сирого протеїну та жиру, різних сортів сої, як-от: Титан, Паллада, Кобуко, на сірих лісових ґрунтах в умовах Лісостепу Правобережного. Завданням дослідження було дослідити особливості формування якісних показників насіння сої.

Матеріали та методика досліджень. Особливості формування вмісту та збору сирого протеїну та жиру в насінні сої залежно від способу сівби в умовах Лісостепу Правобережного вивчали в польовому досліді впродовж 2022–2024 рр., який був закладений на дослідному полі лабораторії технології вирощування сої та зернобобових культур Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН згідно з методикою «Основи наукових досліджень в агрономії» [4]. Дослідженнями передбачалось вивчення дії та взаємодії двох чинників: А – сорт: Титан, занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, у 2021 р.; ранньостиглий; тип росту стебла – детермінантний; Паллада, занесений до Державного реєстру у 2020 р.; середньоранньостиглий; тип росту стебла – напівдетермінантний; Кобуко, занесений до Державного реєстру у 2023 р.; середньоранньостиглий; тип росту стебла – напівдетермінантний; В – способи сівби: рядковий із шириною міжрядь 15 см; рядковий із шириною міжрядь 30 см; широкорядний із шириною міжрядь 45 см.

Градація факторів становила 3 x 3. Повторність дослідів чотириразова. Розміщення варіантів систематичне. Площа облікової ділянки становить 25 м².

Ґрунт на дослідних ділянках представлений сірими лісовими середньосуглинковими ґрунтами на лесі. Уміст гумусу в орному шарі – 1,96%, рН (сол.) – 5,1, уміст азоту, що легко гідролізується, – 16,8 мг/кг ґрунту, уміст рухомого фосфору – 159,0 мг/кг ґрунту, уміст рухомого калію – 107,0 мг/кг ґрунту.

Визначення якісних показників у насінні сої проводили в атестованій лабораторії моніторингу якості, безпеки кормів і сировини Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН (свідоцтво про атестацію № 0049/2023) за такими ДСТУ: методи відбору проб – ДСТУ 4601:2006; визначення вологи – висушуванням повітряно-сухої наважки до постійної маси в сушильній шафі за температури +105 °С – ДСТУ ISO 6496:2005; визначення сирого протеїну проводилося за методом К'ельдаля – ДСТУ 7169:2010; визначення жиру в апаратах Сокслета методом екстракції – ДСТУ 7577:2014.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати досліджень, які проведені впродовж 2022–2024 рр., свідчать, що вміст сирого протеїну в насінні сої сортів Титан, Паллада та Кобуко залежно від способу сівби змінювався від 39,0 до 41,5% і був на досить високому рівні, що відповідає нормам ДСТУ 4230:2003 для виготовлення соєвого шроту відповідної якості (табл. 1).

Таблиця 1. Уміст (%) і вихід (т/га) сирого протеїну та жиру в насінні сортів сої залежно від способів сівби (у середньому за 2022–2024 рр.)

Сорт	Ширина міжрядь, см	Уміст сирого протеїну, %	Збір сирого протеїну, т/га	Уміст жиру, %	Збір жиру, т/га
Титан	15	40,0	1,34	20,8	0,69
	30	39,4	1,23	19,0	0,59
	45	39,0	1,17	19,0	0,57
Паллада	15	40,0	1,21	19,0	0,57
	30	41,5	1,30	20,1	0,63
	45	39,6	1,12	19,4	0,55
Кобуко	15	40,9	1,25	20,4	0,62
	30	39,3	1,13	19,1	0,55
	45	39,0	1,06	18,7	0,51

Примітка: НІР_{0,05}, %: уміст сирого протеїну – 0,211; уміст жиру – 0,933.

НІР_{0,05}, т/га: збір сирого протеїну – 0,066; збір жиру – 0,028.

Найвищий показник умісту сирого протеїну в насінні сої мав сорт Паллада – 40,37%, що на 0,90% більше, ніж у сорту Титан, на 0,64% більше, ніж у сорту Кобуко.

Відмічено, що вміст сирого протеїну в насінні сої дещо збільшувався зі зменшенням ширини міжрядь. Зокрема, у сорту Титан він зростав на 0,4–1,0%, у сорту Паллада – на 0,4–1,9%, у сорту Кобуко – на 0,3–1,9%.

Максимальний уміст сирого протеїну в насінні сої сортів Титан (40,0%) і Кобуко (40,9%) отримано на варіантах, де сівбу проводили із шириною міжрядь у 15 см. У сорту Паллада максимальний уміст сирого протеїну в насінні (41,5%) спостерігали за сівби з міжряддями у 30 см.

У середньому за три роки досліджень уміст жиру в насінні сої змінювався від 18,7 до 20,8% залежно способу сівби з різною шириною міжрядь. Більшим умістом жиру в насінні (19,0–20,8%) характеризувався сорт Титан. У насінні сортів сої Паллада вміст жиру становив 19,0–20,1%, у Кобуко – 18,7–20,4%.

Спосіб сівби сої також мав вплив на вміст жиру в насінні сортів, що досліджувались. Якщо за ширини міжрядь у 15 см уміст жиру становив 19,0–20,8%, то за ширини міжрядь у 30 і 45 см – 19,0–20,1 та 18,7–19,4% відповідно.

Найбільший уміст жиру у сортів Титан (20,8%), Кобуко (20,4%), Паллада (20,1%) відмічено на варіантах досліду, де сівба проводилась із міжряддями у 15 і 30 см, що більше на 0,7–1,8% порівняно з іншими варіантами.

Відповідно до «ДСТУ4694:2008 Соя. Технічні умови» уміст жиру в насінні сої має становити не менш ніж 12,0%. Отже, за показником умісту жиру сорти сої Титан, Паллада та Кобуко відповідали вимогам ДСТУ, а спосіб сівби створював умови для формування досить високого рівня цього показника.

За результатами кореляційного аналізу між умістом сирого протеїну ($r = -0,555$), умістом жиру ($r = -0,601$) та шириною міжрядь встановлено сильний обернений зв'язок, тобто зі збільшенням ширини міжряддя вміст сирого протеїну та жиру в насінні зменшується.

Залежність умісту сирого протеїну та жиру в насінні сої від ширини міжряддя описується такими лінійними рівняннями регресії:

$$y = -0,0367x + 40,956, (R^2 = 0,3086),$$

де y – уміст сирого протеїну в насінні сої, %; x – ширина міжряддя, см.

$$y = -10,52x + 235,15, (R^2 = 0,3624),$$

де y – уміст жиру в насінні сої, %; x – ширина міжряддя, см.

Між умістом жиру та сирого протеїну в насінні сої встановлено сильний позитивний зв'язок: у сорту Титан ($r = -0,917$), у сорту Паллада ($r = -0,842$), у сорту Кобуко ($r = -0,996$).

Ця залежність описується лінійним рівнянням регресії:

$$y = 0,6171x - 5,0954, (R^2 = 0,5068),$$

де y – уміст жиру, %, x – уміст сирого протеїну, %.

Інтегральним показником продуктивності агроценозу сої, який дає більш точну й повну оцінку впливу чинників, що досліджувались, є збір основних біохімічних компонентів соєвого насіння – сирого протеїну та жиру з одиниці площі.

Збір сирого протеїну та жиру з 1 га коливався залежно від сорту та способу сівби. Виявлено, що за дотримання елементів сортової технології вирощування сої можна зібрати від 1,06 до 1,34 т/га сирого протеїну. Середній збір сирого протеїну становив у сортів: Титан – 1,24 т/га; Паллада – 1,21 т/га; Кобуко – 1,15 т/га. Збір жиру коливався в межах від 0,51 до 0,69 т/га за середнього показника, відповідно, 0,62, 0,58 і 0,56 т/га (табл. 1).

Зазначено, що посіви сої із шириною міжряддя в 45 см відзначалися дещо меншим збором сирого протеїну (1,06–1,17 т/га) та жиру (0,51–0,57 т/га). За рядкового способу сівби з міжряддями у 15 см у сортів Титан і Кобуко виявлено найбільшу прибавку збору сирого протеїну (0,17–0,13 т/га) та жиру (0,19–0,12 т/га) порівняно із ширококорядним способом сівби. Найвищим збір сирого протеїну (1,30 т/га) та жиру (0,63 т/га) у сорту Паллада був за сівби із шириною міжрядь у 30 см, він зростав на 0,19 та 0,08 т/га порівняно із ширококорядним способом сівби.

Частка впливу чинника сорту на збір сирого протеїну становила 31%, способу сівби – 26%, взаємодії чинників – 15%, інші – 28%.

Частка впливу чинника сорту на збір жиру становила 22%, способу сівби – 16%, взаємодії чинників – 10%, інші – 52%.

Висновки. Отже, в умовах Лісостепу Правобережного на сірих лісових ґрунтах максимальний уміст сирого протеїну (40,0 та 40,9%) та жиру (20,8 та 20,4%) у насінні сої сортів Титан і Кобуко отримано за сівби із шириною міжрядь у 15 см, тоді як у сорту Паллада максимальними ці показники (41,5 та 20,1%) були за сівби з міжряддями у 30 см.

На аналогічних варіантах отримано найбільші показники збору сирого протеїну та жиру з одиниці площі: у сорту Титан (1,34 та 0,69 т/га), у сорту Кобуко (1,25 та 0,62 т/га), у сорту Паллада (1,30 та 0,63 т/га).

Список використаних джерел

1. Бабич А.О. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ : Аграрна наука, 2011. 548 с.
2. Білявська Л.Г., Рибальченко А.М. Минливість господарсько цінних ознак сої в умовах Лівобережного Лісостепу України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. № 1. С. 65–72. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.08.
3. Господаренко Г.М., Любич В.В., Бомко С.М. Формування врожаю сої залежно від складових агротехнології. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2021. 184 с.

4. Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко та ін. ; за ред. В.О. Єщенка. Київ : Дія, 2005. 288 с.
5. Кобак С.Я., Чорна В.М., Головенько Ю.О. Вплив ретардантів на формування врожайності насіння сої. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2024. № 97. С. 40–50. DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202497-04.
6. Петриченко В.Ф. Наукові основи виробництва і використання сої у тваринництві. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2012. Вип. 71. С. 3–11.
7. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В., Іванюк С.В. Соя : монографія. Вінниця : Діло, 2016. 400 с.
8. Петриченко В.Ф., Кобак С.Я., Чорна В.М., Колісник С.І., Лихочвор В.В., Піда С.В. Формування азотфіксуючого потенціалу та продуктивності сортів сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. *Мікробіологічний журнал*. 2018. № 80 (5). С. 63–75. URL: <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0000938155>.
9. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В., Колісник С.І., Вороньцька І.С., Кобак С.Я. Обґрунтування інтенсифікації виробництва зернобобових культур в Україні. *International academy journal WEB of SCHOLAR*. 2018. № 6 (24). Vol. 4. P. 22–29.
10. Кобак С.Я., Чорна В.М. Формування врожайності та якості насіння сої за дії інокуляції та ретарданту : монографія. Вінниця : ФОП Рогальська І.О., 2018. 212 с.
11. Чернолота Л.П. Кормова цінність протеїну та жиру насіння сої. Сучасне тваринництво. *Агробізнес сьогодні*. 2018. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/suchasnetvarynnystvo/item/11332-kormova-tsinnist-proteinu-ta-zhyru-nasinnia-soi.html>.
12. Шепілова Т.П., Петренко Д.І. Вплив способу сівби і норми висіву насіння на ріст і розвиток рослин сої. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 1. С. 74–77.
13. Briguglio M., Eyherabide G., Liquez J. Variability in unitz tripsin inhibitor contents and activity in Argentinian soybean cultivars. *Developing a Global Soy Blueprint for a Safe Secure and Sustainable Supply* : VIII World Soybean conference research. Beijing, China, 2009. August. P. 10–15.
14. Petrychenko V., Kobak S., Kolisnyk S., Chorna V., Kornychuk O., Pantsyrev O. Agroecological Assessment of Soybean Varieties in the Conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25. № 9. P. 60–69. DOI: 10.12911/22998993/190492.
15. Temperly R.J., Borges R. Tillage and crop rotation impact on soybean grain yield and composition. *Agron. J.* 2006. Vol. 98. P. 999–1004.
16. Tomas J.M.G., Boote K.J., Allen L.H., Gallo-Meagher M., Davis J.M. Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. *Crop Sci.* 2003. Vol. 43. P. 1548–1557.

Yurchenko Yu. O.

Postgraduate Student,

Institute of Feed Research and Agriculture of Podillia of NAAS

Vinnitsia, Ukraine

E-mail: yura.yurchenko98@ukr.net

ORCID: 0009-0003-2850-3339

INFLUENCE OF SOWING METHOD ON THE FORMATION OF SOYBEAN SEED QUALITY

Abstract

Purpose. To study the influence of the sowing method with different row spacings (15, 30, 45 cm) on the formation of seed quality, in particular the content and yield per unit area of crude protein and fat, of different soybean varieties: Titan, Pallada, Kobuko, selected by the Institute of Feed Research and Agriculture of the Podillia NAAS on gray forest soils in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. *Methods.* System method, determination of crude protein content by the Kjeldahl method (DSTU 7169:2010), determination of fat in Soxhlet apparatuses by extraction method (DSTU 7577:2014), mathematical and statistical method. *Results.* During 2022–2024, the reaction of soybean varieties Titan, Pallada, and Kobuko to the sowing method with different row spacings: 15, 30, 45 cm was established. It was found that the row spacing affected the content and yield of crude protein and fat in soybean seeds. In the Titan and Kobuko varieties, the maximum content of crude protein (40,0 and 40,9%) and fat (20,8 and 20,4%) was observed when sowing in rows with a row spacing of 15 cm, while in the Pallada variety, the maximum content of crude protein (41,5%) and fat (20,1%) was observed when sowing in rows with a row spacing of 30 cm. A similar relationship was established with the yield of crude protein and fat per unit area. In the Titan and Kobuko soybean varieties, the highest yield of crude protein (1,34 and 1,25 t/ha) and fat (0,69 and 0,62 t/ha) was formed when sowing with a row spacing of 15 cm, in the Pallada variety (respectively, 1,30 and 0,63 t/ha) – when sowing with a row spacing of 30 cm. *Conclusions.* Thus, the content and yield of crude protein in soybean seeds of the Titan, Pallada and Kobuko varieties significantly depend on the sowing method or row spacing. Based on the correlation analysis, medium-strength inverse relationships were established between the content of crude protein ($r = -0,555$), fat ($r = -0,601$) and the sowing method; between the collection of crude protein ($r = -0,721$), fat ($r = -0,700$) and the sowing method, strong inverse relationships were established. It should be noted that strong positive relationships were established between the content of crude protein and fat in soybean seeds ($r = 0,917$ in the Titan variety; $r = 0,842$ in the Pallada variety; $r = 0,996$ in the Kobuko variety). Such correlation coefficient indicators confirm that sowing of the Titan and Kobuko soybean varieties with row spacings of 15 creates optimal conditions for the formation of maximum indicators of both crude protein and fat content, and in the Pallada variety such conditions were created when sowing with a row spacing of 30 cm.

Key words: soybean, variety, seeds, row spacing, crude protein content, fat content, collection of crude protein and fat per unit area.

References

1. Babych, A.O. (2011). *Seleksiia, vyrobnytstvo, torhivlia i vykorystannia soi u sviti [Breeding, production, trade and use of soybeans in the world]*. Kyiv: Ahrarna nauka, 548 p. [in Ukrainian].
2. Biliavska, L.H., & Rybalchenko, A.M. (2019). Minlyvist hospodarsko-tsinnnykh oznak soi v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Variability of economic and valuable characteristics of soybean in the conditions of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk PDAA*. 1. 65–72. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.08> [in Ukrainian].
3. Hospodarenko, H.M., Liubych, V.V., & Bomko, S.M. (2021). *Formuvannia vrozhaiu soi zalezno vid skladovykh ahrotekhnolohii [Formation of the soybean crop depending on the components of agrotechnology]*. Kyiv: TOV “TROPEA”, 184 p. [in Ukrainian].
4. Yeshchenko, V.O., et al. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]*. Kyiv: Diia, 288 p. [in Ukrainian].
5. Kobak, S.Ya., Chorna, V.M., & Holovenko, Yu.O. (2024). Vplyv retardantiv na formuvannia vrozhaivosti nasinnia soi [The influence of retardants on the formation of soybean seed productivity]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feeds and feed production*. Vinnytsia, 97. 40–50. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202497-04> [in Ukrainian].
6. Petrychenko, V.F. (2012). Naukovi osnovy vyrobnytstva i vykorystannia soi u tvarynnystvi [Scientific basis of soybean production and use in animal husbandry]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Feeds and feed production*. Vinnytsia. 71, 3–11 [in Ukrainian].
7. Petrychenko, V.F., Lykhochvor, V.V., & Ivaniuk, S.V. (2016). *Soia: monohrafiia [Soybean: monograph]*. Vinnytsia: Dilo, 400 [in Ukrainian].
8. Petrychenko V.F., Kobak S. Ya., Chorna V.M., Kolisnyk S.I., Lykhochvor V.V., & Pyda S.V. (2018). Formuvannia azotfiksuvalnogo potentsialu ta produktyvnosti sortiv soi selektsii Instytutu kormiv ta silskoho hospodarstva Podillia NAAN [Formation of the Nitrogen-Fixing Potential and Productivity of Soybean Varieties Selected at the Institute of Feeds and Agriculture of Podillia of NAAS]. *Mikrobiolohichni zhurnal – Journal of microbiology*. 80 (5). S. 63–75. Retrieved from: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000938155> [in Ukrainian].
9. Petrychenko, V.F., Lykhochvor, V.V., Kolisnyk, S.I., Voronetska, I.S., & Kobak, S.Ya. (2018). Obgruntuvannia intensyfikatsii vyrobnytstva zernobobovykh kultur v Ukraini [Justification of the intensification of the production of legumes in Ukraine]. *International academy journal WEB of SCHOLAR*. 6 (24). 22–29 [in Ukrainian].
10. Kobak, S.Ya., & Chorna, V.M. (2018). *Formuvannia urozhaivosti ta yakosti nasinnia soi za dii inokulatsii ta retardantu: monohrafiia [Formation of yield and quality of soybean seeds under the action of inoculation and retardant: monograph]*. Vinnytsia, FOP Rohalska I.O., 212 p. [in Ukrainian].
11. Chornolata, L.P. (2018). Kormova tsinnist proteinu ta zhyru nasinnia soi. Suchasne tvarynnystvo [Feed value of soybean protein and fat. Modern animal husbandry]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*. Retrieved from: <http://agro-business.com.ua/agro/suchasnetvarynnystvo/item/11332-kormova-tsinnist-proteinu-ta-zhyru-nasinnia-soi.html> [in Ukrainian].
12. Shepilova, T.P., & Petrenko, D.I. (2017). Vplyv sposobu sivby i normy vysivu nasinnia na rist i rozvytok roslyn soi [The influence of the method of sowing and the rate of seed sowing on the growth and development of soybean plants]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Bulletin of the Uman National University of Horticulture*. 1. 74–77 [in Ukrainian].
13. Briguglio, M., Eyherabide, G., & Liquez, J. (2008). Variability in unitz tripsin inhibitor contents and activity in Argentinian soybean cultivars. Developing a Global Soy Blueprint for a Safe Secure and Sustainable Supplu: VIII World Soybean conference research. Beijing, China. August. 10–15 [in English].
14. Petrychenko, V., Kobak, S., Kolisnyk, S., Chorna, V., Kornychuk, O., & Pansyrev, O. (2024). Agroecological Assessment of Soybean Varieties in the Conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 25. 9. 60–69. DOI: 10.12911/22998993/190492 [in English].
15. Temperly, R.J., & Borges, R. (2006). Tillage and crop rotation impact on soybean grain yield and composition. *Agron. J.* 98. 999–1004 [in English].
16. Tomas, J.M.G., Boote, K.J., Allen, L.H., Gallo-Meagher, M., & Davis, J.M. (2003). Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. *Crop Sci.* 43. 1548–1557 [in English].

Отримано: 24.06.2025

Рекомендовано: 01.08.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.16>
УДК 635.61:631.527 [581.9:581.1:631.559] (477.41)

Яценко Н. В.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри овочівництва,
Уманський національний університет
Умань, Україна
E-mail: vorob2807@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3752-314X

Ващенко О. В.

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії), кафедра овочівництва,
Уманський національний університет
Умань, Україна
E-mail: vavtalisman@gmail.com
ORCID: 0009-0000-5381-3257

АДАПТИВНО-ПРОДУКТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГІБРИДІВ *CITRULLUS LANATUS* (THUNB.) MATSUM. & NAKAI У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

У сучасних агроекологічних умовах, що ускладнюються змінами клімату та деградацією ґрунтів, постає нагальна потреба в упровадженні високопродуктивних і адаптивних сортів овочевих культур. Кавун звичайний (*Citrullus lanatus*) є перспективною баштанною культурою для вирощування в нетрадиційних регіонах, зокрема у Правобережному Лісостепу України, де кліматичні умови є нестабільними. Метою дослідження було проведення аналізу адаптивно-продуктивного потенціалу восьми сучасних гібридів кавуна (Трофі st, Целін, Інсешиєн, Талісман, НУН 21613, Топган, Карістан і Тамерлан) за умов краплинного зрошення у 2023–2024 роках. У дослідженні наведено результати комплексного оцінювання гібридів кавуна за основними продуктивними ознаками в умовах Лісостепу України протягом 2023–2024 років. Зокрема, проаналізовано середню кількість плодів на рослину, загальну кількість плодів на одиниці площі, масу плода, урожайність, стабільність, адаптивність, пластичність і селекційну цінність гібридів. Установлено, що гібрид Інсешиєн (1,4 шт./росл.) формував більше плодів, ніж стандартний гібрид Трофі (1,3 шт./росл.). Загальна кількість плодів з 1 га в гібрида Інсешиєн становила 12,73 тис. шт./га, що достовірно більше від стандарту. Найбільшу масу плодів формували гібриди Тамерлан (9,44 кг), Талісман (8,52 кг) і Карістан (8,22 кг). Найвищу врожайність показали Тамерлан, НУН 21613, Карістан і Талісман. Генетико-статистичний аналіз засвідчив стабільність гібрида Тамерлана ($\sigma^2d = 1,19$; $KfsL = 0,95$) і високий селекційний потенціал гібридів Талісмана, Карістана й Тамерлана. Інтенсивними типами за пластичністю ($bi > 1$) виявилися гібриди Трофі, Целін, Інсешиєн, НУН 21613; пластичними – Топган, Карістан, Тамерлан. Гібриди варіювали за коефіцієнтом гомеостатичності (530–953), що вказує на відмінності у стабільності. Жоден із досліджуваних гібридів не мав адаптивності вище за 1, що свідчить про їхню недостатню відповідність умовам вирощування. Співвідношення $CVG/CVE = 0,70$ свідчить про обмежене розкриття біологічного потенціалу генотипів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Ключові слова: кавун, маса плода, урожайність, адаптивність, стабільність, пластичність.

Вступ. У сучасних умовах глобальних кліматичних змін, деградації ґрунтів і зростання потреби у високоякісній плодоовочевій продукції особливого значення набуває оцінювання адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур. Кавун звичайний (*Citrullus lanatus*) – перспективна баштанна культура, яка останніми роками активно впроваджується в нетрадиційні зони вирощування, зокрема в умовах Лісостепу України [3; 11; 15]. Це зумовлено високим попитом на великоплідні та солодкі гібриди, що характеризуються високими смаковими показниками й транспортабельністю [14].

Правобережний Лісостеп України характеризується нестійким вологозабезпеченням, значними коливаннями температур і строків вегетації, що потребує ретельного підбору гібридного матеріалу з високим рівнем адаптивності та стабільною продуктивністю [3]. Водночас замало досліджень щодо реакції сучасних гібридів кавуна на локальні агроекологічні умови, що обмежує ефективність їх упровадження у виробництво [4; 10; 16]. Успішне вирощування кавуна в Лісостепі потребує відбору гібридів, які поєднують високий потенціал урожайності, стабільність та якість, добру адаптацію до ґрунтово-кліматичних умов і стійкість до стресових чинників [8; 12]. Аналіз адаптивно-продуктивних властивостей сучасного гібридного матеріалу є ключовим етапом для забезпечення стабільного врожаю, підвищення економічної ефективності та продовольчої безпеки регіону [9].

Мета роботи полягала у проведенні аналізу адаптивно-продуктивного потенціалу сучасних гібридів кавуна звичайного в умовах Правобережного Лісостепу України, за показниками врожайності, маси плода, кількості плодів на рослину та стабільності впродовж двох вегетаційних сезонів за краплинного зрошення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2023–2024 рр. в умовах Черкаської області (с. Радчиха Звенигородського району). Вирощували гібриди кавуна звичайного за краплинного зрошення, тому вплив погодних умов був мінімізований. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий малогумусний на карбонатному лесі, із вмістом гумусу 2,0–2,2%, із глибоким заляганням карбонатів і слабкислою реакцією ґрунтового розчину 5,5–6,0.

Вирощували стандартну, 25-ти денну розсаду за загальноприйнятою технологією. Висаджували стандартну розсаду у третій декаді травня за такою схемою: $2,0 \times 0,55$ м. У досліді вивчали гібриди кавуна Трофі st, Целін, Інсепшен, Талісман, НУН 21613, Топган, Карістан і Тамерлан. Площа облікової ділянки – 100 м², повторення чотириразове. Для закладання досліді, проведення вимірювань і формування структури врожаю використано загальноприйняті методики та ДСТУ [1; 2].

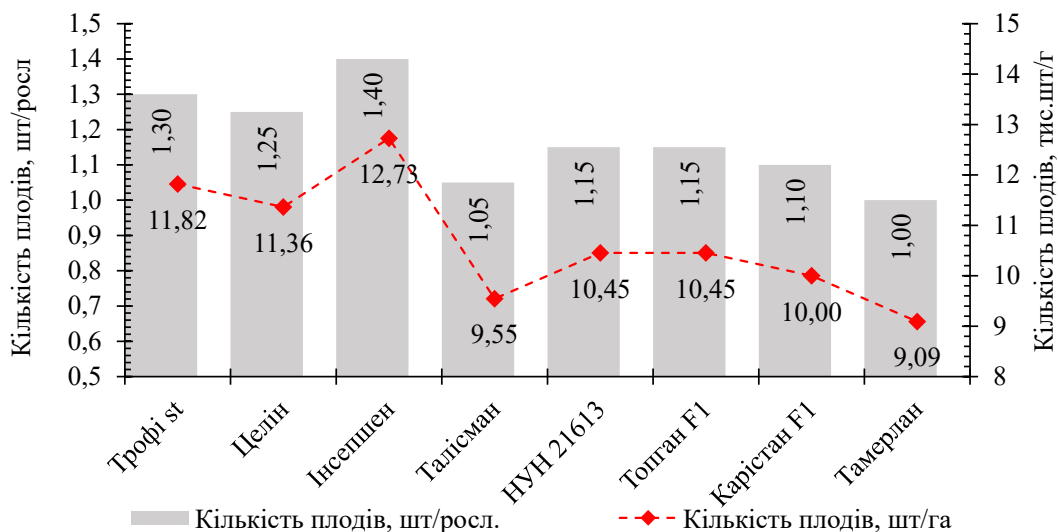
Генетико-статистичне оброблення результатів виконували за допомогою регресійного аналізу [6; 7]. У досліді було визначено фенотипову, генотипову й екологічну мінливість сортів [5; 13], детальний опис яких наведено у праці [18].

Для якісного оцінювання коефіцієнтів кореляції застосовували шкалу Чеддока.

Статистичну обробку отриманих результатів проведено з розрахунком середнього арифметичного ($\bar{x}$) стандартного відхилення (SD), розрахованого за допомогою Microsoft Excel 2019. Кореляційні залежності розраховано за допомогою Statistica 12.

Загальновідомо, що кількість плодів має значний вплив на формування врожаю кавуна, тому даний показник детально аналізувався. Відзначено, що найбільшу середню кількість плодів на одній рослині формували гібриди Інсепшен – 1,4 шт./роsl., що істотно більше від стандарту; Целін – 1,25 шт./роsl., що неістотно менше від стандарту, стандарт – гібрид Трофі – 1,30 шт./роsl. Усі інші досліджувані гібриди формували по 1,00–1,15 шт./роsl., що істотно менше від стандарту, за рівня $НІР_{05} = 0,07$ шт. (рис. 1).

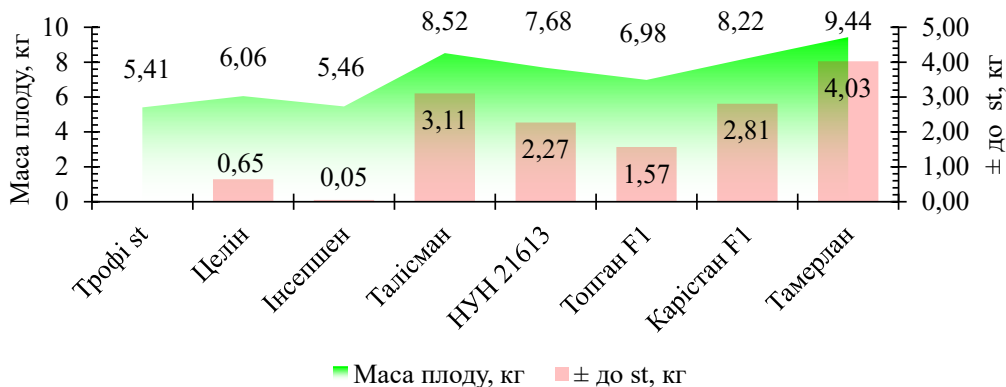
Розрахований показник загальної кількості плодів на одиниці площі показав подібний тренд. У межах статистичної похибки формувалася загальна кількість плодів з одного гектара в гібридів Трофі (11,82 тис. шт./га) і Целін (11,36 тис. шт./га), а в гібрида Інсепшен їхня кількість була достовірно більшою від стандарту – 12,73 тис. шт./га. В інших гібридів кількість плодів коливалася в межах 9,09–10,45 тис. шт./га (див. рис. 1).



	$\bar{X}$	SD	CV, %	$НІР_{05}$
Кількість плодів, шт./роsl.	1,18	0,13	11	0,07
Кількість плодів, тис. шт./га	10,68	1,14	11	0,64

Рис. 1. Динаміка формування кількості плодів на рослині та на одиниці площі посівів різних гібридів кавуна звичайного, 2023–2024 рр.

Найбільш ваговиті плоди кавуна утворювали гібриди Тамерлан – 9,44 кг, що більше від стандарту на 74,4%, або 4,03 кг; Талісман – 8,52 кг, що більше від стандарту на 57,4%, або 3,11 кг, Карістан – 8,22 кг (+51,9%, або 2,81 кг) (рис. 2).



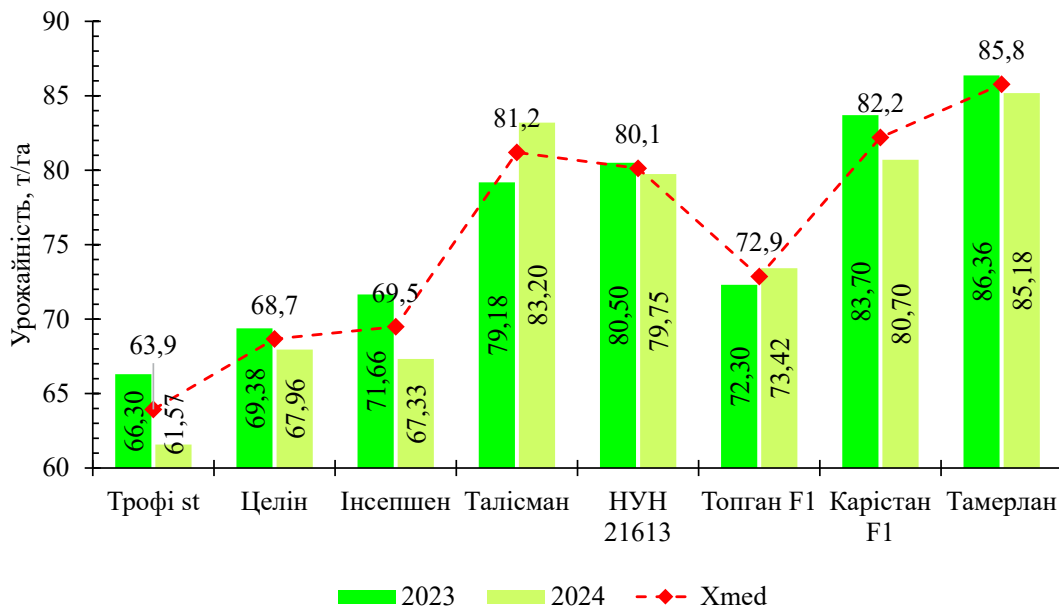
	$\bar{X}$	SD	CV, %	HP ₀₅
Маса плода, кг	7,22	1,40	19	0,43

Рис. 2. Середня маса плода різних гібридів кавуна звичайного, 2023–2024 рр.

Гібриди Целін, НУН 21613 і Топган також формували плоди, що за масою істотно переважали стандарт. У межах статистичної похибки більші плоди були в гібрида Інсепшен.

У 2024 р. загальна врожайність дещо зменшилася порівняно із 2023 р., але структура лідерів залишилася стабільною. Гібриди Тамерлан, НУН 21613, Карістан і Талісман показали високу адаптивність і продуктивність. Гібриди Трофі st, Целін – менш продуктивні, можливе їх використання лише за визначених умов чи в захищеному ґрунті.

Варіювання врожайності плодів кавуна було низьким (9–11%). Статистично достовірно вищу врожайність відзначено в усіх гібридів за винятком гібрида Целін, де даний показник був вищим від стандарту неістотно (4,7 т/га, або 7,4%) (рис. 3).



Урожайність, т/га	$\bar{X}$	SD	CV, %	HP ₀₅
2023	76,17	6,78	9	4,57
2024	74,89	8,04	11	4,49
$\bar{X}$	75,53	7,31	10	4,91

Рис. 3. Динаміка формування врожайності різних гібридів кавуна звичайного, 2023–2024 рр.

Відзначено, що гібрид Трофі був відносно низьковрожайним; Целін – стабільно середньоврожайний; Інсепшен і Топган – середньоврожайні, мінливі; Талісман характеризувався високим потенціалом, а НУН 21613 і Карістан – високим потенціалом і стабільністю; гібрид Тамерлан відзначився високою продуктивністю.

Генетико-статистичний аналіз урожайності плодів кавуна показав, що гібрид Тамерлан був стабільним ($\sigma^2d = 1,19$), що підтверджується коефіцієнтом фенотипової стабільності Левіса ($KfsL = 0,95$). У дослідженні виявлено, що гібриди Трофі, Целін, Інсепшен, НУН 21613 мали співвідношення показників пластичності $bi > 1$ і стабільності $\sigma^2d > 0$, тобто мають високу продуктивність за сприятливих умов вирощування. Інші гібриди – Топган, Карістан і Тамерлан мали співвідношення показників $bi < 1$ і $\sigma^2d > 0$, що свідчить про їхню здатність давати кращі результати за сприятливих умов, але нестабільні за врожайністю.

Гібрид Талісман характеризувався співвідношенням $bi < 1$ і $\sigma^2d > 0$, тобто має кращі результати за несприятливих умов, нестабільний (табл. 1).

Таблиця 1. Параметри адаптивної здатності гібридів кавуна звичайного в умовах Правобережного Лісостепу України, 2023–2024 рр.

Гібрид	$\bar{X}$	σ^2d	bi	Hom	Sc	KM	ІЕП	CC	K3	KA	KfsL
Трофі st	63,94	1,71	2,69	530	48	4,17	0,85	-8,29	65,2	0,85	0,88
Целін	68,67	1,47	1,40	611	48	2,54	0,91	-6,25	69,2	0,91	0,91
Інсепшен	69,49	1,65	2,09	626	52	3,27	0,92	-7,50	69,3	0,92	0,90
Талісман	81,19	1,65	-1,54	854	61	-0,43	1,08	-7,54	81,7	1,07	0,91
НУН 21613	80,12	1,73	1,79	832	60	2,68	1,06	-8,83	79,2	1,06	0,89
Топган	72,86	1,45	0,17	688	54	1,17	0,96	-6,33	73,5	0,96	0,92
Карістан	82,20	1,54	0,44	875	61	1,40	1,09	-7,70	81,2	1,09	0,91
Тамерлан	85,77	1,19	0,97	953	64	1,85	1,14	-4,56	85,6	1,14	0,95
CVG, %	7										
CVE, %	10										
CVP, %	12										
CVG/CVE	0,70										

Гібриди Трофі, Целін, Інсепшен, НУН 21613 за показником пластичності (bi) можна віднести до групи інтенсивних, інші – до пластичних. Гібриди помітно варіювали за коефіцієнтом гомеостатичності, від 530 до 953, що підтверджує стабільність або, навпаки, пластичність генотипу. Високою селекційною цінністю (Sc) та компенсаторною здатністю ($K3$) відзначилися гібриди Талісман, Карістан і Тамерлан. Усі досліджувані гібриди характеризувалися вищим коефіцієнтом адаптивності щодо стандарту, але загалом показник адаптивності не досягав 1, тобто гібриди були малоадаптивними. З даних таблиці 1 видно, що співвідношення $CVG/CVE = 0,70$, тобто умови вирощування мають не повну відповідність вимогам культури для реалізації біологічного потенціалу генотипу.

Завдяки проведенню регресійного аналізу (рис. 4) між показниками кількості, маси та врожайності плодів кавуна виявлено тісний зворотний зв'язок маси плодів від їх кількості на рослині ($r = -0,9526$), сильну зворотну кореляцію врожайності від кількості плодів на рослині ($r = -0,8310$) та тісну кореляцію між урожайністю і масою плода ($r = -0,9540$). Регресійний аналіз виявив природу впливу кількісних показників плодів на їх урожайність (рис. 4). Простежується залежність рівня врожайності від маси плода. Приблизно 90 т/га плодів кавуна можна отримати за маси плода >10 кг та їх кількості 1,35 шт./роsl.

Висновки. У результаті дворічних досліджень (2023–2024 рр.) виявлено значну варіативність серед гібридів кавуна звичайного за показниками продуктивності, маси плода й адаптивної здатності до умов Правобережного Лісостепу України. Найбільшу середню кількість плодів на рослині та з одиниці площі формували гібриди Інсепшен (1,4 шт./роsl. і 12,73 тис. шт./га відповідно), перевищив стандартний гібрид Трофі st. Гібриди Целін і Трофі мали подібні показники, а решта – істотно нижчі.

Найбільшу масу плодів забезпечували гібриди Тамерлан (9,44 кг), Талісман (8,52 кг) та Карістан (8,22 кг), що перевищили стандарт на 51–74%. За середньою врожайністю плодів лідерами стали гібриди Тамерлан, Карістан, НУН 21613, Талісман. Гібрид Целін мав показник вищий за стандарт, але в межах похибки, а Трофі був найнижчий за продуктивністю.

Результати проведеного аналізу адаптивності засвідчили, що гібрид Тамерлан був найбільш стабільним ($\sigma^2d = 1,19$; $KfsL = 0,95$), з високим потенціалом продуктивності та коефіцієнтом адаптивності. Високі показники гомеостатичності та селекційної цінності мали також гібриди Карістан і Талісман. Гібриди Трофі, Целін, Інсепшен і НУН 21613 за показником пластичності ($bi > 1$) належать до інтенсивних, придатних для вирощування у сприятливих умовах. Гібриди Топган, Карістан і Тамерлан показали високий потенціал у сприятливих умовах, але характеризуються меншою стабільністю. Незважаючи на вищий рівень адаптивності досліджуваних гібридів порівняно зі стандартом, загальний коефіцієнт адаптивності був менше одиниці, що свідчить про неналежне пристосування до умов Правобережного Лісостепу та потребу в подальшій селекційній роботі.

Співвідношення $CVG/CVE = 0,70$ вказує на значний вплив чинників середовища на реалізацію потенціалу продуктивності, що потребує врахування під час вирощування гібридів кавуна в умовах відкритого ґрунту.

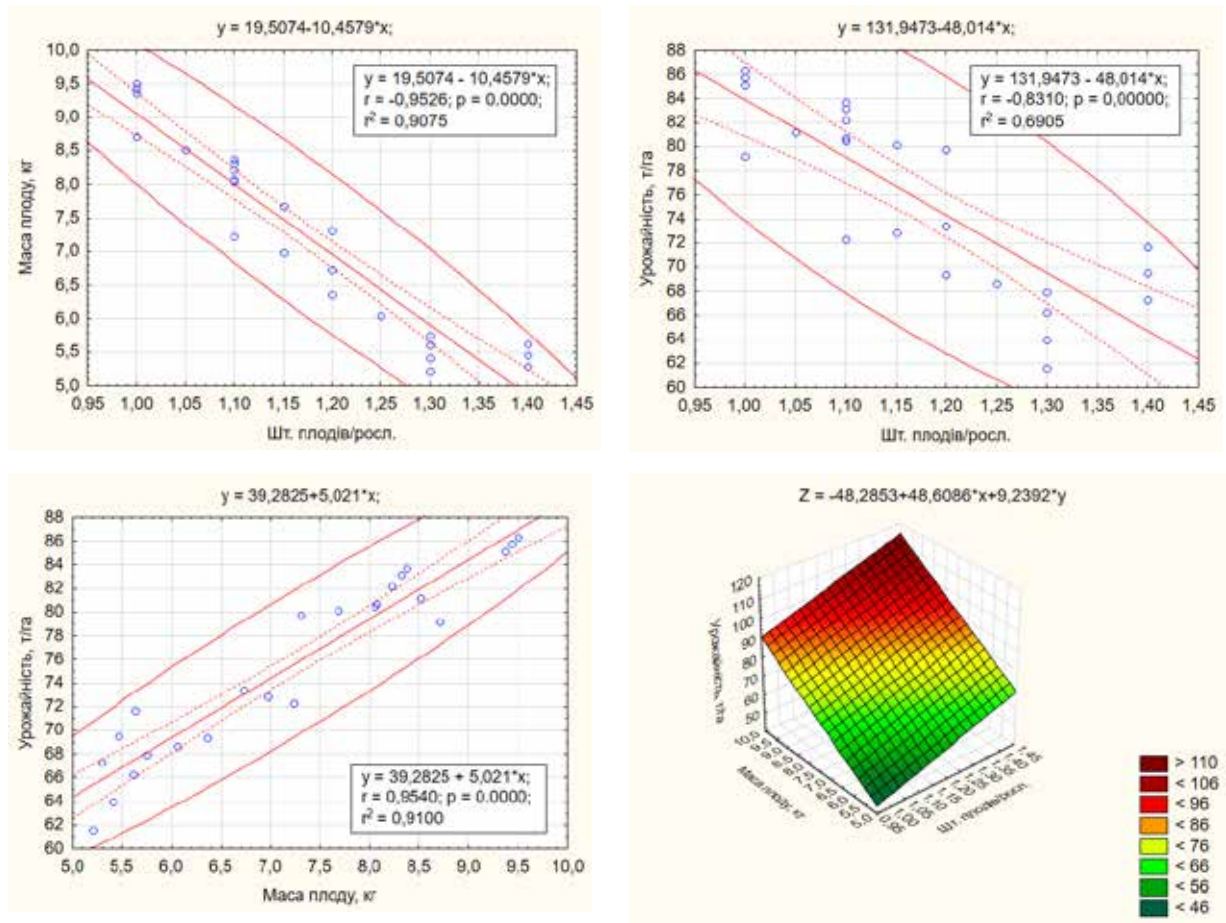


Рис. 4. Залежність урожайності кавуна від кількості та маси плодів
в умовах Правобережного Лісостепу України

Список використаних джерел

1. Кавуни продовольчі свіжі. Технічні умови. ДСТУ 3805-98. Київ : Держспоживстандарт України, 1998. 27 с.
2. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. 3 вид. Харків : Основа, 2001. 370 с.
3. Семенченко О.Л., Мельник О.В., Заверталюк В.Ф., Пастухов В.І. Вплив ущільнення посівів кабачка та кавуна на врожайність плодів в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 121. С. 102–108. DOI: 10.32851/2226-0099.2021.121.14.
4. Сергієнко О.В., Шабетя О.М., Ліннік З.П., Сергієнко М.Б., Повлін І.Е. Добір вихідного матеріалу кавуна за адаптивністю для селекції на придатність до вирощування за інтенсивної та органічної технологій. *Селекція і насінництво*. 2023. № 124. С. 45–55. DOI: 10.30835/2413-7510.2023.293879.
5. Burton G.W., De Vane R.W. Estimating heritability in tall Fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*. 1953. Vol. 45. P. 478–481. DOI: 10.2134/agronj1953.00021962004500100005x.
6. Eberhart S.A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x.
7. Finlay K.W., Wilkinson G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1963. Vol. 14. P. 742–754. URL: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAS139.pdf.
8. Mohosina F., Mehedi Md., Mahmud E., Hasan M., Noor M.M., Rahman Md.H., Chowdhury A. Genetic diversity of commercially cultivated watermelon (*Citrullus lanatus*) hybrids in Bangladesh. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2020. Vol. 52. P. 418–434.
9. Ngwepe R.M., Mashilo J., Shimelis H. Progress in genetic improvement of citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) : a review. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2019. Vol. 66. P. 735–758. DOI: 10.1007/s10722-018-0724-4.
10. Ren K., Tang T., Kong W., Su Y., Wang Y., Cheng H., Yang Y., Zhao X. Response of watermelon to drought stress and its drought-resistance evaluation. *Plants*. 2025. Vol. 14. № 9. Article 1289. DOI: 10.3390/plants14091289.
11. Serhienko O., Shabetia O., Linnik Z., Serhienko M., Melnyk O. Selection of highly adaptive source material of watermelon for selection for early ripening. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. № 8. P. 42–51. DOI: 10.48077/scihor8.2023.42.
12. Shabetia O., Serhienko O., Mohilnaia E., Kondratenko S., Morhun L. Expansion of the genotypic variability in watermelon by physical mutagenesis. *Plant Breeding and Seed Production*. 2021. P. 44–52. DOI: 10.30835/2413-7510.2021.237001.
13. Shing M., Ceccarelli S., Hambling J. Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics*. 1993. Vol. 86. № 4. P. 437–441. DOI: 10.1007/BF00838558.

14. Wahyudi A., Nazirwan I., Kartahadimaja J., Setyawan A.B., Mustakim N.A., Askhary F., Katfar B. Evaluation of yields on new varieties of hybrid watermelon. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 1012. Article 012070. DOI: 10.1088/1755-1315/1012/1/012070.
15. Wijesinghe E., Evans L., Kirkland L., Rader R. A global review of watermelon pollination biology and ecology: the increasing importance of seedless cultivars. *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 271. Article 109493. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109493.
16. Yankova P., Koleva M. Influence of two farming systems on the productivity of watermelon. *Annals of the University of Craiova Agriculture Montanology Cadastre Series*. 2025. Vol. 54. P. 317–328. DOI: 10.52846/aamc.v54i1.1588.
17. Yatsenko V., Yatsenko N., Mostoviak I., Lazariiev O., Zhilyak I., Novak Y., Kravchenko V., Musiiienko L., Krykun S. Influence of the weather conditions on the efficiency of absorbents in the vegetable crop rotation system and on the stock of productive soil moisture. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2024. Vol. 27. № 3. P. 250–265. DOI: 10.15414/afz.2024.27.03.250-265.
18. Yatsenko V., Yatsenko N., Poltoretskyi S., Mostoviak I., Poltoretska N., Lazariiev O., Liubych V. Adaptiveness selection and nutritional value of clonal populations of *Allium sativum* L. ssp. *sativum* in the forest steppe of Ukraine. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2025. Vol. 121. № 1. P. 1–12. DOI: 10.14720/aas.2025.121.1.12524.

Yatsenko N. V.

*Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Vegetable Growing,
Uman National University of Horticulture
Uman, Ukraine*

E-mail: vorob2807@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3752-314X

Vashchenko O. V.

*Postgraduate Student at the Department of Vegetable Growing,
Uman National University
Uman, Ukraine*

E-mail: vavtalisman@gmail.com

ORCID: 0009-0000-5381-3257

ADAPTIVE AND PRODUCTIVE POTENTIAL OF *CITRULLUS LANATUS* (THUNB.) MATSUM. & NAKAI HYBRIDS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Abstract

*Under current agroecological conditions, which are increasingly complicated by climate change and soil degradation, there is an urgent need to introduce high-yielding and adaptive vegetable crop varieties. Common watermelon (*Citrullus lanatus*) is a promising cucurbit crop for cultivation in non-traditional regions, particularly in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, where climatic conditions are unstable. The aim of this study was to analyze the adaptive and productive potential of eight modern seedless watermelon hybrids (Trophy st, Tselin, Inception, Talisman, HYH 21613, Topgun, Karistan, and Tamerlan) under drip irrigation during 2023–2024. This study presents the results of a comprehensive evaluation of watermelon hybrids based on key productive traits under Forest-Steppe conditions. The average number of fruits per plant, total number of fruits per hectare, fruit weight, yield, stability, adaptability, plasticity, and breeding value were analyzed. Inception (1,4 fruits/plant) and Tselin (1,25 fruits/plant) formed more fruits than the standard hybrid Trophy (1,3 fruits/plant). Inception produced 12,73 thousand fruits/ha, significantly exceeding the standard. The largest fruit weights were recorded in Tamerlan (9,44 kg), Talisman (8,52 kg), and Karistan (8,22 kg). The highest yields were obtained from Tamerlan, HYH 21613, Karistan, and Talisman. Genetic-statistical analysis confirmed the stability of Tamerlan ($\sigma^2d = 1,19$; $KfsL = 0,95$) and the high breeding potential of Talisman, Karistan, and Tamerlan. Trophy, Tselin, Inception, and HYH 21613 were classified as intensive types ($bi > 1$), while Topgun, Karistan, and Tamerlan were more plastic. Hybrids varied in homeostasis coefficient (530–953), indicating differences in stability. None of the hybrids showed adaptability above 1, suggesting insufficient environmental fitness. The CVG/CVE ratio of 0,70 indicates a limited realization of genotypic potential under local soil and climatic conditions.*

Key words: watermelon, fruit weight, yield, adaptability, stability, plasticity.

References

1. DSTU 3805-98 (1998). *Kavuny prodovolchi svizhi. Tekhnichni umovy* [Edible fresh watermelons. Technical specifications]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
2. Bondarenko, H.L., & Yakovenko, K.I. (Eds.). (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methods of experimental work in vegetable and melon growing]. (3rd ed.). Kharkiv: Osnova [in Ukrainian].
3. Semenchenko, O.L., Melnyk, O.V., Zavertal'iuk, V.F., & Pastukhov, V.I. (2021). Vplyv ushchilnennia posiviv kabachka ta kavuna na urozhaïnist' plodiv v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Effect of zucchini and watermelon crop density on fruit yield in the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, 121, 102–108. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.121.14> [in Ukrainian].

4. Serhiienko, O.V., Shabetia, O.M., Linnik, Z.P., Serhiienko, M.B., & Povlin, I.E. (2023). Dobir vykhidnoho materialu kavuna za adaptivnistiu dlia selektsii na prydatnist' do vyroshchuvannia za intensyvnoi ta orhanichnoi tekhnologii [Selection of watermelon source material by adaptability for breeding suitability under intensive and organic cultivation technologies]. *Selektsiia i nasinnnytstvo – Breeding and Seed Production*, 124, 45–55. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2023.293879>.
5. Burton, G.W., & De Vane, R.W. (1953). Estimating heritability in tall Fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal*, 45, 478–481. <https://doi.org/10.2134/agronj1953.00021962004500100005x> [in English].
6. Eberhart, S.A., & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6 (1), 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x> [in English].
7. Finlay, K.W., & Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14, 742–754. Retrieved from: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAS139.pdf [in English].
8. Mohosina, F., Mehedi, Md., Mahmud, E., Hasan, M., Noor, M.M., Rahman, Md.H., & Chowdhury, A. (2020). Genetic diversity of commercially cultivated watermelon (*Citrullus lanatus*) hybrids in Bangladesh. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 52, 418–434 [in English].
9. Ngwepe, R.M., Mashilo, J., & Shimelis, H. (2019). Progress in genetic improvement of citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*): A review. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 66, 735–758. <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0724-4> [in English].
10. Ren, K., Tang, T., Kong, W., Su, Y., Wang, Y., Cheng, H., Yang, Y., & Zhao, X. (2025). Response of watermelon to drought stress and its drought-resistance evaluation. *Plants*, 14 (9), 1289. <https://doi.org/10.3390/plants14091289> [in English].
11. Serhienko, O., Shabetia, O., Linnik, Z., Serhiienko, M., & Melnyk, O. (2023). Selection of highly adaptive source material of watermelon for selection for early ripening. *Scientific Horizons*, 26 (8), 42–51. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.42> [in English].
12. Shabetia, O., Serhienko, O., Mohilnaia, E., Kondratenko, S., & Morhun, L. (2021). Expansion of the genotypic variability in watermelon by physical mutagenesis. *Plant Breeding and Seed Production*, 44–52. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237001> [in English].
13. Shing, M., Ceccarelli, S., & Hambling, J. (1993). Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics*, 86 (4), 437–441. <https://doi.org/10.1007/BF00838558> [in English].
14. Wahyudi, A., Nazirwan, I., Kartahadimaja, J., Setyawan, A.B., Mustakim, N.A., Askhary, F., & Katfar, B. (2022). Evaluation of yields on new varieties of hybrid watermelon. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1012, 012070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1012/1/012070> [in English].
15. Wijesinghe, E., Evans, L., Kirkland, L., & Rader, R. (2020). A global review of watermelon pollination biology and ecology: The increasing importance of seedless cultivars. *Scientia Horticulturae*, 271, 109493. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109493> [in English].
16. Yankova, P., & Koleva, M. (2025). Influence of two farming systems on the productivity of watermelon. *Annals of the University of Craiova Agriculture Montanology Cadastre Series*, 54, 317–328. <https://doi.org/10.52846/aamc.v54i1.1588> [in English].
17. Yatsenko, V., Yatsenko, N., Mostoviak, I., Lazarev, O., Zhilyak, I., Novak, Y., Kravchenko, V., Musiienko, L., & Krykun, S. (2024). Influence of the weather conditions on the efficiency of absorbents in the vegetable crop rotation system and on the stock of productive soil moisture. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 27 (3), 250–265. <https://doi.org/10.15414/afz.2024.27.03.250-265> [in English].
18. Yatsenko, V., Yatsenko, N., Poltoretskyi, S., Mostoviak, I., Poltoretska, N., Lazarev, O., & Liubych, V. (2025). Adaptiveness selection and nutritional value of clonal populations of *Allium sativum* L. ssp. *sativum* in the forest steppe of Ukraine. *Acta Agriculturae Slovenica*, 121 (1), 1–12. <https://doi.org/10.14720/aas.2025.121.1.12524> [in English].

Отримано: 27.05.2025

Рекомендовано: 30.06.2025

Опубліковано: 29.08.2025



ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.17>

УДК 005.95/96:334.722.8

Покотильська Н. В.

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри менеджменту, публічного управління та адміністрування,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: tilya777@ukr.net
ORCID: 0000-0003-3163-2900*

Добровольська Е. В.

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри менеджменту, публічного управління та адміністрування,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: dobrovolskaella@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8965-7540*

Косович О. В.

*асистент кафедри менеджменту, публічного управління і адміністрування,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: olgakosovic@gmail.com
ORCID: 0009-0009-4253-8312*

УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА

Анотація

Успішне функціонування підприємства залежить від багатьох чинників, серед яких особливу роль відіграє ефективна система управління персоналом. Нині цій сфері приділяється дедалі більше уваги, адже керівники усвідомлюють, що стабільний розвиток і підвищення конкурентоспроможності компанії значною мірою залежать від якісного управління людськими ресурсами. Управління персоналом є складним, системним процесом, якому належать ключові позиції в загальній структурі управління підприємством.

Стаття присвячена актуальним аспектам управління персоналом в акціонерних товариствах. У ній розглянуто різні підходи до визначення поняття «управління персоналом», проаналізовано основні компоненти цієї системи в умовах акціонерного товариства. Зокрема, досліджено питання забезпечення підприємства кваліфікованими працівниками, структуру персоналу, динаміку трудових ресурсів, ефективність використання робочого часу, продуктивність праці, рентабельність персоналу, а також аспекти підбору, найму, розвитку й утримання кадрів. Значна увага приділена мотивації працівників і впливу корпоративної культури на формування продуктивного робочого середовища. Окрім того, розглянуто сучасні підходи до управління персоналом, зокрема використання аналітики даних і розвиток відкритої комунікації між керівниками та співробітниками.

На прикладі Акціонерного товариства «Подільський цемент» обґрунтовано необхідність підвищення ефективності використання персоналу на основі проведеного аналізу. Попри значну увагу до організації, планування та застосування трудо-

вих ресурсів, на підприємстві існують проблеми, що потребують упровадження сучасних управлінських методів і механізмів. Оптимізація процесів управління персоналом дозволить підвищити ефективність діяльності компанії.

Визначено ключові напрями розвитку системи управління персоналом, які необхідно враховувати під час формування стратегії в цій сфері. Запропоновано власні шляхи вдосконалення управлінських процесів в умовах воєнного стану, включаючи підвищення кваліфікації працівників, мотиваційні заходи, покращення внутрішньої комунікації, розвиток соціальної відповідальності й адаптивності підприємства до змін. Інвестиції в освіту та професійний розвиток молодих і перспективних працівників є важливим чинником підвищення ефективності роботи персоналу, що в перспективі сприятиме зміцненню позицій компанії на ринку.

Ключові слова: управління, персонал, акціонерне товариство, підприємство, робоча сила.

Вступ. Постійні зміни в економічних відносинах, зумовлені нестабільністю ринкового середовища та зростанням конкуренції, вимагають від акціонерних товариств високої гнучкості та здатності швидко адаптуватися до нових умов. Головним інструментом реалізації цієї адаптивності є ефективний менеджмент, особливо у сфері управління персоналом, оскільки людські ресурси є ключовим активом будь-якого підприємства. Для забезпечення результативного управління кадрами необхідно враховувати різноманітні аспекти, серед яких біологічні, соціальні, економічні, правові та культурні чинники, що безпосередньо впливають на кадровий потенціал і загальну ефективність діяльності компанії.

Мета роботи – обґрунтування рекомендацій щодо управління персоналом акціонерного товариства.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних реаліях, коли геополітичні конфлікти та загрози безпеці стають невід’ємною частиною життя, підприємства змушені долати серйозні виклики, пов’язані із забезпеченням стабільності й ефективного управління людськими ресурсами в умовах воєнного стану. Оскільки персонал є найціннішим активом будь-якої компанії, здатність керівництва ефективно організовувати роботу співробітників і адаптувати управлінські процеси до нестабільного середовища відіграє ключову роль у забезпеченні безперервної та успішної діяльності підприємств.

Т.І. Балановська, М.В. Михайліченко, А.В. Троян розкривають сутність поняття «управління персоналом» – «цілеспрямована діяльність керівництва організації, керівників і спеціалістів підрозділів системи управління персоналом, що об’єднує розроблення концепції та стратегії кадрової політики, принципи та методи управління персоналом організації» [1].

Автори О.Г. Череп, Ю.В. Калюжна та Л.В. Михайліченко пропонують таке визначення: «управління персоналом – це діяльність з управління людьми, спрямована на досягнення цілей компанії, бізнесу шляхом використання праці, досвіду та талантів цих людей з урахуванням їхньої задоволеності роботою» [9].

Під системою управління персоналом у широкому розумінні розуміють заходи й методи, які використовують менеджери для вирішення кадрових проблем (наймання персоналу, переведення навчання, звільнення) і підвищення ефективності кадрової роботи (мотивація, стимулювання) [2, с. 7].

Отже, можна стверджувати, що управління персоналом – це сукупність організаційних і управлінських процесів, спрямованих на ефективне використання людських ресурсів підприємства. У будь-які часи люди залишаються ключовим складником продуктивних сил і головним чинником розвитку національних компаній і економіки загалом. Їхні професійні навички, рівень освіти, мотивація та підготовка визначають успішність підприємства. У проведенні аналізу діяльності акціонерного товариства необхідно враховувати забезпеченість кадрами, рівень продуктивності праці, трудомісткість виконуваних завдань і загальну ефективність використання персоналу.

Процес управління персоналом є важливим елементом загального менеджменту на будь-якому підприємстві, особливо у складних кризових умовах. Саме тому необхідно приділяти особливу увагу ефективності механізмів побудови та реалізації системи управління персоналом. Робота співробітників у кризові періоди є надзвичайно складною та потребує значних зусиль для підтримки продуктивності.

З огляду на зміни у трудовому законодавстві України в умовах війни, система управління персоналом має не лише адаптуватися до складних обставин воєнного часу, а й відповідати чинним законодавчим нормам. Зокрема, нині скасовано механізм переведення працівників, які не використали щорічну основну відпустку, з одного підприємства на інше, що унеможливує отримання невикористаних днів відпустки за новим місцем роботи. Отже, роботодавець не зобов’язаний компенсувати працівнику невикористану відпустку, а остаточний розрахунок має здійснюватися під час звільнення відповідно до законодавчих вимог.

Акціонерне товариство (далі – АТ) «Подільський цемент», яке входить у групу підприємств “CEMARK” в Україні, є одним із найбільших виробників цементу не лише в Україні, а й у Європі. Завод, що розташований поблизу Кам’янця-Подільського, був заснований у 1970 р., а в 1999 р. приєднався до міжнародної корпорації CRH – світового лідера у сфері виробництва будівельних матеріалів, із провідними позиціями на ринках Північної Америки та Європи [3–5].

Аналіз показників діяльності підприємства у сфері управління персоналом на АТ «Подільський цемент» охоплює різні аспекти, зокрема чисельність працівників, їх гендерний і віковий склад, рівень кадрової плинності, продуктивність праці, а також систему заохочення та мотивації. Дослідження цих показників дозволяє оцінити поточний стан кадрової політики, визначити ключові тенденції її розвитку, проаналізувати ефективність управлінських підходів і виявити потенційні напрями для покращення умов праці та підвищення загальної ефективності персоналу (табл. 1).

Таблиця 1. Оцінювання забезпеченості підприємства персоналом

Категорії персоналу й обсяг продукції	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Абсолютне відхилення від:	
						2019 р.	2022 р.
Усього персоналу, осіб, зокрема:	505	498	493	441	449	-56	+8
Працівники основної діяльності (ПОД), із них:	334	329	338	337	340	+6	+3
– робітники	119	110	113	115	114	-5	-1
– службовці	7	7	9	8	9	+2	-1
– керівники	45	52	33	46	41	-4	-5
Обсяг товарної продукції, тис. грн	2 645 807	3 082 097	3 905 010	4 160 211	4 215 165	1 569 358	54 954

Джерело: розраховано за [7].

За даними таблиці 1, відбувається скорочення персоналу у 2023 р. на 56 осіб щодо 2019 р., збільшення на 8 осіб щодо 2022 р. Суттєве скорочення на 4 особи та на 5 осіб відповідно в категорії працівників «спеціалісти». На 5 осіб скоротилась чисельність службовців у 2023 р. порівняно із 2019 р. Число робітників збільшилось на 6 осіб щодо 2019 р. та на 3 особи щодо 2022 р. Обсяг товарної продукції збільшився у звітному році на 1,32% щодо попереднього року і на 59,31% щодо 2019 р.

Під час проведення аналізу забезпеченості підприємства персоналом варто оцінити структуру робочої сили, тому в таблиці 2 наведемо структуру персоналу основної діяльності підприємства АТ «Подільський цемент».

Таблиця 2. Структура персоналу основної діяльності підприємства

Категорії персоналу	Персонал основної діяльності за роками									
	2019 р.		2020 р.		2021 р.		2022 р.		2023 р.	
	кіль- кість, осіб	питома вага, %	кіль- кість, осіб	питома вага, %	кіль- кість, осіб	питома вага, %	кіль- кість, осіб	питома вага, %	кіль- кість, осіб	питома вага, %
Працівники основної діяльності всього, зокрема:	505	100	498	100	493	100	441	100	449	100
робітники	334	66,14	329	66,06	338	68,56	337	76,42	340	75,72
службовці	119	23,56	110	22,09	113	22,92	115	26,08	114	25,39
керівники	7	1,39	7	1,41	9	1,83	8	1,81	9	2,00
спеціалісти	45	8,91	52	10,44	33	6,69	46	10,43	41	9,13

Джерело: розраховано за [7].

Дані таблиці 2 свідчать, що найбільшу частку працівників основної діяльності становлять робітники: від 66,14% у 2019 р. до 76,42% у 2022 р. Окрім того, варто зазначити, що питома вага робітників за минулий і за звітний періоди є відносно сталою та свідчить про стабільний рівень продуктивності праці виробничого підприємства. Це вказує на високу якість трудового потенціалу АТ «Подільський цемент» і значний кваліфікаційний рівень персоналу.

Для аналізу руху робочої сили АТ «Подільський цемент» розглянемо таблицю 3.

У результаті проведеного аналізу даних таблиці 3 бачимо, що у 2023 р. на АТ «Подільський цемент» зменшується кількість вибулих працівників (від 82 осіб до 56 осіб), а число прийнятих коливається від 51 осіб до 75 осіб. Таку ситуацію можна пояснити реалізацією програми з реструктуризації акціонерного товариства, коли відбувається оптимізація штатів і звільнення за власним бажанням.

Динаміка коефіцієнта обороту із прийому працівників у період 2019–2023 рр. демонструє нестабільні коливання, зокрема, у звітному році він зріс на 4,82% порівняно з попереднім періодом. Коефіцієнт звільнення також мав змінну тенденцію: у 2019–2021 рр. він зменшився на 27,59%, проте у 2022–2023 рр. зріс на 7,91% порівняно із 2021 р. Щодо коефіцієнта плинності кадрів, він поступово знижувався до 2023 р., а у звітному періоді скоротився на 22,26%, досягнувши рівня 12,47%.

Високий рівень плинності кадрів свідчить про складні умови праці на підприємстві, зокрема про наявність небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що спричиняють значний відтік працівників. Така ситуація негативно впливає на ефективність діяльності АТ «Подільський цемент», однак на поточному етапі суттєво зменшити цей показник не вдається.

Оцінити повноту використання персоналу можна за кількістю відпрацьованих днів і годин одним працівником упродовж аналізованого періоду, а також за рівнем використання фонду робочого часу. Це дозволяє виявити можливі резерви підвищення ефективності трудових ресурсів і оптимізації виробничих процесів (табл. 4).

Таблиця 3. Рух робочої сили на виробничому підприємстві

Показники	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Чисельність працівників, осіб	505	498	493	441	449
Прийнято працівників	75	75	51	64	62
Вибуло працівників, усього, серед них:	82	76	58	56	57
– за власним бажанням	81	75	57	55	56
– скорочення штатів	1	1	1	1	1
Коефіцієнт обороту, %:					
– із прийому	14,85	15,06	10,34	14,51	13,81
– зі звільнення	16,24	15,26	11,76	12,70	12,69
Коефіцієнт плинності кадрів	16,04	15,06	11,56	12,47	12,47

Джерело: розраховано за [7].

Як свідчать дані таблиці 4, загальний фактичний фонд робочого часу на АТ «Подільський цемент» збільшився на 176 тис. годин порівняно з попереднім періодом та на 13 047 тис. годин порівняно із 2019 р.

Таблиця 4. Використання робочого часу на підприємстві

Показник	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	Абсолютне відхилення від:	
						2019 р.	2022 р.
1. Чисельність робітників, осіб	334	329	338	337	340	+6	+3
2. Відпрацьовано одним робітником:							
а) днів	250	249	251	251	252	2	1
б) годин	1 988	1 992	1 975	2 008	1 990	2	–18
3. Середня тривалість робочого дня, годин	7,95	8	7,87	8	7,90	–0,05	–0,1
4. Фонд робочого часу, годин	663 825	655 368	667 675	676 696	676 872	13 047	176

Джерело: розраховано за [7].

У звітному році чисельність робітників збільшилася на три особи порівняно з попереднім періодом. Кожен працівник у середньому відпрацював 252 дні, що на один день більше, ніж у минулому році, що забезпечило додатковий фонд робочого часу в розмірі 26 86 тис. годин.

Водночас скорочення середньої тривалості робочої зміни на 0,1 години спричинило зменшення загального фонду робочого часу на 8 568 тис. годин порівняно з попереднім періодом.

Варто зазначити, що втрата робочого часу не завжди веде до скорочення обсягів виробництва, оскільки можливе її компенсування підвищенням інтенсивності праці.

Тому розвиток системи управління персоналом має бути спрямований на збільшення результативності та продуктивності праці, що сприятиме оптимізації виробничих процесів і покращенню ефективності роботи підприємства.

Аналіз динаміки продуктивності праці на АТ «Подільський цемент» свідчить про її стабільне зростання в період 2019–2022 рр. на 80,06%, а впродовж 2019–2023 рр. – на 79,19%. У 2023 р. зафіксовано незначне зниження виробітку одного працівника (на 0,48%) порівняно з попереднім роком.

Таблиця 5. Продуктивність праці та рентабельність персоналу

Показники	Рік				
	2019	2020	2021	2022	2023
Обсяг товарної продукції	2 645 807	3 082 097	3 905 010	4 160 211	4 215 165
Чистий дохід (виручка) від реалізації продукції, тис. грн	3 475 248,0	3 561 500,0	4 033 152,0	2 579 764,0	4 487 749,0
Середньооблікова чисельність працівників, осіб	505	498	493	441	449
Рентабельність персоналу, тис. грн/особу	6 881,68	7 151,61	8 180,84	5 849,80	9 994,99
Продуктивність праці одного працівника, тис.	5 239,22	6 188,95	7 920,91	9 433,59	9 387,90

Джерело: розраховано за [7].

Показник рентабельності персоналу також демонстрував позитивну динаміку протягом 2019–2021 рр., що супроводжувалося зменшенням чисельності працівників. У 2023 р. за скорочення середньооблікової чисельності на 56 осіб рентабельність персоналу зросла на 3 113,31 тис. грн/особу, або 45,24%.

Отже, попри скорочення кількості працівників, підприємство зуміло підвищити ефективність використання трудових ресурсів, що позитивно відобразилося на продуктивності праці та рентабельності персоналу.

Підбір і пошук працівників на підприємстві здійснюються відділом кадрового адміністрування та управління через спеціалізовані сайти з пошуку роботи, а також завдяки особистим зверненням претендентів. Відбір

кандидатів проводиться відповідно до кваліфікаційних вимог, з урахуванням необхідності заміщення вакантних посад або внутрішніх переведень. Під час пошуку менеджерів різних рівнів і висококваліфікованих спеціалістів перевага віддається кандидатам із досвідом роботи на аналогічних посадах.

Значна увага приділяється розвитку персоналу, особливо молодих працівників. Підприємство активно сприяє навчанню, підвищенню кваліфікації та здобуттю вищої освіти. Також АТ «Подільський цемент» забезпечує можливості для проходження виробничої практики студентами, сприяє формуванню їхніх практичних компетенцій. Після завершення практики студенти можуть бути зараховані до кадрового резерву й отримати пропозицію про працевлаштування після здобуття відповідної кваліфікації.

31 березня 2024 р. у CRH стартував проєкт “Stay Up 2”. Його мета – «підготуватися до майбутнього», закрити всі вузькі місця, на які в робочих буднях не вистачало часу, посилити свої компетенції, а також підтримати дух колективу. Проєкт охоплює 4 напрями – покращення на заводах, індустріальні проєкти та техніко-економічні обґрунтування, удосконалення бізнес-процесів, навчання. Менеджмент кожної функціональної команди самостійно визначив перелік завдань у рамках проєкту. Загалом планується провести понад 40 тренінгів для персоналу. Також у рамках проєкту були запроваджені курси англійської мови для всіх, хто бажає [10].

На АТ «Подільський цемент» відбір працівників здійснюється з урахуванням їхньої освіти та рівня підготовки, відповідно до кваліфікаційних вимог посади. Окрім цього, під час ухвалення рішення беруться до уваги особистісні якості кандидата, його вік, місце проживання, професійна відданість і мотиви пошуку роботи. Остаточне рішення щодо прийому на роботу ухвалюється після перевірки наданої інформації та збору відгуків із попереднього місця роботи. Моральні якості, відповідальність, активність і прагнення до результату оцінюються під час випробувального терміну, який триває не більш ніж три місяці. Такий детальний підхід до відбору персоналу допомагає визначити рівень відповідальності, професійну придатність і прагнення кандидата до розвитку.

Висновки. Отже, колектив працівників АТ «Подільський цемент» є ключовим ресурсом, залученим до виробничо-господарської діяльності підприємства. Власники зацікавлені в раціональному використанні персоналу, його утримання супроводжується витратами, проте метою є отримання максимальної віддачі. Ефективність управління кадровими ресурсами визначається здатністю підприємства досягати найвищих результатів, оптимально використовувати наявний персонал відповідних професій і кваліфікацій.

Список використаних джерел

1. Балановська Т.І., Михайліченко М.В., Троян А.В. Сучасні технології управління персоналом : навчальний посібник. Київ : ФОП Ямчинський О.В., 2020. 466 с.
2. Вініченко І.І., Дідур К.М. Сучасні тенденції розвитку людського капіталу в Україні. *Інноваційна економіка*. 2015. № 5 (60). С. 5–11.
3. Добровольська Е.В., Покотильська Н.В. Управлінська та виробничо-господарська діяльність акціонерного товариства в сучасних умовах. *Економічний простір*. 2025. № 198. С. 174–179. DOI: 10.30838/EP.198.174-179.
4. АТ «Подільський цемент» : вебсайт. URL: <https://cemark.ua/zavodi/at-podilskiy-cement>.
5. Публічна інформація АТ «Подільський цемент». URL: <https://cemark.ua/publicna-informaciya>.
6. Трудові відносини в умовах воєнного стану: дайджест змін. *ligazakon*. 2022. URL: https://biz.ligazakon.net/news/212674_trudov-vdnosini-v-umovakh-vonnogo-stanu-daydzhest-zmn.
7. Фінансова звітність АТ «Подільський цемент» (2019–2023 pp.). URL: <https://opendatabot.ua/c/00293091>.
8. Хлебнікова Т.М., Темченко О.В., Білінська О.П. Ефективність системи управління персоналом в умовах військових дій. *Економіка та суспільство*. 2023. № 50. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-50-66.
9. Череп О.Г., Калюжна Ю.В., Михайліченко Л. Особливості управління персоналом в умовах воєнного стану в Україні. *Економіка та суспільство*. 2023. № 48. DOI: 10.32782/2524-0072/2023-48-24.
10. CEMARK A CRH COMPANY. URL: <https://cemark.ua/pro-kompaniy>.

Pokotylska N. V.

*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Management and Public Administration,
Higher Educational Institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: tilya777@ukr.net
ORCID: 0000-0003-3163-2900*

Dobrovolska E. V.

*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Management and Public Administration,
Higher Educational Institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: dobrovolskaella@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8965-7540*

Kosovych O. V.

*Assistant at the Department of Management and Public Administration,
Higher Educational Institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: olgakosovic@gmail.com
ORCID: 0009-0009-4253-8312*

JOINT STOCK COMPANY PERSONNEL MANAGEMENT

Abstract

The successful functioning of an enterprise depends on many factors, among which an effective personnel management system plays a special role. Today, more and more attention is paid to this area, as managers realize that the stable development and increase in the competitiveness of the company largely depend on the quality management of human resources. Personnel management is a complex, systemic process that occupies a key position in the overall structure of enterprise management.

This article is devoted to the current aspects of personnel management in joint-stock companies. It considers various approaches to defining the concept of “personnel management” and analyzes the main components of this system in the conditions of a joint-stock company. In particular, the issues of providing the enterprise with qualified employees, personnel structure, labor resource dynamics, efficiency of working time use, labor productivity, personnel profitability, as well as aspects of recruitment, hiring, development and retention of personnel were investigated. Considerable attention was paid to employee motivation and the influence of corporate culture on the formation of a productive working environment. In addition, modern approaches to personnel management are considered, in particular the use of data analytics and the development of open communication between managers and employees.

Using the example of JSC “Podilsky Cement”, the need to increase the efficiency of personnel use is substantiated based on the analysis conducted.

Despite significant attention to the organization, planning and use of labor resources, the enterprise has certain problems that require the implementation of modern management methods and mechanisms. Optimization of personnel management processes will increase the efficiency of the company's activities.

Key areas of development of the personnel management system have been identified, which must be considered when forming a strategy in this area. Own ways of improving management processes under martial law conditions have been proposed, including improving the qualifications of employees, motivational measures, improving internal communication, developing social responsibility and the adaptability of the enterprise to changes. Investments in education and professional development of young and promising employees are an important factor in increasing the efficiency of personnel, which in the future will contribute to strengthening the company's position in the market.

Key words: management, personnel, joint-stock company, enterprise, workforce.

References

1. Balanovska, T.I., Mykhailichenko, M.V., & Troyan, A.V. (2020). *Suchasni tekhnolohiyi upravlinnya personalom [Modern technologies of personnel management]*. Kyiv: FOP Yamchynskyi, O.V. [in Ukrainian].
2. Vinichenko, I.I., & Didur, K.M. (2015). *Suchasni tendentsiyi rozvytku lyuds'koho kapitalu v Ukraini [Modern trends in human capital development in Ukraine]*. *Innovatsiyna ekonomika – Innovative economy*, 5 (60), 5–11 [in Ukrainian].
3. Dobrovolska, E.V., & Pokotylska, N.V. (2025). *Upravlins'ka ta vyrobnycho-hospodars'ka diyal'nist' aktsionernoho tovarystva v suchasnykh umovakh. [Management and production and economic activities of a joint-stock company in modern conditions]*. *Ekonomichnyy prostir – Economic space*, 198, 174–179 [in Ukrainian].
4. Ofitsiynny sayt AT “Podil's'kyi tsement” [Official website of JSC “Podilsky Cement”]. Retrieved from <https://cemark.ua/zavodi/at-podilskiy-cement> [in Ukrainian].
5. Publichna informatsiya AT “Podil's'kyi tsement” [Public information of JSC “Podilsky Cement”]. Retrieved from <https://cemark.ua/publicna-informaciya> [in Ukrainian].
6. Trudovi vidnosyny v umovakh voyennoho stanu: daydzhest zmin [Labor relations under martial law: a digest of changes]. *ligazakon*. 2022. Retrieved from https://biz.ligazakon.net/news/212674_trudov-vdnosini-v-umovakh-vonnogo-stanu-daydzhest-zmn [in Ukrainian].
7. Finansova zvitnist' AT “Podil's'kyi tsement” (2019–2023 rr.) [Financial statements of JSC “Podilsky Cement” (2019–2023)]. Retrieved from <https://opendatabot.ua/c/00293091> [in Ukrainian].
8. Khliebnikova, T.M., Temchenko, O.V., & Bilinska, O.P. (2023). *Efektivnist' systemy upravlinnya personalom v umovakh viys'kovykh diy [Efficiency of the personnel management system in the conditions of military operations]*. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*, 50 [in Ukrainian].
9. Cherep, O., Kaliuzhna, Iu., & Mykhailichenko, L. (2023). *Osoblyvosti upravlinnya personalom v umovakh voyennoho stanu v Ukraini [Peculiarities of personnel management under the conditions of marital state in Ukraine]*. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*, 48 [in Ukrainian].
10. CEMARK A CRH COMPANY. Retrieved from <https://cemark.ua/pro-kompaniy> [in Ukrainian].

Отримано: 21.03.2025

Рекомендовано: 12.05.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.18>
УДК 338.43:631.1

Чорнобай Д. М.

*здобувач третього рівня вищої освіти «Доктор філософії»
спеціальності «Менеджмент»,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»,
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: chornobay.denys.7@gmail.com
ORCID: 0009-0002-9920-2237*

СУТНІСТЬ, ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗНАЧЕННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

Анотація

Сільські території є важливим складником економічного, соціального й екологічного розвитку кожної країни. Їхній розвиток великою мірою залежить від ефективного використання підприємницького потенціалу – ресурсу, який має ключове значення для забезпечення сталого розвитку.

Сільські території України відіграють важливу роль у гарантуванні продовольчої безпеки, збереженні природного середовища, розвитку національної культури та традицій. Сучасні трансформаційні процеси в Україні, зумовлені як внутрішніми соціально-економічними змінами, так і зовнішніми викликами, зокрема війною, актуалізують потребу переосмислення стратегій розвитку сільських територій. Одним із ключових чинників такого розвитку є підприємницький потенціал, який здатен стати основою для мобілізації внутрішніх ресурсів, стимулювання економічного зростання, створення нових робочих місць та формування сталих громад.

Сільські громади в умовах децентралізації набули нових повноважень у питаннях розвитку місцевого бізнесу, проте реалізація цих повноважень значною мірою залежить від здатності активізувати наявний підприємницький потенціал.

Розкрито сутність підприємницького потенціалу сільських територій, досліджено його основні структурні компоненти й особливості формування в сучасних умовах. Розглянуто ключові чинники, що впливають на ефективність використання підприємницького потенціалу у процесі сталого розвитку сільських громад. Окреслено значення підприємництва як важливого інструменту зміцнення економіки, підвищення добробуту населення та активізації людського капіталу в сільській місцевості.

Ключові слова: підприємницький потенціал, сільські території, сталий розвиток, людський капітал, підприємництво, розвиток громад.

Вступ. Сільські території України мають значний ресурсний, демографічний і культурний потенціал, однак їхній соціально-економічний розвиток часто гальмується структурною відсталістю, депопуляцією, низькою інвестиційною привабливістю та обмеженим доступом до фінансових, інформаційних і технологічних ресурсів. У цих умовах особливого значення набуває підприємницький потенціал як внутрішній рушій розвитку сільських громад, який здатен забезпечити економічну самодостатність, зайнятість, підвищення якості життя населення та сталий розвиток сільських територій.

Мета роботи полягає у визначенні сутності, особливостей і значення підприємницького потенціалу для забезпечення комплексного сталого розвитку сільських територій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Питання розвитку сільських територій фігурує перед багатьма викликами сьогодення, як зовнішніми, так і внутрішніми, що мають вагомe значення не тільки для селян і аграрних товаровиробників, але й для покупців і платників податків. Дані виклики потребують переосмислення цілей аграрної політики, конфігурацій її розвитку та втілення. Відбувається своєрідна еволюція: від типової галузевої аграрної політики до спрямованої на багатофункціональність поведінки розвитку села, суттєвим елементом якої є збалансований розвиток сільського господарства й інших новітніх галузей агропромислової економіки, соціальний розвиток і збереження навколишнього природного середовища [10, с. 25].

Вагомий внесок у дослідження теоретико-методологічних основ формування і використання підприємницького потенціалу сільських територій, особливостей функціонування сільського підприємництва зроблено відомими представниками вітчизняної наукової школи (Л. Абалкін, О. Амоша, В. Бойко, А. Бутенко, О. Бородіна, Ф. Важинський, В. Вітвіцький, І. Гадзало, Ю. Губені, В. Жук, Л. Забуранна, Т. Зінчук, Т. Гоголь, І. Кравчук, М. Лесів, Ю. Лупенко, М. Малік, М. Мельник, О. Николюк, Н. Резнік, П. Коренюк, П. Саблук, О. Скидан, В. Ткачук, Є. Хлобистов, Г. Черевко, Т. Швець, О. Шпикуляк та інші). Науковцями змістовно досліджено й розкрито основні аспекти й особливості формування і використання підприємницького потенціалу сільських територій, проте подальших досліджень потребують проблеми розвитку підприємницького потенціалу сільських територій і управління ним в умовах швидких економічних, соціальних, політичних змін.

У науковий ужиток термін «потенціал» увів Арістотель, що дослівно означало «рушійну силу», «можливість». Латинський термін *potentia* – «сила, спроможність, потужність», інтерпретувався як можливість виникнення нового прояву, що є в реальній дійсності [6, с. 183].

Нині термін «потенціал» уживається із прив'язкою до сучасності й характеризується перспективними запасами, можливостями, потужностями, як-от природно-ресурсний потенціал, демографічний потенціал, підприємницький потенціал території.

Українські вчені Я. Гадзало, В. Жук, К. Ващенко, В. Кампо, Е. Лібанова окреслюють такі функції підприємництва в комплексному розвитку територій: раціональне комбінування ресурсів, факторів виробництва на інноваційній основі; організація і керування виробництвом для одержання підприємницького доходу; організаційна комбінація для уникнення зовнішніх ризиків і загроз [3, с. 135; 4, с. 74].

У функціональному аспекті підприємницький потенціал є сукупністю соціально-економічних функцій, що характеризують трудову, виробничу, фінансову, податкову, інвестиційну, інноваційну, інфраструктурну складові частини потенційних можливостей підприємницького сектору економіки. У цільовому аспекті підприємницький потенціал є сукупністю можливостей досягнення системи підприємницьких цілей для конкретного суб'єкта господарювання [7].

Підприємницький потенціал сільських територій можна визначити як сукупність наявних ресурсів, можливостей і здібностей, які покликані забезпечити створення та розвиток бізнесу в сільській місцевості. Основні складники підприємницького потенціалу представлені на рис. 1.



Рис. 1. Складники підприємницького потенціалу сільських територій

До основних компонентів підприємницького потенціалу можна віднести:

- *людський капітал*: рівень освіти, наявність підприємницьких компетентностей, лідерських якостей, мотивації та ініціативи місцевих жителів;
- *природні ресурси*: земля, вода, лісові масиви, корисні копалини, які можуть бути використані для аграрного виробництва чи організації інших видів підприємницької діяльності (переробка, зелений туризм);
- *інноваційний потенціал*: здатність упроваджувати нові технології, використовувати цифрові платформи, адаптувати сучасні бізнес-моделі;
- *інфраструктуру*: охоплює соціальну, транспортну та комунікаційну інфраструктуру. Якісні дороги та доступ до інтернету є необхідними для функціонування суб'єктів підприємницької діяльності, розширення ринків збуту і залучення інвестицій;
- *інституційне середовище*: наявність підтримуючих інститутів – органів місцевого самоврядування, освітніх закладів, дорадчих служб, кооперативів.

Саме сукупність ресурсів, умов, здібностей і можливостей місцевого населення до ведення підприємницької діяльності, яка сприяє соціально-економічному розвитку громади та забезпечує реалізацію конкурентних переваг території, і характеризує підприємницький потенціал сільських територій.

Отже, підприємницький потенціал не є лише функцією економічних ресурсів, а значною мірою залежить від ментальних настанов, цінностей, організаційної культури та рівня згуртованості в межах сільської громади.

Підприємницький потенціал сільських територій – це не лише економічна категорія, а й соціокультурна, інституційна та стратегічна складова частина розвитку громад. Він є фундаментом для подолання багаторічної периферійності села, його трансформації у простір гідного життя, активної участі та сталого зростання.

Сільські громади в умовах децентралізації набули нових повноважень у питаннях розвитку місцевого бізнесу, проте реалізація цих повноважень значною мірою залежить від здатності активізувати наявний підприємницький потенціал.

Формування підприємницького потенціалу сільських територій має низку специфічних особливостей, зумовлених як об'єктивними, так і суб'єктивними чинниками, як-от:

1. *Обмежений доступ до ринків та інфраструктури.* Віддаленість від центрів економічної активності ускладнює логістику, підвищує витрати та знижує конкурентоспроможність сільського підприємництва.
2. *Низький рівень фінансової інклюзії.* Сільські підприємці мають менший доступ до кредитів, грантів, що обмежує масштабування їхньої діяльності.
3. *Освітній розрив і відсутність бізнес-навичок.* Значна частина населення не володіє сучасними інструментами управління, маркетингу, цифровізації, що стримує ініціативу.
4. *Міграційні процеси та демографічна криза.* Відтік молоді із сіл зменшує людський капітал і позбавляє громади новаторських ідей.
5. *Сильна залежність від аграрного сектору.* Підприємницький потенціал часто звужується до сільсько-господарського виробництва, не охоплює сфери послуг, ремесел, туризму, переробки тощо.

Сільські території мають свою специфіку, яка впливає на формування та реалізацію підприємницького потенціалу, як-от:

- фрагментованість ринку й обмежений попит через малу щільність населення;
- сезонність і природна залежність діяльності, особливо в аграрному секторі;
- слабкість інфраструктури, зокрема транспортної та цифрової;
- сірація молоді в міста чи за кордон, що призводить до старіння населення;
- низька підприємницька культура – відсутність досвіду, страх перед ризиком, обмежений доступ до інформації.

Однак саме вищезазначене створює передумови для розвитку альтернативних, інноваційних напрямів – агротуризму, переробки, ремесел, еко- та крафтового виробництва, цифрового фермерства.

Попри вказану специфіку, розвиток підприємницького потенціалу можливий за умови цілеспрямованої підтримки на місцевому, регіональному та національному рівнях. Ефективними інструментами тут виступають:

- навчальні та менторські програми;
- розвиток сільськогосподарських кооперативів;
- створення бізнес-інкубаторів і хабів у сільській місцевості;
- упровадження програм державної, грантової та донорської підтримки;
- розширення доступу до цифрових інструментів (електронна комерція, цифровий маркетинг, CRM-системи тощо).

Підприємницький потенціал сільських територій є потужним ресурсом, здатним забезпечити самодостатність громад, сприяти економічному зростанню та зміцненню соціальної стабільності. У сучасних умовах саме підприємництво має стати основою регіонального розвитку, інструментом ефективного використання потенціалу та головним рушієм сталого розвитку сільських територій України. Підприємницький потенціал є ключовим чинником формування сталих сільських громад, оскільки:

- *сприяє економічному зростанню.* Створення нових робочих місць, розвиток малого й середнього бізнесу дозволяє зменшити рівень безробіття та залежність населення від соціальних трансфертів;
- *підвищує самодостатність громад.* Розвиток підприємництва знижує зовнішню залежність від державних програм і субсидій;
- *стимулює локальну ініціативу.* Активізація підприємницької діяльності мотивує мешканців брати на себе відповідальність за розвиток своєї громади;
- *формує середній клас.* Успішні підприємці в селах стають носіями прогресивних цінностей, зразками соціального лідерства та рушіями змін;
- *сприяє збереженню та відновленню культурної спадщини.* Через розвиток сільського туризму, ремесел, локального брендингу зростає інтерес до збереження унікальності територій.

Значення підприємницького потенціалу особливо актуалізується в умовах воєнного та післявоєнного відновлення України, коли необхідно активізувати внутрішні ресурси розвитку громад і залучити до економічного життя широкі верстви населення.

Відновлення економіки після війни відкриває нові можливості для розвитку сільських територій. Серед ключових перспектив:

- програми державної підтримки підприємництва (дотації, гранти, пільгові кредити, податкові стимули тощо);
- залучення міжнародної допомоги (підтримка ООН, ЄС, FAO, USAID у проєктах розвитку сільського підприємництва);
- цифровізація сільської економіки (розвиток платформ для онлайн-торгівлі, навчання, менторства);
- зростання попиту на локальні й екологічно чисті продукти, розвиток зеленого туризму, фуд-кластерів;

- освітні ініціативи (створення центрів підприємницької освіти у громадах);
- інтеграція ветеранів і ВПО у підприємницьку діяльність у селі.

Основним економічним чинником розвитку сільських територій є аграрний сектор. Однак ефективність сільського господарства часто знижується через застарілі технології, відсутність інвестицій і кваліфікованої робочої сили. Сучасні виклики вимагають диверсифікації економічної діяльності сільських територій, розвитку альтернативних галузей, як-от переробка, екотуризм, зелена енергетика, мале та середнє підприємництво.

У концептуальних засадах державної політики сільського розвитку в Україні визначено перспективні вектори формування локальних механізмів розвитку підприємницького потенціалу, зокрема: стимулювання сільських громад до колективних дій у розв'язанні життєвих проблем із використанням місцевих активів/капіталів (методологічний підхід «знизу – угору» («від громади до держави»); формування в Україні сприятливого економічного соціального й інституційного середовища функціонування і розвитку сімейного типу господарювання в сільському господарстві; розроблення основних засад становлення сільської економіки, що ґрунтується на широкому використанні соціальних, інституційних і технологічних інновацій, а також локальних знань для реалізації потенціалу місцевих громад; підвищення ділової та громадянської активності членів сільських громад для використання ними локальних ресурсів і зовнішніх можливостей на засадах партнерства, зокрема з державою, для поліпшення якості життя на селі, подолання бідності, оновлення людського капіталу, збереження локальних екосистем; інституційна та фінансова підтримка сімейних господарств; диверсифікація сільської економіки та підвищення добробуту селян; місцевий розвиток і лідерство сільських громад [1].

Головними напрямками забезпечення розвитку сільських територій є розвиток сільськогосподарського виробництва, організація підприємств з переробки сільськогосподарської продукції та місцевої сировини, виробництво харчових продуктів, біопалива, будівельних матеріалів тощо. Важливими елементами сільської економіки мають стати сільськогосподарські кооперативи [9].

Інвестування в розвиток підприємницького потенціалу може стати одним із головних інструментів відновлення комплексного розвитку сільських територій на принципах інклюзивності, самоорганізації та сталості.

Висновки. Підвищення ефективності використання підприємницького потенціалу сільських територій потребує комплексного підходу: розвитку людського капіталу, підтримки локальних ініціатив, створення сприятливого інституційного середовища та впровадження сучасних бізнес-моделей. Успішна реалізація цього потенціалу залежить від синергії між державою, місцевим самоврядуванням, громадянським суспільством і сільськими мешканцями.

Список використаних джерел

1. Аграрний і сільський розвиток для зростання та оновлення української економіки : наукова доповідь / за ред. О. Бородіної, О. Шубравської ; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогноз. НАН України». Київ, 2018. 152 с.
2. Бутенко А., Лазарева Є., Сарасва І. Методологічні аспекти визначення підприємницького потенціалу регіону. *Економічні інновації* : збірник наукових праць. Одеса : ІПРЕД НАН України, 2012. Вип. 51. С. 45–54.
3. Ващенко К., Кампо В., Лібанова Е. Державна політика розвитку підприємництва в Україні / за ред. К. Ващенка. Київ : ДП «ВД «Персонал»», 2010. 306 с.
4. Гадзало Я., Жук В. Наукові основи розвитку аграрного підприємництва та сільських територій за селозберігаючою моделлю : наукова доповідь. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2015. 80 с.
5. Корінець Р. Сільський розвиток: посібник для фахівців з аграрного та сільського розвитку територіальних громад, Київ, 2023. 157 с.
6. Лігоненко Л. Науковий аналіз поняття «потенціал регіону». *Формування ринкових відносин в Україні*. 2011. № 8 (23). С. 182–189.
7. Потенціал розвитку територій: методологічні засади формування і нарощення : монографія / О. Бобровська та ін. ; за заг. ред. О. Бобровської. Дніпро : ДРІДУ НАДУ, 2017. 362 с.
8. Скидан О., Швець Т., Плотнікова М., Костюк Л. Перспективні моделі розвитку підприємництва та публічного управління територіальних громад. *Наукові горизонти*. 2019. № 9 (82). С. 3–12.
9. Чернобай Л., Мушкетик І. Перспективи комплексного розвитку сільських територій. *Modern Economics*. 2022. № 36. С. 152–157. DOI: 10.31521/modecon.V36(2022)-22.
10. Шаров Ю. Муніципальні послуги: шлях до високої якості : монографія. Мелітополь, 2008. 136 с.
11. Шпикуляк О., Малік М. Інституціональний аналіз розвитку підприємництва в аграрному секторі економіки: методичний аспект. *Економіка АПК*. 2019. № 6. С. 73–82.

Chornobai D. M.

Applicant of the Third Level of Higher Education “Doctor of Philosophy”

Specialty “Management”,

Higher Educational Institution “Podillia State University”

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: chornobay.denys.7@gmail.com

ORCID: 0009-0002-9920-2237

THE ESSENCE, FEATURES AND SIGNIFICANCE OF THE ENTREPRENEURIAL POTENTIAL OF RURAL AREAS

Abstract

Rural areas are an important component of the economic, social and environmental development of each country. Their development largely depends on the effective use of entrepreneurial potential – a resource that is key to ensuring sustainable development.

Rural areas of Ukraine play an important role in ensuring food security, preserving the natural environment, developing national culture and traditions. Modern transformation processes in Ukraine, caused by both internal socio-economic changes and external challenges, in particular war, highlight the need to rethink rural development strategies. One of the key factors in such development is entrepreneurial potential, which can become the basis for mobilizing internal resources, stimulating economic growth, creating new jobs and forming sustainable communities.

Rural communities in the context of decentralization have acquired new powers in matters of local business development, but the implementation of these powers largely depends on the ability to activate existing entrepreneurial potential.

The article reveals the essence of the entrepreneurial potential of rural areas, examines its main structural components and features of formation in modern conditions. The key factors influencing the effectiveness of the use of entrepreneurial potential in the process of sustainable development of rural communities are considered. The importance of entrepreneurship as an important tool for strengthening the economy, improving the well-being of the population and activating human capital in rural areas is outlined.

Key words: entrepreneurial potential, rural areas, sustainable development, human capital, entrepreneurship, community development.

References

1. Borodina, O., & Shubravskaya, O. (2018). *Ahrarnyy i sil's'kyi rozvytok dlya zrostannya ta onovlennya ukrayins'koy ekonomiky [Agrarian and Rural Development for Growth and Renewal of the Ukrainian Economy]*. Kyiv: State Institution "Institute of Economics and Forecasting of the NAS of Ukraine" [in Ukrainian].
2. Butenko, A., Lazareva, E., & Saraeva, I. (2012). Metodolohichni aspekty vyznachennya pidpryemnyts'koho potentsialu rehionu [Methodological aspects of determining the entrepreneurial potential of the region]. *Ekonomichni innovatsiyi – Economic innovations*, 51, 45–54. Odesa: IPREED NAS of Ukraine [in Ukrainian].
3. Vashchenko, K., Kampo, V., & Libanova, E. (2010). *Derzhavna polityka rozvytku pidpryemnytstva v Ukrayini [State Policy of Entrepreneurship Development in Ukraine]*. Kyiv: DP "VD "Personal" [in Ukrainian].
4. Hadzalo, Ya., & Zhuk, V. (2015). *Naukovi osnovy rozvytku ahrarnoho pidpryemnytstva ta sil's'kykh terytoriy za selozberihayuchoyu modellyu [Scientific foundations of the development of agricultural entrepreneurship and rural areas according to the village-preserving model]*. Kyiv: NNTS "IAE" [in Ukrainian].
5. Korinets R. (2023). *Sil's'kyi rozvytok: posibnyk dlya fakhivtsiv z ahrarnoho ta sil's'koho rozvytku terytorial'nykh hromad [Rural development: a guide for specialists in agrarian and rural development of territorial communities]*. Kyiv [in Ukrainian].
6. Lihonenko, L. (2011). Naukovyy analiz ponyattya "potentsial rehionu" [Scientific analysis of the concept of "regional potential"]. *Formuvannya rynkovykh vidnosyn v Ukrayini – Formation of market relations in Ukraine*, 8 (23), 182–189 [in Ukrainian].
7. Bobrovska, O., Krushelnyska, T., & Latynin, M. (2017). *Potentsial rozvytku terytoriy: metodolohichni zasady formuvannya i naroshchennya [Territorial Development Potential: Methodological Principles of Formation and Expansion]*. Dnipro: DRIDU NADU [in Ukrainian].
8. Skydan, O., Shvets, T., Plotnikova, M., & Kostyuk L. (2019). Perspektyvni modeli rozvytku pidpryemnytstva ta publichnoho upravlinnya terytorial'nykh hromad [Promising models of development of entrepreneurship and public administration of territorial communities]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, 9 (82), 3–12 [in Ukrainian].
9. Chornobai, L., & Mushenyk, I. (2022). Perspektyvy kompleksnoho rozvytku sil's'kykh terytoriy [Prospects for the integrated development of rural areas]. *Modern Economics*, 36, 152–157. Retrieved from [https://doi.org/10.31521/modecon.V36\(2022\)-22](https://doi.org/10.31521/modecon.V36(2022)-22).
10. Sharov, Yu. (2008). *Munitsypal'ni posluhy: shlyakh do vysokoyi yakosti [Municipal: the path to high quality]*. Melitopol [in Ukrainian].
11. Shpykulyak, O., & Malik, M. (2019). Instytutsional'nyy analiz rozvytku pidpryemnytstva v ahrarnomu sektori ekonomiky: metodychnyy aspekt [Institutional analysis of the development of entrepreneurship in the agricultural sector of the economy: a methodological aspect]. *Ekonomika APK – Economics of the Agricultural Complex*, 6, 73–82 [in Ukrainian].

Отримано: 25.06.2025

Рекомендовано: 31.07.2025

Опубліковано: 29.08.2025



ТЕХНІЧНІ НАУКИ

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.19>

UDC 621.891:631.313.02

Borak K. V.

*Doctor Of Technical Sciences, Professor,
Deputy Director for Academic Affairs,
Zhytomyr Agricultural Technical Professional College
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: koss1983@meta.ua

ORCID: 0000-0002-5611-4707

Kulykivskiy V. L.

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Agricultural Engineering and Technical Service,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: kylikovskiyy@ukr.net

ORCID: 0000-0002-4652-0285

Borovskyi V. M.

*Lecturer of the Department of Agricultural Engineering and Technical Service,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: borovskiyvm@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1759-8155

Rudenko V. G.

*Head of the Department Agroengineering,
Zhytomyr Agricultural Technical Professional College
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: super_rudenkovtaljj@ukr.net

ORCID: 0009-0004-2493-7663

Dobranskiy S. S.

*Lecturer of the Department Agroengineering,
Zhytomyr Agricultural Technical Professional College
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: 1988dobran.105@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2746-1336

INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE WORKING BODIES OF TILLAGE MACHINES BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

Abstract

In this work, the effective technological parameters of electrical discharge machining for increasing the wear resistance of steels operating under abrasive wear conditions were determined. It has been established that the optimal technological parameters of electrical discharge machining are as follows: current 350–450 A, voltage 45 V, temperature of the working environment 30–40 °C. According to the results of the studies, it was found that the most significant effect on the wear resistance of the treated surface is the current strength, since it affects the quality of the surface layer melting and the depth of processing. Another significant factor is the temperature of the dielectric cooling medium: with an increase in the temperature of the cooling medium, the surface cooling rate cannot meet the conditions (200 °C/s) for the formation of martensitic structures, and with a decrease in temperature, internal stresses occur in the hardened surface, which lead to the formation of microcracks. As a result of electrical discharge machining, the microhardness of the treated layer increases for X12 steel within 12–12,8 GPa, for 65Г steel within 10,5–11,2 GPa, and for 45 steel within 7,3–8,2 GPa. The hardness increase is due to the formation of a fine-needle martensite structure and alloying of the surface layer with Mn, Si, Ni and Cr.

It has been established that the use of electrical discharge machining increases the wear resistance of 65Г steel when operating on soils with different mechanical composition, abrasive properties, and various external factors by an average of 60–80%.

The use of electrical discharge machining to strengthen the working bodies of disc tillage tools made of 65Г steel allows to increase wear resistance in comparison with: serial ones – by 1,76 times, with the working surface strengthened by T-590 electrode – by 1,1 times, with the working bodies of Bellota (made of 28MnB5 steel) – by 1,16 times. In addition, during the operation of the working bodies hardened by electrical discharge machining, the effect of self-sharpening was observed, which in turn contributed to a decrease in traction resistance by 4–16% compared to the serial ones.

Key words: steel, hardness, electrical discharge machining, wear resistance.

Introduction. The world's food security largely depends on the efficiency of the agricultural sector, where mechanization of field work plays an important role [1]. Soil cultivation (plowing, cultivation, etc.) is one of the most energy-intensive stages that requires reliable and wear-resistant working parts of agricultural machinery. Components such as plow ploughshares, disk knives, and cultivator tines are subject to intense abrasive wear during operation due to contact with soil particles. This leads to a gradual loss of material, a deterioration in the quality of tillage, and increased fuel consumption and repair and maintenance costs. Studies have shown that wear is particularly accelerated when the coarse sand content in the soil is high. Therefore, increasing the wear resistance of tillage machines' working bodies is an urgent task, as it allows to extend their service life, reduce equipment downtime and increase the energy efficiency of agricultural production [4; 2; 7].

Materials science has developed a number of approaches to protecting parts from wear. Traditionally, wear-resistant steels or heat treatment (quenching) are used to harden the surface. In addition, hard coating technologies have become widespread – from surfacing of carbide layers to gas-thermal or diffusion application of ceramic and composite coatings [4; 7]. A properly selected coating can significantly reduce the wear of tillage tools in the abrasive environment of the soil [1]. At the same time, each of these methods has certain disadvantages. In particular, hardening increases hardness but can reduce the material's toughness, causing brittleness. Some modern methods of surface hardening (laser and plasma surfacing, detonation spraying, etc.) are effective against wear, but are accompanied by cracks in coatings, high energy consumption, and environmental risks [4]. This prompts researchers to look for alternative hardening technologies that will provide high hardness and wear resistance without these drawbacks [3].

One of the most promising areas is the electrical discharge machining of metal surfaces (electrospark alloying). This method involves the pulsed transmission of an electric discharge between an electrode and a workpiece, which causes the electrode material to melt for a short time and be applied to the surface of the workpiece in a thin layer. The resulting coating is metallurgically bonded to the substrate and has increased hardness due to the formed fine dendritic structure and the presence of solid phases (e.g., carbides) [1]. Unlike laser or plasma surfacing, which are characterized by high energy concentration and can cause cracking, electric spark technology uses relatively low thermal impact and is much more economical, which makes it attractive for use in agricultural engineering [1]. The presence of a hardened layer on the surface allows combining high surface hardness with the toughness and strength of the base material of the part, which is especially important for tillage tools operating under severe conditions of impact and abrasive wear. Recent studies confirm the effectiveness of electrical discharge methods for increasing the wear resistance of agricultural implements. In particular, it was found that the electrospark application of a special alloy (grade D517) to 65Г steel forms a fine dendritic structure with carbide inclusions, which reduces the rate of abrasive wear in model soil tests by about 16–21% compared to traditionally hardened steel [1]. These results indicate the significant potential of electrical discharge machining as a means of strengthening the working bodies of tillage machines. At the same time, further study of the material science aspects of this technology remains relevant, in particular, the effect of EDM alloying modes on the structure and properties of the material surface layer and, as a result, on its wear resistance. This issue is the subject of further research in this paper.

Research objective. The aim of the study is to determine the influence of electroerosion machining parameters on improving the wear resistance of working parts of soil cultivation machines by optimising machining modes and

establishing the most effective technological parameters that ensure maximum increase in the service life of parts under operating conditions in an abrasive soil environment.

Presentation of the main research material. Increasing the wear resistance of machine parts is possible by the following methods: structural; technological; operational [5–7].

The design possibilities for increasing the wear resistance of machine parts are quite diverse, but they all boil down mainly to improving the operating conditions of the parts (eliminating external friction, improving friction conditions, etc.).

Operational methods for increasing wear resistance include optimizing operating modes, timely maintenance and repair of friction units, etc.

The most significant increase in the wear resistance of parts operating in an abrasive mass is possible by the technological methods shown in Fig. 1 [5–7; 9].

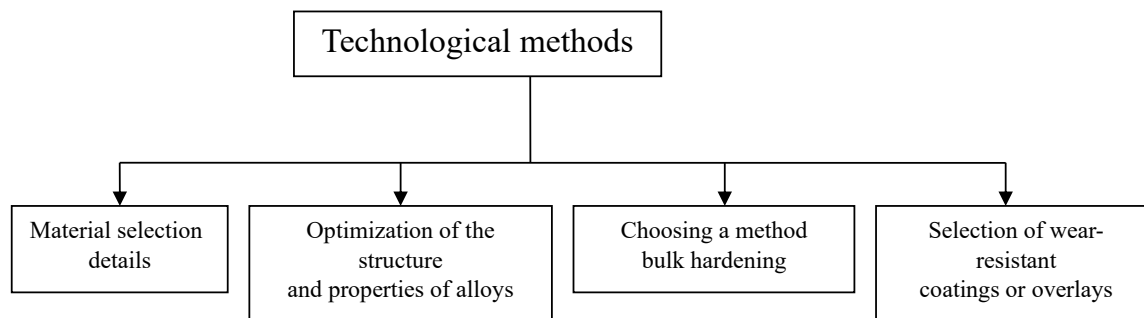


Fig. 1. Technological methods of increasing the wear resistance of parts

The choice of material should be made depending on the operating conditions of the part – stress state, external friction conditions, temperature conditions, and environmental properties [8].

The technical requirements for tillage machine disks for domestic equipment stipulate that they should be made of 65Г steel or its substitute, M76 steel and 45 steel with a heat treatment for a hardness of 39–44 HRC. Disks from foreign manufacturers are made of more wear-resistant steels, including 28 MnB5 steel from Bellota and Earth Metal from Case. The steel sheet used to make these wheels is rolled in two perpendicular directions, and the wheels are subject to complex heat and shot blasting treatment. The cost of such disks is 2,0–2,3 times higher than the cost of domestic disks and has 20–30% higher wear resistance [8]. The use of high-quality metals and alloys is economically impractical, so the solution should be sought in the use of methods of local hardening of working surfaces.

The following types of surfacing are used for the working bodies of machines operating in abrasive mass: manual gas bar surfacing with Sormite № 1; arc powder tape surfacing; multi-electrode electroslag surfacing; plasma surfacing; induction surfacing.

In agricultural engineering, 90% of all hardening work is done by induction surfacing [8]. The main disadvantage of this method is the high cost of surfacing alloys.

To increase the wear resistance of disk implements, the working surface is subjected to volumetric heat treatment. When choosing a heat treatment for steel, it is necessary to be guided by obtaining the highest hardness with sufficient toughness (depending on the strength conditions). It is also necessary to take into account the most rational steel structure for abrasive wear.

In the process of impact abrasion, the wear resistance of carbon steels depends not only on hardness but also on the composition and structure of the steel. Steels with a carbon content of about 0,7% have the highest wear resistance. Steels with a higher carbon content have lower wear resistance due to brittle decomposition. With a carbon content of less than 0,7%, steels undergo plastic deformation and wear more [7].

In the work of A.I. Sidashenko [10], it is recommended to surfacing the working edge with a T-590 electrode, 4 mm in diameter, with a welding current of 260–280 A from the outside at a distance of 1–5 mm from the edge of the disk. As a result of the operation of such disks, an increase in durability by 2,5–3,5 times compared to serial ones and an improvement in the process of self-sharpening were observed.

Recently, the method of metal EDM has become increasingly widespread. EDM is included in modern technologies as one of the most promising ways to manufacture and process parts made of difficult-to-machine materials, which will reduce the labor intensity and cost of manufacturing and processing processes.

The first to describe the process of metal erosion under the action of electric current was the English scientist J. Priestley (late eighteenth century). The first electrical discharge unit was created by Soviet scientists B.R. Lazarenko and N.I. Lazarenko (1943) [8].

EDM is a change in the shape, size, roughness and surface properties of workpieces under the influence of electrical discharges as a result of electrical erosion.

Such processing is characterized by a number of positive features, as noted in many works:

- practical independence of processing speed, quality, and productivity from the physical and mechanical properties of the materials being processed;
- no need for special tools or abrasives harder than the material being processed;
- a significant reduction in material consumption;
- the relative simplicity of the technology;
- the possibility of local processing of large-sized products without the use of special large machines;
- the prospect of full mechanization and automation;
- high productivity and cost-effectiveness, and reduced processing time.

But despite the positive aspects, EDM has not been widely used in industry because:

- not studying the impact of surface quality on the performance of parts;
- internal tensions may arise;
- it is impossible to control the surface quality to obtain characteristics in a given ratio.

Due to all the above disadvantages of EDM, it is used in industry only for preliminary (rough) machining.

The most widely used method for strengthening the metal surface is the electro-pulse method of electrical discharge machining, as it has the best technical and economic indicators [8].

Research and implementation of electrical discharge machining of metals in Ukraine was carried out by: Orzhonikidze Iron and Steel Works, Odesa National Polytechnic University, Kharkiv Polytechnic University, Kharkiv Bearing Plant, and IMESG.

Undoubtedly, the above-mentioned capabilities of electrical discharge machining of metal surfaces distinguish this method from other hardening methods. Despite this, the mechanism, the nature of wear, and the possibility of self-sharpening of the surface of tillage machine working parts hardened by EDM remain unexplored.

The analysis leads to the solution of *tasks*:

- develop a methodology for conducting laboratory and operational research;
- to experimentally investigate the effect of technological parameters of electrical discharge machining on the wear resistance of samples and working bodies of tillage machines;
- to conduct comparative operational studies of serial and reinforced tillage tools.

The object of research is the process of forming coatings on steels to increase the wear resistance of tillage machines.

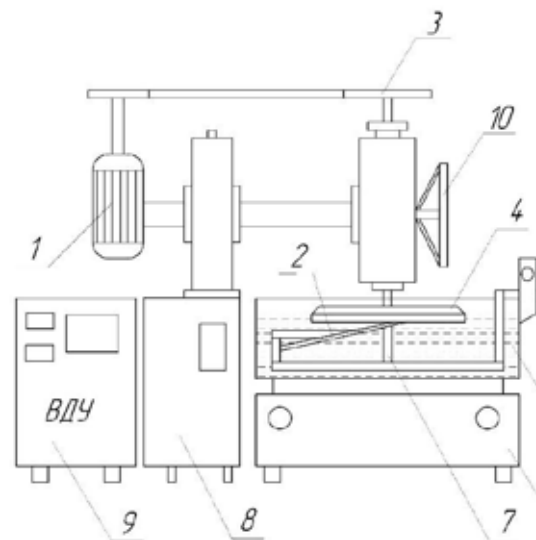
The subject of the study is the regularities of the formation of coatings with specified tribotechnical characteristics.

The purpose of the study was to determine the effect of technological parameters of the method of electrical discharge machining, such as current strength, arc voltage, coolant temperature on the relative wear resistance.

The study was conducted on samples of 65Г steel, 45 steel, and X12 steel. The EDM was performed on the 01.10.016A unit (Fig. 2).



a)



b)

Fig. 2. General view (a) and schematic diagram (b) of the installation for EDM 01.10.016A:
1 – electric motor; 2 – workpiece; 3 – belt drive; 4 – electrode-tool; 5 – bath; 6 – bath drive; 7 – bed;
8 – control cabinet; 9 – power supply; 10 – control flywheel

The hardened layer is obtained by melting the metal of the workpiece at the point of contact and taking it into the bath. The heated surface of the workpiece cools quickly due to the dielectric medium, hardening to a hardness of HRC 40–65.

The distribution of microhardness along the depth of the treated layer was studied at four points at a distance of 5, 10, 15, and 20 mm from the end of the treatment. The riveted layer formed by cutting the samples was removed by deep chemical etching. The surface hardness was determined using a portable hardness tester T-UD2 (Fig. 3). Hardness measurements were performed in accordance with ASTM A1038. This method is most suitable for controlling the hardness of hardened surface layers, since the depth of penetration of the index is usually in the range of 30–50 μm .



Fig. 3. Hardness tester T-UD2

The microstructure of the steel surface after EDM treatment was studied using a Neophot-32 microscope. Observations were made using the method of light and dark fields in polarized light, with a change in magnification.

To test steel samples hardened by EDM for wear resistance, taking into account technological limitations regarding the possibility of EDM and the need to simulate real wear conditions of working bodies, we used installation of the “impeller” type (Fig. 4).

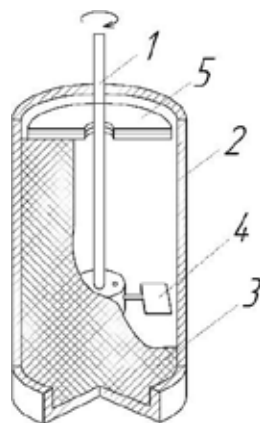


Fig. 4. Scheme of testing by the improved “impeller” method: 1 – shaft holding the samples; 2 – cylinder; 3 – abrasive mass; 4 – samples; 5 – multi-sectional disk that creates the required density of the abrasive mass

The test specimens were made of X12 steel, 65Г steel, and 45 steel. The size of the prototype (Fig. 5) was $70 \times 70 \times 6$ mm.

The inclination of the samples to the plane of rotation was 17° , which intensifies the wear process and promotes mixing of the abrasive medium. The abrasive mass changed after each sample traveled 100 km.

The shaft-holder (Fig. 6) was driven by the spindle of the vertical boring machine 2E78P (Fig. 7), which allows changing the sample speed from 15,5 to 715,9 m/min (from 0,26 to 11,94 m/s).

The mass wear of the sample was determined on a laboratory balance CP 34001 S by Sartorius (Germany).

The friction path was assumed to be 500 km. During this path, the sample was monitored for weight loss 5 times, or every 100 km. The following factors were taken as constant: travel speed – 125,28 m/min (7,5 km/h); soil pressure on the sample – $1,25 \text{ kG/cm}^2$ (122,6 kPa). Quartz sand with a fraction size of 80–100 microns was used as a working medium.

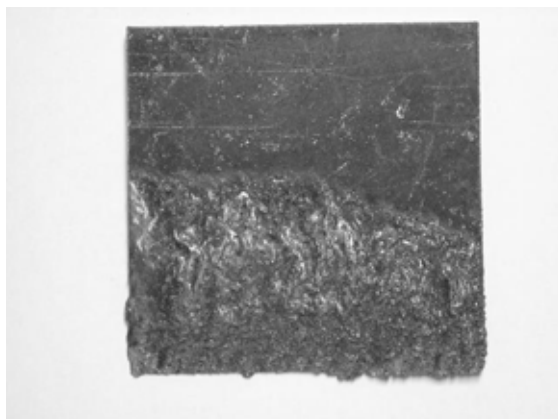


Fig. 5. General view of the prototype



Fig. 6. Shaft holder with prototypes: 1 – prototype; 2 – shaft holder; 3 – 2E78P machine

The following was proposed as an optimization criterion in the study: σW – wear resistance, km/h.



Fig. 7. General view of the wear test setup

The research factors are: 1. Current strength, A; 2. Current voltage, V; 3. Temperature of the cooling (dielectric) medium, °C.

The choice of the experimental area of the factor space was made taking into account the a priori information that the best conditions for the process of EDM are those that are achieved.

To confirm the validity of the experiment, the factors were changed at 2 levels. In order to describe the mathematical model, a Box-Benken experiment was planned.

Operational studies of reinforced and serial working bodies of disk tillage tools were conducted during 2023–2024 at Starokotelnianske LLC, Andrushiv district, Zhytomyr region, using universal disk units УДА-4.5.

In order to optimize the technological parameters of the EDM process, a multifactorial active experiment of type 2^3 was conducted, in which the influence of technological parameters of EDM on the wear resistance of the treated surface was studied. The experimental data obtained were processed using the application programs Microsoft Excel and Maple 14 on a PC. As a result of the study, the regression equation was obtained in a decoded form:

– for 65Г steel:

$$\sigma_w = -485,97 + 0,912I + 17,2U_B + 0,444t_c - 0,00066IU_B - 0,000078It_c + 0,0041U_Bt_c - 0,0012I^2 - 0,194U_B^2 - 0,0099t_c^2; \quad (1)$$

– for X12 steel:

$$\sigma_w = -825,32 + 1,852I + 27,561U_B + 1,056t_c - 0,002IU_B + 0,00007It_c + 0,003U_Bt_c - 0,002I^2 - 0,306U_B^2 - 0,019t_c^2; \quad (2)$$

– for steel 45:

$$\sigma_w = -368,2 + 0,61I + 13,7U_B + 0,08t_c - 0,00028IU_B + 0,00019It_c + 0,0075U_Bt_c - 0,00085I^2 - 0,16U_B^2 - 0,0079t_c^2; \quad (3)$$

When analyzing the equations for determining the zone of extremes, the regression equations were differentiated by the variable factors and the resulting expressions were set to zero. By solving these systems, the values of the factors at the point of optimum were obtained:

– for 65Г steel:

$I = 374$ A, $U_B = 44,1$ V, $t_c = 30$ °C, wear resistance was $\sigma_w = 66,57$ km/h;

– for X12 steel:

$I = 375,5$ A, $U_B = 43,85$ V, $t_c = 30,5$ °C, wear resistance was $\sigma_w = 143,07$ km/h;

– for steel 45:

$I = 372,5$ A, $U_B = 44,2$ V, $t_c = 30,5$ °C, wear resistance was $\sigma_w = 46,01$ km/h.

For further study of the mathematical model, we used the method of two-dimensional sections, which resulted in the following: a) response surfaces and contour plots of the effect of voltage and temperature of the cooling medium on wear resistance (Fig. 8); b) response surfaces and contour plots of the effect of current and temperature of the cooling medium on wear resistance (Fig. 9); c) response surfaces and contour plots of the effect of current and voltage on wear resistance (Fig. 10).

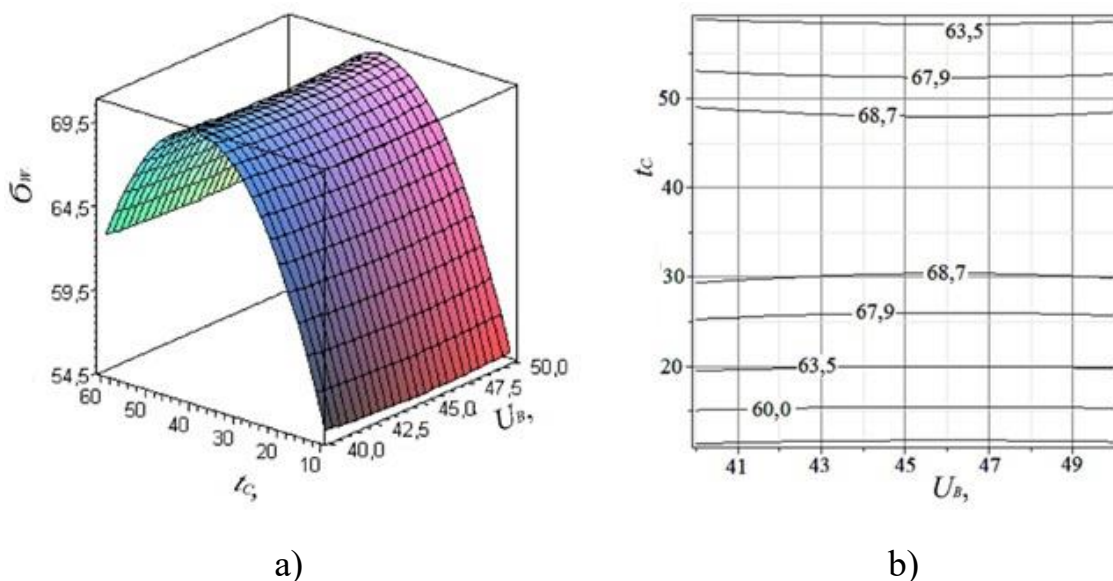


Fig. 8. Response surface (a) and contour graph (b) of the effect of stress and temperature of the cooling medium on the wear resistance of 65Г steel

Analyzing the results obtained, we can conclude that regardless of the steel grade, the rational modes of EDM are: current 350–450 A, voltage 45 V, dielectric medium temperature 30–40 °C.

From the presented graphs (Figs. 8–10), it can be seen that the most significant effect on the wear resistance of the treated surface is the current strength, since the quality of the melting of the surface layer and the depth of EDM depend on it. Another significant factor is the temperature of the dielectric cooling medium: with an increase in the temperature of the cooling medium, the surface cooling rate cannot satisfy the conditions (200 °C/s) for the formation of martensitic structures, and with a decrease in temperature, internal stresses arise in the hardened surface, which lead to the formation of microcracks.

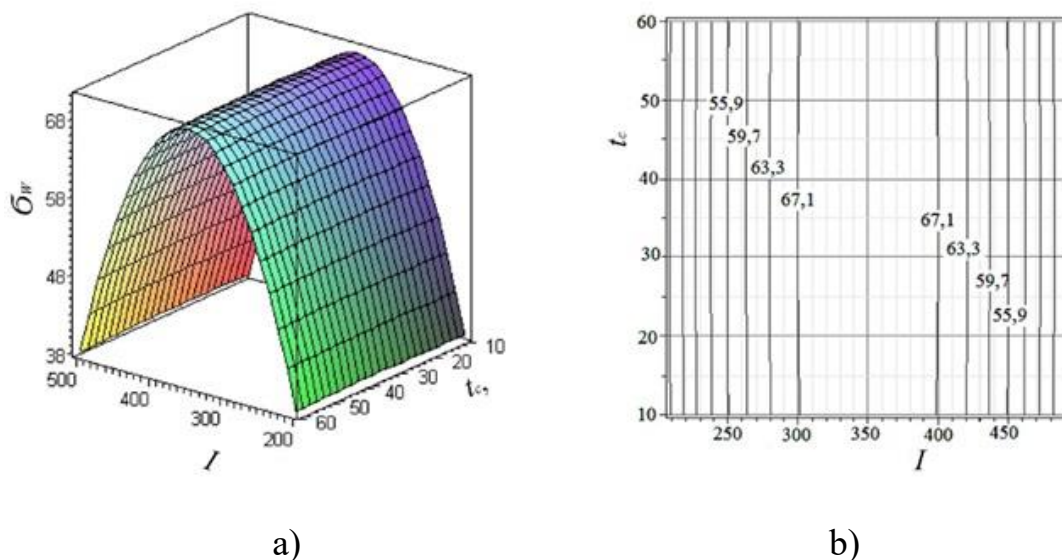


Fig. 9. Response surface (a) and contour plot (b) of the effect of current strength and coolant temperature on the wear resistance of 65Γ steel

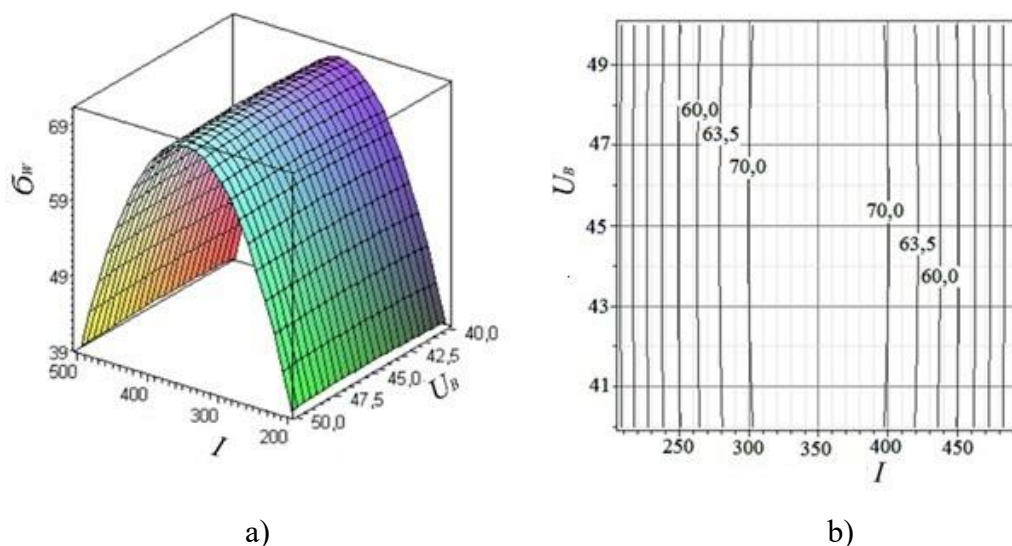


Fig. 10. Response surface (a) and contour plot (b) of the effect of current and voltage on the wear resistance of 65Γ steel

Taking into account previous studies of the influence of technological indicators of EDM on the hardness and wear resistance of steel, the samples were hardened at the following conditions specified in Section 4.1: current 450 A; voltage 45 V; temperature of the working medium (water) 35 °C.

In the course of the study, the dependence of the microhardness distribution on the depth of the hardened layer after EDM was established.

The obtained results make it possible to conclude that, under EDM, the microhardness of the surface layer of steel X12 increases to 12–12,8 GPa, steel 65Γ – to 10,5–11,2 GPa, steel 45 – to 7,3–8,2 GPa. Such surface hardness makes micro-cutting processes impossible (under normal operating conditions) during abrasive wear of the working bodies of tillage tools, so the microhardness of the most abrasive mineral that is part of the soil (quartz) is 9,8–12,7 GPa.

Surface hardness is not always the main indicator of a metal's wear resistance; its chemical composition and structure have a significant impact on its wear resistance.

Changes in the chemical composition of the studied steels are typical, so it can be argued that regardless of the steel grade, during the process of EDM treatment on the installation 01.10.016A, the surface layer is saturated with such chemical elements as Mn, Si, S, Ni, Cr, and the content of Cu, P decreases.

Studies of structural transformations have shown that as a result of EDM, a wear-resistant layer with a fine martensitic structure is formed (Fig. 11), regardless of the operating conditions. This is due to the fact that the study was carried out at a working medium (water) temperature in the range of 20–60°C, and this temperature provides cooling of the treated surface at a rate of more than 200 °C/s, which is necessary for the formation of martensitic structures. During EDM, a high adhesion strength of the alloyed layer with the base material is formed, i.e., a high adhesion strength of the hardened layer with the base.

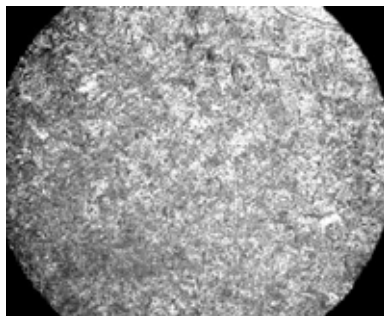


Fig. 11. Cross-sectional structure of a 65Г steel sample after electrical discharge machining

As a result of the study of the wear of the disks of the universal disk unit УДА, it was found that the wear resistance of the disks does not differ significantly for each group, even though these disks have some design differences (tooth shape) (Fig. 12).

Fig. 13 shows a diagram of the operating time to the limit state of disks made of different materials and with different methods of hardening.



Fig. 12. Types of teeth used in the study

As can be seen from this diagram, the discs made of 65Г steel and hardened by EDM with simultaneous sharpening (30° sharpening angle) have the highest wear resistance.

The revealed wear patterns of hardened and serialized working tools support the friction surfaces (Fig. 14).

The hardened areas have a relatively flat surface (Fig. 14), and the non-hardened area of the tooth is covered with small scratches. Based on the above, it can be concluded that in the process of abrasive wear on the surface after electrical discharge machining, there is no process of microcutting by abrasive particles, but a polishing effect is observed, this phenomenon indicates the superiority of plastic deformation over other components of abrasive wear.

Conclusions. The rational modes of electrical discharge machining of steels are: current 350–450 A, voltage 45 V, temperature of the dielectric (working) medium 30–40 °C, which made it possible to obtain wear resistance: for 65Г steel – 66,57 km/h, for X12 steel – 143,07 km/h, for 45 steel – 46,01 km/h.

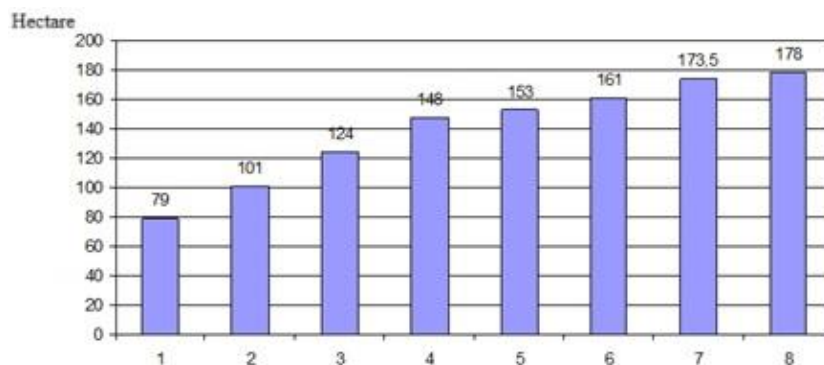


Fig. 13. Operating time of disks to the limit state: 1 – serial disks made of steel 45; 2 – serial disks made of steel 65Г; 3 – disks made of steel 65Г with bulk hardening of 810–830 °C and medium tempering with very precise holding at a temperature of 460–480 °C; 4 – disks made of X12 steel; 5 – serial disks made of 28MnB5 steel; 6 – disks made of 65Г steel and hardened by EDM method with simultaneous sharpening (sharpening angle 17 °); 7 – disks made of 65Г steel and hardened by T-590 electrode; 8 – disks made of 65Г steel and hardened by EDM method with simultaneous sharpening (sharpening angle 30 °)



Fig. 14. Typical view of the friction surface of the working body hardened by EDM

Regardless of the steel grade, the microhardness of the layer after EDM treatment is maximum on the surface (for X12 steel – 12–12,8 GPa, 65Г steel – 10,5–11,2 GPa, 45 steel – 7,3–8,2 GPa) and gradually decreases as it deepens, and turns into the microhardness of the base, which makes it possible to use this method of hardening to increase the wear resistance of tillage machine parts.

The surface layer after electrical discharge machining is saturated with such chemical elements as Mn, Si, S, Ni, Cr, and the content of Cu, P decreases, which contributes to the surface layer with improved physical and mechanical properties.

As a result of electrical discharge machining, a fine martensitic structure is formed in the treated layer, which contributes to increased wear resistance.

After conducting operational studies, it was found that the wear resistance of tillage machine working bodies hardened by electrical discharge machining is 1,76 times higher than that of serial ones. During operation, such disks exhibit the effect of self-sharpening, and the coefficient of shape change remains almost unchanged throughout the entire period of operation.

Prospects for further research. In further research, it is advisable to focus on the comprehensive optimization of the parameters of electrical discharge machining, taking into account the specifics of the alloys used to manufacture the working bodies of tillage machines. It is equally important to study the effect of working medium modifiers (powder additives, nanocomposites) on the stability of erosion discharges and the homogeneity of the treated layer. At the same time, it is necessary to conduct an economic and environmental analysis to assess the feasibility of scaling the process for mass production in terms of energy consumption, resource conservation, and minimization of harmful emissions. In addition, it is worth considering the possibility of integrating electrical discharge machining with other hardening technologies (e.g., laser or ion plasma), which will open up new combinations of surface properties.

Bibliography

1. Min W., Qiang W., Shanjun L., Liang M., Daocheng C., Chaoyue D., Yongjun H., Yangyi X., Wanjing D., Kan Z. Microstructure and Soil Wear Resistance of D517 Coating Deposited by Electric Spark Deposition. *Materials (Basel)*. 2021 Oct 9. № 14 (20). P. 5932. Doi: 10.3390/ma14205932.
2. Rogovskii I.L., Borak K.V., Maksimovich E.Yu., Smelik V.A., Voinash S.A., Maksimovich K.Yu., Sokolova V.A. Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage machines hardened by electrodes. T-series. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. № 1679 (4). Art. № 042084. DOI: 10.1088/1742-6596/1679/4/042084.
3. Sagdoldina Z., Baizhan D., Berdimuratov N., Rutkowska-Gorczyca M., Maulet M., Bolatov S. Increasing Wear Resistance of Ploughshare by Electrofriction Treatment. *Coatings*. 2024. № 14 (12). P. 1529. DOI: 10.3390/coatings14121529.
4. Sharifi Malvajardi A. Wear and coating of tillage tools : A review. *Heliyon*. 2023 Jun 1. № 9 (6). P. e16669. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16669.
5. Аулін В.В., Тихий А.А. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія. Кропивницький, 2017. 278 с.
6. Бобрицький В.М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.04. Кіровоград, 2007. 182 с.
7. Борак К.В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... докт. техн. наук : 05.05.11. Житомир, 2021. 380 с.
8. Борак К.В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.04. Житомир, 2013. 217 с.
9. Козаченко О.В., Блезнюк О.В. Дослідження по зміцненню леза дискових копачів корнезбиральної машини КС-6Б. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2005. Вип. 21. С. 185–189.
10. Тихонов Д.О., Сідашенко О.І. Система технологій ремонту ріжучої кромки дискових робочих органів ґрунтообробних машин. *Підвищення надійності машин і обладнання : тези доповідей студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів на 4-й Всеукраїнській науково-практичній конференції*, 9 квітня 2010 р. Кіровоград : КНТУ, 2010. С. 180–183.

Борак К. В.

доктор технічних наук, професор,
заступник директора з навчальної роботи,
Житомирський агротехнічний фаховий коледж
Житомир, Україна
E-mail: koss1983@meta.ua
ORCID: 0000-0002-5611-4707

Куликівський В. Л.

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: kylikovskiyv@ukr.net
ORCID: 0000-0002-4652-0285

Боровський В. М.

старший викладач кафедри агроінженерії та технічного сервісу,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: borovskiyvm@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1759-8155

Руденко В. Г.

завідувач відділення агроінженерії,
Житомирський агротехнічний фаховий коледж
Житомир, Україна
E-mail: super_rudenkotaljj@ukr.net
ORCID: 0009-0004-2493-7663

Добранський С. С.

викладач спеціальних дисциплін відділення агроінженерії,
Житомирський агротехнічний фаховий коледж
Житомир, Україна
E-mail: 1988dobran.105@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2746-1336

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ

Анотація

У роботі встановлено ефективні технологічні параметри електроерозійної обробки для підвищення зносостійкості сталей, які працюють в умовах абразивного зношування. Установлено, що оптимальними технологічними параметрами електроерозійної обробки є: сила струму – 350–450 А, напруга – 45 В, температура робочого середовища – 30–40 °С. За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільш суттєво на зносостійкість обробленої поверхні впливає сила струму, оскільки від неї залежать якість розплавлення поверхневого шару та глибина обробки. Також суттєвим чинником є температура діелектричного охолоджувального середовища: у разі збільшення температури охолоджувального середовища швидкість охолодження поверхні не може задовольнити умови (200 °С/с) утворення мартенситних структур, а в разі зменшення температури поверхні виникають внутрішні напруження, які призводять до утворення мікротріщин. У результаті електроерозійної обробки мікротвердість обробленого шару підвищується для сталі Х12 у межах 12–12,8 ГПа, для сталі 65Г у межах 10,5–11,2 ГПа, для сталі 45 у межах до 7,3–8,2 ГПа. Підвищення твердості відбувається завдяки формуванню дрібногочастотної структури мартенситу та легування поверхневого шару Mn, Si, Ni та Cr.

Установлено, що використання електроерозійної обробки підвищує зносостійкість сталі 65Г за експлуатації на різних за механічним складом ґрунтах, з відмінними властивостями абразивного середовища та різними зовнішніми чинниками в середньому на 60–80%.

Застосування електроерозійної обробки для зміцнення робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь, виготовлених зі сталі 65Г, дозволяє підвищити зносостійкість порівняно із серійними – в 1,76 раза, з робочою поверхнею, зміцненою електродом Т-590, – в 1,1 раза, з робочими органами фірми “Bellota” (виготовлених зі сталі 28MnB5) – в 1,16 раза. Окрім того, під час експлуатації робочих органів, зміцнених електроерозійною обробкою, спостерігався ефект самозагострювання, що сприяло зменшенню тягового опору на 4–16% порівняно із серійними.

Ключові слова: сталь, твердість, електроерозійна обробка, зносостійкість.

References

1. Wei, M., Wan, Q., Li, S., Meng, L., Cao, D., Dai, C., Huang, Y., Xiao, Y., Dong, W., & Zheng, K. (2021). Microstructure and Soil Wear Resistance of D517 Coating Deposited by Electric Spark Deposition. *Materials*, 14 (20), 5932. <https://doi.org/10.3390/ma14205932> [in English].
2. Rogovskii, I.L., Borak, K.V., Maksimovich, E.Y., Smelik, V.A., Voinash, S.A., Maksimovich, K.Y., & Sokolova, V.A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes T-series. *Journal of Physics: Conference Series*, 1679, 042084. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1679/4/042084> [in English].
3. Sagdoldina, Z., Baizhan, D., Berdimuratov, N., Rutkowska-Gorczyca, M., Maulet, M., & Bolatov, S. (2024). Increasing Wear Resistance of Ploughshare by Electrofriction Treatment. *Coatings*, 14 (12), 1529. <https://doi.org/10.3390/coatings14121529> [in English].
4. Sharifi Malvajerdi, A. (2023). Wear and coating of tillage tools: A review. *Heliyon*, e16669. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16669> [in English].
5. Aulin, V.V., & Tykhyi, A.A. (2017). *Trybofizychni osnovy pidvyshchennia znosostiikosti i nadiinosti robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn z rizalnymi elementamy* [Tribophysical bases of increasing the wear resistance and reliability of working bodies of tillage machines with cutting elements]: monohrafiia. Kropyvnytskyi [in Ukrainian].
6. Bobrytskyi, V.M. (2007). *Podvyshchennia znosostiikosti rizalnykh elementiv robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn* [Increasing of wear resistance of cutting elements of working bodies of tillage machines]. *Candidate's thesis*. Kirovohrad: Kirovohradskiy natsionalnyi tekhnichnyi universytet [in Ukrainian].
7. Borak, K.V. (2021). *Kompleksnyi pidkhid pidvyshchennia dohovichnosti ta znosostiikosti robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn* [Integrated approach to service durability and wear resistance enhancement of the working tools of tillage machines]. *Doctor's thesis*. Zhytomyr: Poliskiy natsionalnyi universytet [in Ukrainian].
8. Borak, K.V. (2013). *Podvyshchennia znosostiikosti robochykh orhaniv dyskovykh gruntoobrobnykh znariad metodom elektroeroziinoi obrobky* [Increasing the wear resistance of working bodies of disk tillage tools by electrical discharge machining]. *Candidate's thesis*. Zhytomyr: Zhytomirskiy natsionalnyi ahroekolohichnyi universytet [in Ukrainian].
9. Kozachenko, O.V., & Blezniuk, O.V. (2005). *Doslidzhennia po zmitsnenniu leza dyskovykh kopachiv kornezbyralnoi mashyny KC-6B* [Studies on strengthening the blade of disk diggers of the KS-6B root harvester]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho derzhavnoho ahroarного universytu – Collection of scientific works of Vinnytsia State Agrarian University*, 21, 185–189 [in Ukrainian].
10. Tykhonov, D.O., & Sidashenko, O.I. (2010). *Systema tekhnolohii remontu rizhuchoi kromky dyskovykh robochykh orhaniv gruntoobrobnykh mashyn*. [System of technologies for repairing the cutting edge of disk working bodies of tillage machines]. *Podvyshchennia nadiinosti mashyn i obladnannia: tezy dopovidei studentiv, mahistrantiv, aspirantiv ta vykladachiv na 4 Vseukrainskii nauково-praktychnii konferentsii 9 kvitnia 2010 roku – Abstracts of students, undergraduates, graduate students and teachers at the 4th All-Ukrainian Scientific and Practical Conference*, April 9, 2010. Kirovohrad: KNTU. 180–183 [in Ukrainian].

Отримано: 05.05.2025

Рекомендовано: 17.06.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.20>
УДК 664.3/665.3

Околіта В. Ю.

*аспірант кафедри технологічного обладнання та
комп'ютерних технологій проєктування,
Національний університет харчових технологій
Київ, Україна
E-mail: mi4@ukr.net
ORCID: 0009-0004-2148-2069*

Бабко С. М.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри технологічного обладнання та
комп'ютерних технологій проєктування,
Національний університет харчових технологій
Київ, Україна
E-mail: babkoe@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2389-007X*

Олішевський В. В.

*доктор технічних наук,
професор кафедри технологічного обладнання та
комп'ютерних технологій проєктування,
Національний університет харчових технологій
Київ, Україна
E-mail: valinter@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6972-6799*

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Анотація

Оглядова стаття присвячена порівнянню найбільш поширених способів гідратування рослинних олій. Її мета – проведення детального аналізу сучасних методів і технологій очищення соняшникової олії, визначення їхніх переваг і недоліків, а також оцінювання перспектив застосування інноваційних рішень. Це дозволить підвищити ефективність виробничих процесів, зменшити втрати біологічно активних компонентів і мінімізувати екологічні й економічні ризики. Гідратування – перша зі стадій перероблення олій, мета якої – виведення фосфоліпідів, наявність яких унеможливує якісне проведення всіх інших стадій рафінування. Наведено фракційний склад рослинних фосфоліпідів різних олій. Порівнюються недоліки, переваги й ефективність традиційного гідратування. Розглянуто сучасні технології очищення, як-от ферментативні методи, мембранні технології, а також використання ультразвукових і електрофізичних впливів. До суттєвого підвищення ефективності гідратування приводить інтенсифікація змішування фаз олія – гідратаційний агент. У статті розглянуто використання із цією метою ультразвукових приладів. Перспективним напрямом розвитку технологій харчової промисловості нині є застосування мембран. Розглянуто особливості цього фізичного методу гідратування.

Інноваційні методи очищення, зокрема й мембранні технології, ферментативні методи, ультразвукове очищення та комбіновані підходи, відкривають нові можливості для покращення якості соняшникової олії. Вони дозволяють не лише ефективніше видаляти домішки, а й зберігати органолептичні властивості продукту, його прозорість, аромат і смакові характеристики. Окрім того, ці технології мінімізують втрати корисних компонентів, що підвищує харчову цінність олії та робить її більш привабливою для споживачів.

У сучасних технологіях також застосовується центрифугування для відділення твердих частинок і очищення олії після лужного рафінування, що сприяє підвищенню ефективності процесу та зменшенню негативного впливу на довкілля. Оцінено ефективність інноваційних підходів порівняно із традиційними методами. Актуальність сучасних способів очищення підтверджується численними науковими дослідженнями, що підкреслюють їхню важливість для харчової промисловості, екологічної безпеки й економічної ефективності.

Визначено найефективніші сучасні методи очищення відповідно до вимог до якості кінцевого продукту, а також розроблено рекомендації щодо комбінованого застосування традиційних і новітніх технологій для досягнення оптимального балансу між якістю, економічною доцільністю та екологічною стійкістю.

Ключові слова: вміст фосфоліпідів, гідратування, ультразвук, мембранні технології, соняшникова олія, очищення.

Вступ. У сучасних умовах стрімкого технологічного розвитку питання якості харчових продуктів набуває дедалі більшої важливості. Соняшникова олія, будучи одним з основних джерел жирів для мільйонів людей, посідає значне місце в раціоні. Її популярність пояснюється не лише доступністю, а й корисними властивостями, зокрема високим вмістом поліненасичених жирних кислот, вітамінів і антиоксидантів [2; 5, с. 118; 9; 21, с. 64; 10, с. 6–9].

Однак виробництво соняшникової олії супроводжується утворенням небажаних домішок, серед яких фосфатиди, вільні жирні кислоти, воски, залишки пестицидів і важких металів. Присутність цих речовин негативно впливає на якість олії, погіршує її смакові характеристики та потенційно шкодить здоров'ю споживачів. Тому очищення олії є важливим етапом виробничого процесу.

Гідратування – процес вилучення фосфоліпідів з олій за допомогою води або водних розчинів гідратаційних агентів. Процес осадження фосфоліпідів з олій в результаті додавання до неї води відомий уже майже сторіччя: він був винайдений Г. Боллманом у Німеччині в 1921 р. [8].

Фосфоліпіди є фізіологічно активними речовинами: незамінні для росту, розвитку та функціонування всіх соматичних клітин організму, є антиоксидантами, впливають на роботу нервової системи. Фосфоліпіди забезпечують субстрати для міжклітинної комунікації, що дають можливість регулювати гомеостаз, імунітет, тромбоз і відіграють головну роль у разі наявності серцево-судинних захворювань. Також є складником мембран клітин, печінка на 80% складається з фосфоліпідів, мозок – на 60% тощо [15; 18]. Незважаючи на численні позитивні фізіологічні функції фосфоліпідів у процесі рафінування, їх видаляють зі складу олій через негативний вплив, що вони чинять на стадії рафінування. Так, нейтралізацію, адсорбційне очищення, дезодорування – основні етапи одержання рафінованих олій – неможливо провести якісно за наявності в оліях помітних кількостей фосфоліпідів.

Мета гідратування – найбільш повне виведення фосфоліпідів, одержання гідратованої олії з малим залишковим вмістом фосфоліпідів, а також одержання якісного лецитину. З огляду на відносно нескладну стадію гідратування, її поширеність, теоретичний і практичний досвід її проведення, залишаються питання, пов'язані з постійним підвищенням вимог до гідратованої олії, лецитину, вимог до екологічності, енергоефективності виробництва тощо.

Виходячи з того, що не всі групи рослинних фосфоліпідів є гідрофільними, тобто виводяться у процесі водного гідратування (табл. 1), наявна різноманітність підходів до їх виведення зі складу олій. Натепер розроблено величезну кількість способів гідратування, які різняться за теоретичним підходом, складом гідратаційних агентів, апаратурно-технологічним оформленням процесу гідратування тощо. Рослинні олії характеризуються різним вмістом фосфоліпідів (табл. 1), різним співвідношенням групового складу фосфоліпідів. Важливими для проведення гідратування є не тільки ці характеристики, але й кількість металів, вміст яких корелює з кількістю фосфоліпідів, що не гідратуються. Пресовані олії містять істотно меншу кількість фосфоліпідів металів негідратованих фосфоліпідів.

Таблиця 1. Уміст фосфоліпідів в олійному насінні та їхній фракційний склад

Олія	Уміст фосфору (мг/кг) [17]	Фракційний склад фосфоліпідів, % [4]				
		Фосфати дилхолін	Фосфатидил етаноламін	Фосфатидил інозитол	Фосфатидна кислота	Інші
Ріпакова	252–1 155	37	20	22	8	13
Соева	640–1 140	46	25	17.4	8	15
Соняшникова	170–544	34	17	30	6	13

Хоча традиційні методи очищення, зокрема рафінація, залишаються ефективними, вони часто призводять до втрат біологічно активних компонентів і значного впливу на довкілля. Це зумовлює необхідність розроблення нових технологій, які забезпечують високу якість продукту за мінімального екологічного навантаження. Перспективними напрямками є ферментативні методи, мембранні технології та сучасні адсорбенти.

Отже, дослідження сучасних підходів до очищення соняшникової олії є надзвичайно актуальним завданням. Воно сприяє не лише покращенню якості кінцевого продукту, а й розвитку екологічно безпечних технологій, що відповідають сучасним вимогам харчової промисловості.

Мета роботи. Метою дослідження є проведення детального аналізу сучасних методів і технологій очищення соняшникової олії, визначення їхніх переваг і недоліків, а також оцінювання перспектив застосування інноваційних рішень. Це дозволить підвищити ефективність виробничих процесів, зменшити втрати біологічно активних компонентів і мінімізувати екологічні й економічні ризики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Традиційні методи очищення соняшникової олії, зокрема гідратація, нейтралізація, адсорбційна та виморожувальна депарафінація, були детально вивчені ще в середині ХХ ст. Наукові дослідження зосереджувалися на механізмах дії цих методів, зокрема на процесах адсорбції пігментів за допомогою активованого бентоніту й очищення за допомогою кислот.

Лужне рафінування є стандартним методом нейтралізації вільних жирних кислот в оліях, за якого олію обробляють лугами, утворюють нерозчинні солі (мила), які видаляються разом із домішками. Цей процес дозволяє знизити кількість токсичних відходів порівняно з кислотною обробкою.

У сучасних технологіях також застосовується центрифугування для відділення твердих частинок і очищення олії після лужного рафінування, що сприяє підвищенню ефективності процесу та зменшенню негативного впливу на довкілля [4, с. 118].

У статті [7] досліджується вплив високих температур на втрату токоферолів і утворення небажаних сполук у різних оліях. Це дослідження підкреслює важливість розроблення більш ощадних технологій очищення, які зберігають корисні властивості олії та зменшують негативний вплив на довкілля.

Інноваційні підходи в наукових дослідженнях відокремлення фосфоліпідів:

1. Мембранні технології. Найбільш перспективною альтернативою традиційному гідратуванню є мембранна технологія відділення фосфоліпідів від нейтральної олії. Для мембранного гідратування використовують полімерні (полівініліденфториди), поліетиленсульфони та керамічні мембрани з адекватною селективністю. У більшості досліджень як розчинник застосовують н-гексан, можна відділити 95–99,9% фосфоліпідів від теоретичного вмісту або етанол [24].

У статті [20, с. 3] описується впровадження нанофільтрації, зокрема, для переробки рослинних олій для одночасного очищення та зниження кислотності. Результати показали, що метод може замінити традиційну нейтралізацію лугами.

Переваги застосування мембран – економія енергії (приблизно 50%), одержання олій із низьким умістом фосфору, а низький уміст металів свідчить про більшу стабільність таких олій щодо окиснювального псування. Основні недоліки мембранного гідратування – вартість мембран і необхідність розчинення нерафінованої олії в неполярному розчиннику (тобто підходить лише для екстракційних олій, із яких не вилучали гексан або інший неполярний розчинник).

2. Ферментативні методи.

Цей напрям розробляється переважно європейськими науковцями.

Дослідження Південно-Китайського технологічного університету (Китай, 2024 р.) виявило, що використання фосфоліпаз для гідролізу фосфоліпідів може зменшити залишковий уміст цих сполук у готовій олії до 0,05% [25].

У статті Т. Носенко та Д. Жупанова (Україна, 2023 р.) досліджено ферментативне дегумування соняшникової олії різними препаратами. Показано, що дегумування препаратом Quara® Boost забезпечує вихід олії в 98%, що на 1,5% вище, ніж за водного дегумування. Використання Lecitase® Ultra та Quara Low P збільшило вихід олії на 1 та 0,5% відповідно, порівняно з водним дегумуванням. Уміст фосфоліпідів зменшився з 0,4% у сирій олії до 0,2% після водного дегумування, а застосування ферментних препаратів Lecitase® Ultra та Quara Low P знизило вміст фосфоліпідів до 0,08 та 0,06% відповідно [13, с. 252–264].

3. Ультразвукові методи.

Інтенсифікація процесів очищення за допомогою ультразвукових хвиль активно досліджується у країнах Азії. У праці [22, с. 64] показано, що ультразвукова обробка олії перед зимовою депарафінацією скорочує тривалість процесу на 30% і зменшує енерговитрати.

У праці [19] описано комбіноване використання ультразвуку та мембранних технологій, що дозволяє значно зменшити залишкові домішки, як-от воски та пестициди

4. Комбіновані методи.

Поєднання кількох технологій стало предметом численних наукових праць.

Матеріали праці [16, с. 849–863] показали, що комбінація ферментативної обробки й ультразвуку дозволяє зменшити втрати біологічно активних компонентів на 15–20% у порівнянні із традиційними методами.

Показано [23], що поєднання мембранних процесів із ферментативним очищенням забезпечує мінімізацію кислотності й оптимальну прозорість олій.

Результати проведеного аналізу наукових публікацій демонструють значний прогрес у розробленні технологій очищення соняшникової олії. Традиційні методи поступово вдосконалюються, тоді як інноваційні підходи, як-от мембранні, ферментативні, ультразвукові та комбіновані методи, активно впроваджуються у промисловість. Водночас велика кількість досліджень свідчить про глобальний інтерес до теми, що пов'язано зі зростанням попиту на якісну й екологічну продукцію.

Результати досліджень. Проведено аналіз традиційних і сучасних методів очищення рослинних олій. Традиційні способи очищення соняшникової олії залишаються основою промислового виробництва завдяки їхній високій ефективності у видаленні більшості домішок. Водночас їхні недоліки, зокрема екологічний вплив і втрати цінних компонентів, стимулюють розроблення інноваційних підходів, які є більш енергоефективними й екологічно безпечними.

Установлено, попри численні переваги інноваційних технологій, їх упровадження стикається з викликами, як-от високі капітальні витрати на обладнання, неналежна адаптація технологій до промислових масштабів, нестача кваліфікованих фахівців для роботи з новітніми системами та необхідність подальших досліджень для оптимізації параметрів очищення.

Подальші дослідження у сфері очищення соняшникової олії зосереджуватимуться на зниженні вартості інноваційних методів, удосконаленні параметрів комбінованих технологій, розробленні нових екологічно чистих

реагентів і адсорбентів, а також на використанні відновлюваних джерел енергії для підвищення енергоефективності.

Отже, сучасні підходи до очищення соняшникової олії мають значний потенціал для покращення якості продукту й оптимізації виробничих процесів, що є важливим кроком у розвитку харчової промисловості.

Одним із перспективних напрямів є мембранні технології очищення, які дозволяють ефективно видаляти домішки на молекулярному та субмолекулярному рівнях. Вони базуються на використанні мембран із селективною проникністю, що забезпечує розділення рідких сумішей залежно від розміру частинок, молекулярної маси та хімічного складу.

У статті [14, с. 597] показано, що ультразвук є ефективним для дегумінгу, що пришвидшує видалення фосфоліпідів із соняшникової олії та збільшує її вихід.

Ферментативні методи очищення соняшникової олії є одним із найбільш перспективних інноваційних підходів у харчовій промисловості. Ці методи базуються на використанні біологічно активних ферментів, які каталізують хімічні реакції, спрямовані на видалення специфічних домішок, як-от фосфатиди, воски та вільні жирні кислоти. Завдяки природній селективності ферментів ці методи дозволяють досягти високої ефективності очищення за мінімального впливу на корисні компоненти олії.

Дослідженнями Ф. Гладкого та С. Волошенка (2011 р.) показано, що використання фосфоліпаз у процесі очищення соняшникової олії зменшує вміст фосфатидів на 95%, покращує стабільність продукту під час зберігання [1, с. 32–37], а застосування ліпази [21, с. 29–35] сприяє видаленню до 98% восків без втрат біологічно активних компонентів олії.

Ультразвукові методи очищення соняшникової олії є сучасним інноваційним підходом, що ґрунтується на застосуванні високочастотних акустичних хвиль. Ультразвук забезпечує інтенсифікацію фізико-хімічних процесів, як-от емульгування, диспергування, видалення домішок і зниження в'язкості. Ця технологія дозволяє ефективно видаляти фосфоліпіди, воски, вільні жирні кислоти й інші небажані компоненти, водночас мінімізує втрати корисних речовин.

Науковцями [12, с. 261–276] показано, що застосування ультразвуку із частотою 20–40 кГц забезпечує значне покращення видалення восків, водночас стабільність жирнокислотного складу зберігається протягом 12 місяців.

Комбіновані методи очищення соняшникової олії передбачають використання двох або більше технологій, які взаємодоповнюють одна одну, для досягнення максимальної ефективності очищення. Такий підхід дозволяє знизити недоліки окремих методів, оптимізувати виробничі процеси та забезпечити високу якість готової продукції.

Ці методи є перспективним рішенням у сучасній харчовій промисловості, оскільки поєднують економічну ефективність, екологічність і збереження корисних компонентів соняшникової олії.

Дослідженнями науковців [3, с. 29–35] доведено, що комбінація ультрафільтрації та ультразвуку забезпечує ефективне видалення восків, де інтенсифікацію всіх технологічних стадій процесу виморожування здійснено електромагнітним обробленням соняшникової олії, що йде за принципом прилипання негативно заряджених частинок воскоподібних речовин до позитивно заряджених волокон полімерного фільтрматеріалу.

Поєднання ферментативних методів і мембранних процесів здатні зменшити залишкову кислотність олії на 93% без використання хімічної нейтралізації. Переваги ферментативних методів широко описані у праці [6, с. 83–89].

Одним з основних чинників, що визначають економічну ефективність інноваційних технологій, є зниження витрат на енергетичні ресурси. Традиційні методи очищення соняшникової олії, зокрема відбілювання та дезодорація, потребують великих енерговитрат, особливо у процесах, що пов'язані з високими температурами. Тоді як мембранні технології, ферментативні методи й ультразвукові процеси можуть здійснювати очищення за нижчих температур або без значних енергетичних затрат.

Наприклад, мембранні технології, як-от ультрафільтрація або нанофільтрація, використовують низький тиск і відсутність теплового навантаження, що значно знижує потребу в енергії порівняно із традиційними методами фільтрації або відділенням олії від домішок. Використання такого обладнання дозволяє значно знизити витрати на електроенергію, що особливо важливо для великих підприємств з високим обсягом виробництва.

Відцентрові сепаратори та декантери є одним з найефективніших і широко використовуваних типів обладнання для очищення олії, особливо на етапах розділення рідких і твердіх фаз. Їхнім основним принципом роботи є використання високої швидкості обертання для створення відцентрової сили, що розділяє суміші на складники з різними густинами.

Відцентрові сепаратори дозволяють ефективно відокремлювати домішки, як-от частинки бруду, слизькі речовини, вода, а також інші тверді елементи, що можуть залишатися в олії після віджиму або попередніх етапів очищення. Сучасні відцентрові сепаратори оснащені енергозберігаючими двигунами та системами автоматичного регулювання швидкості обертання, що дозволяє оптимізувати енергоспоживання. Завдяки високій ефективності та точному розділенню фаз сепаратори зменшують потребу в додаткових етапах очищення та знижують енергетичні витрати порівняно із традиційними методами фільтрації або відділенням олії від домішок.

Декантери зазвичай використовують механічну обробку під час розділення фаз, що значно знижує енергоспоживання порівняно з іншими методами, як-от фільтрація за високих температур. Сучасні декантери обладнані енергозберігаючими системами, які дозволяють зменшити витрати енергії на обертання барабанів та інші механічні операції.

Хоча початкові витрати на впровадження нових технологій можуть бути значними, вони часто мають високу швидкість окупності. Витрати на закупівлю сучасного обладнання для сепараційних, мембранних технологій, ферментативних методів або ультразвукових установок можуть бути значними, однак довгострокові економічні вигоди, пов'язані з підвищенням ефективності процесів і зменшенням енергетичних витрат, дозволяють значно швидше відшкодувати ці витрати. Зважаючи на високий попит на якісну олію, підприємства можуть швидко повернути вкладені кошти й отримати високий рівень рентабельності.

Висновки. Сучасні методи та технології очищення соняшникової олії відіграють ключову роль у забезпеченні її якості, безпеки та харчової цінності. Завдяки безперервному розвитку технологій у галузі з'являються нові ефективні підходи, які значно перевершують традиційні методи як за продуктивністю, так і за екологічною стійкістю.

Традиційні методи очищення, зокрема механічне фільтрування, рафінування та використання відцентрових сепараторів, широко застосовуються у промисловому виробництві й забезпечують ефективне видалення основних домішок. Проте вони мають низку недоліків, як-от високе енергоспоживання, утворення побічних продуктів і втрати біологічно активних речовин, зокрема вітамінів, антиоксидантів і поліненасичених жирних кислот.

Інноваційні методи очищення, як-от мембранні технології (ультрафільтрація, нанофільтрація), ферментативні методи, ультразвукове очищення та комбіновані підходи, відкривають нові можливості для покращення якості соняшникової олії. Вони дозволяють не лише ефективніше видаляти домішки, а й зберігати органолептичні властивості продукту, його прозорість, аромат і смакові характеристики. Окрім того, ці технології мінімізують втрати корисних компонентів, що підвищує харчову цінність олії та робить її більш привабливою для споживачів.

Особливу увагу варто приділити екологічним перевагам сучасних методів очищення. Використання енергоефективного обладнання, як-от високопродуктивні мембранні фільтри, ферментні каталізатори та низькотемпературні установки, сприяє зниженню споживання ресурсів і скороченню кількості шкідливих відходів. Це допомагає не лише оптимізувати виробничі витрати, а й зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Переваги впровадження інноваційних технологій очевидні: вони сприяють енергозбереженню, знижують екологічне навантаження, підвищують ефективність очищення та зберігають біологічну цінність кінцевого продукту. У поєднанні із традиційними методами ці підходи дозволяють досягти оптимального балансу між якістю, економічною доцільністю і екологічною безпекою.

Отже, упровадження сучасних методів очищення соняшникової олії у промислове виробництво має значний потенціал для підвищення її конкурентоспроможності на міжнародному ринку, сприяє збереженню корисних властивостей продукту, забезпечує екологічну відповідність виробництва.

Список використаних джерел

1. Гладкий Ф., Волошенко С. Можливість проведення реакції гідратації фосфоліпідів олій з використанням ферментного препарату фосфоліпази С. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». 2011. Вип. 5. С. 32–37.
2. ДСТУ 4492:2017. Олія соняшникова. Технічні умови. Київ, 2018. 27 с.
3. Нетреба А., Гладкий Ф., Садовничий Г., Левчук І., Кіщенко В. Нові перспективи в технології видалення воскоподібних речовин із соняшникової олії. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія «Інноваційні дослідження в наукових роботах студентів». 2015. № 7 (1116). С. 29–35.
4. Пешук Л., Носенко Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини : навчальний посібник. Київ : НУХТ, 2008. 295 с.
5. Пивоваров П. Теоретичні основи харчових технологій : навчальний посібник. Харків : ХДУХТ, 2010. 410 с.
6. Ряполова І., Остапчук А. Дослідження впливу ензимів на ступінь обробки соняшникового фузу. *Таврійський науковий вісник*. Серія «Технічні науки». 2022. № 5. С. 83–89. DOI: 10.32851/tnv-tech.2022.5.11.
7. Barrera-Arellano D., Ruiz-Méndez V., Velasco J. Loss of tocopherols and formation of degradation compounds at frying temperatures in oils differing in degree of unsaturation and natural antioxidant content. *Science Journal*, 2002. Vol. 82. Issue 14. P. 1696–1702. DOI: 10.1002/jsfa.1245.
8. Bollmann H. Process for obtaining the lecithin obtained by leaching oil seeds or their press cake with a mixture of alcohol and benzene or gasoline. German patent DE382912C. 1923.
9. EN 14105:2024. Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of free and total glycerol and mono-, di-, triglyceride contents. Brussels, 2024. 27 p.
10. ISO 660:2020. Animal and vegetable fats and oils – Determination of acid value and acidity. 2020. 9 p.
11. ISO 12966-2:2017. Animal and vegetable fats and oils – Gas chromatography of fatty acid methyl esters. 2017. 11 p.
12. Moradi N., Masoud R., Moeini A., Parsamoghdam M.A. Impact of ultrasound on oil yield and content of functional food ingredients at the oil extraction from sunflower. *Separation Science and Technology*. 2018. № 53 (2). P. 261–276. DOI: 10.1080/01496395.2017.1384016.
13. Nosenko T., Zhupanova D. Comparative study of lipase preparations for enzymatic degumming of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 2023. Vol. 12. Issue 2. P. 252–264.

14. Nosenko T., Zhupanova D., Nguyen T.H., Nosenko V. Ultrasound degumming of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 2024. Vol. 13. Issue 3. P. 597–608. DOI: 10.24263/2304-974X-2024-13-3-11.
15. O'Donnell V.B., Rossjohn J., Wakelam M.J. Phospholipid signaling in innate immune cells. *J Clin Invest*. 2018. Vol. 128 (7). P. 2670–2679. DOI: 10.1172/JCI97944.
16. Özcan M.M., Köse N. Monitoring of changes in physico-chemical properties, fatty acids and phenolic compounds of unroasted and roasted sunflower oils obtained by enzyme and ultrasonic extraction systems. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2023. Vol. 17. P. 849–862. DOI: 10.1007/s11694-022-01626-5.
17. Passos R.M.P., Ferreira R.S.B., Batista E.A.C., Meirelles A.J.A., Maximo G.J., Ferreira M.C., Sampaio K.A. Degumming alternatives for edible oils and biodiesel production. *Food Publ Health*. 2019. Vol. 9 (5). P. 139–147. DOI: 10.5923/j.fph.20190905.01.
18. Robert C., Couedelo L., Vaysse C., Michalski M.C. Vegetable lecithins: a review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention. *Biochimie*. 2019. Vol. 169. P. 121–132. DOI: 10.1016/j.biochi.2019.11.017.
19. Sandeep S. Developments in the Technology of Oils and Refineries. *CRC Press*. 2021. 27 p.
20. Singh T., Shukla S., Kumar P., Wahla V., Bajpai V.K., Rather I.A. Application of nanotechnology in food science: perception and overview. *Frontiers*. 2017. T. 8. P. 583–591. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01501.
21. Sytnik N., Kunitsia E., Mazaeva V., Chernukha A., Kovalov P., Grigorenko N., Gornostal S., Yermakova O., Pavlunko M., Kravtsov M. Rational parameters of waxes obtaining from oil winterization waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6 (10). P. 29–35. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.219602.
22. Tahaa A., Mehanye T., Pandiselvam R., Siddiqui S.A., Mir N.A., Malik M.A., Sujayasree O.J., Alamurum K.C., Khanashyamn A.C., Casanovao F., Xua X., Pana S., Hu H. Sonoprocessing: mechanisms and recent applications of power ultrasound in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2024. Vol. 64. Issue 17. P. 6016–6054. DOI: 10.1080/10408398.2022.2161464.
23. Thilakarathna R.C.N., Siow L.F., Tang T.K., Lee Y.Y. A review on application of ultrasound and ultrasound assisted technology for seed oil extraction. *Journal of Food Science and Technology*. 2023. Vol. 60. P. 1222–1236. DOI: 10.1007/s13197-022-05359-7.
24. Wibisono Y., Nugroho W.A., Chung T.W. Dry degumming of corn-oil for biodiesel using a tubular ceramic membrane. *Procedia Chemistry*. 2014. Vol. 9. P. 210–219. DOI: 10.1016/j.proche.2014.05.025.
25. Zhong L., Huilin Z., Xuan L., Weifei W., Dongming L., Yonghua W. A novel thermo-responsive phospholipase A1 with high selectivity and efficiency in enzymatic oil degumming. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 456. P. 1082–1098. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.139624.

Okolita V. Yu.

Postgraduate Student at the Department of Technological Equipment and Computer Design Technologies,
National University of Food Technologies
Kyiv, Ukraine

E-mail: mi4@ukr.net

ORCID: 0009-0004-2148-2069

Babko E. M.

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Technological Equipment and Computer Design Technologies,
National University of Food Technologies
Kyiv, Ukraine

E-mail: babkoe@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2389-007X

Olishevsky V. V.

Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Technological Equipment and
Computer Design Technologies,
National University of Food Technologies
Kyiv, Ukraine

E-mail: valinter@ukr.net

ORCID: 0000-0001-6972-6799

MODERN METHODS AND WAYS OF PURIFICATION OF SUNFLOWER OIL**Abstract**

The review article is devoted to the comparison of the most common methods of hydration of vegetable oils. Its purpose is a detailed analysis of modern methods and technologies for refining sunflower oil, identification of their advantages and disadvantages, as well as assessment of the prospects for the application of innovative solutions. This will allow to increase the efficiency of production processes, reduce losses of biologically active components and minimize environmental and economic risks. Hydration is the first stage of oil processing, the purpose of which is to remove phospholipids, the presence of which makes it impossible to carry out all other

stages of refining qualitatively. The fractional composition of vegetable phospholipids of various oils is given. The disadvantages, advantages and efficiency of traditional hydration are compared. Modern purification technologies are considered, such as enzymatic methods, membrane technologies, as well as the use of ultrasonic and electrophysical effects. The intensification of mixing of the oil – hydration agent phases leads to a significant increase in the efficiency of hydration. The article considers the use of ultrasonic devices for this purpose. A promising direction in the development of food industry technologies today is the use of membranes. The features of this physical method of hydration are considered.

Innovative purification methods, including membrane technologies, enzymatic methods, ultrasonic cleaning and combined approaches, open up new opportunities for improving the quality of sunflower oil. They allow not only to more effectively remove impurities, but also to preserve the organoleptic properties of the product, its transparency, aroma and taste characteristics. In addition, these technologies minimize the loss of useful components, which increases the nutritional value of the oil and makes it more attractive to consumers.

Modern technologies also use centrifugation to separate solid particles and purify oil after alkaline refining, which helps to increase the efficiency of the process and reduce the negative impact on the environment. The effectiveness of innovative approaches in comparison with traditional methods is assessed. The relevance of modern purification methods is confirmed by numerous scientific studies that emphasize their importance for the food industry, environmental safety and economic efficiency.

The most effective modern purification methods have been identified in accordance with the requirements for the quality of the final product, and recommendations have been developed for the combined use of traditional and modern technologies to achieve the optimal balance between quality, economic feasibility and environmental sustainability.

Key words: phospholipid content, hydration, ultrasound, membrane technologies, sunflower oil, purification.

References

1. Hladkyi, F., & Voloshenko, S. (2011). Mozhlyvist' provedennia reaktsii hidratatsii fosfolipidiv olii z vykorystanniam fermentnoho preparatu fosfolipazy S [Possibility of carrying out the hydration reaction of phospholipids of oils using the enzyme preparation phospholipase C]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KHPI". Seriya: Novi rishennya v suchasnykh tekhnolohiyakh – Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*, 5, 32–37 [in Ukrainian].
2. Oliia sonyashnykova. Tekhnichni umovy [Sunflower oil. Technical conditions]. (2018). *DSTU 4492:2017*. Kyiv [in Ukrainian].
3. Netreba, A., Gladkiy, F., Sadovnichiy, G., Levchuk, I., & Kishchenko, V. (2015). Novi perspektyvy v tekhnolohii vydalennia voskopodibnykh rehovyn iz sonyashnykovoi olii [New perspectives in the technology of removing waxy substances from sunflower oil]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KHPI". Seriya: Innovatsiyni doslidzhennya v naukovykh robotakh studentiv – Bulletin of the of the National Technical University "KhPI". Series: Innovative research in students' scientific works*, 7 (1116), 29–35 [in Ukrainian].
4. Peshuk, L., & Nosenko, T. (2008). *Biokhimiya i tekhnologiya maslozhirovogo syr'ya [Biochemistry and technology of oil and fat raw materials]*. Kyiv: NUFT [in Ukrainian].
5. Pyvovarov, P. (2010). *Teoretychni osnovy kharchovykh tekhnolohiy. [Theoretical foundations of food technology]*. Kharkiv: KhDUHT [in Ukrainian].
6. Riapolova, I., & Ostapchuk, A. (2022). Doslidzhennia vplyvu enzymiv na stupin' obrobky sonyashnykovoho fuzu [Study of the effect of enzymes on the degree of processing of sunflower fus]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky – Tavria Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*, 82, 14, 83–89 [in Ukrainian].
7. Barrera-Arellano, D., Ruiz-Méndez, V., & Velasco, J. (2002). Loss of tocopherols and formation of degradation compounds at frying temperatures in oils differing in degree of unsaturation and natural antioxidant content. *Science Journal*, 82, 14, 1696–1702 [in English].
8. Bollmann, H. Process for obtaining the lecithin obtained by leaching oil seeds or their press cake with a mixture of alcohol and benzene or gasoline (1923). *DE382912C*. German patent [in English].
9. Fat and oil derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of free and total glycerol and mono-, di-, triglyceride contents (2024). *EN 14105:2024*. Brussels [in English].
10. Animal and vegetable fats and oils – Determination of acid value and acidity (2020). *ISO 660:2020* [in English].
11. Animal and vegetable fats and oils – Gas chromatography of fatty acid methyl esters (2017). *ISO 12966-2:2017* [in English].
12. Moradi, N., Masoud R., Moeini, A., & Parsamoghdam, M.A. (2018). Impact of ultrasound on oil yield and content of functional food ingredients at the oil extraction from sunflower. *Separation Science and Technology*. 53 (2), 261–276 [in English].
13. Nosenko, T., & Zhupanova, D. (2023). Comparative study of lipase preparations for enzymatic degumming of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 12, 2, 252–264 [in English].
14. Nosenko, T., Zhupanova, D., Nguyen, T.H., & Nosenko, V. (2024). Ultrasound degumming of sunflower oil. *Ukrainian Food Journal*. 13, 3, 597–608 [in English].
15. O'Donnell, V.B., Rossjohn, J., & Wakelam, M.J. (2018). Phospholipid signaling in innate immune cells. *J Clin Invest*. 128 (7), 2670–2679 [in English].
16. Özcan, M.M., & Köse, N. (2023). Monitoring of changes in physico-chemical properties, fatty acids and phenolic compounds of unroasted and roasted sunflower oils obtained by enzyme and ultrasonic extraction systems. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 17, 849–862 [in English].
17. Passos, R.M.P., Ferreira, R.S.B., Batista, E.A.C., Meirelles, A.J.A., Maximo, G.J., Ferreira, M.C., et al. (2019). Degumming alternatives for edible oils and biodiesel production. *Food Publ. Health*. 9 (5), 139–47 [in English].
18. Robert, C., Couedelo, L., Vaysse, C., & Michalski, M.C. (2019). Vegetable lecithins: a review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention. *Biochimie*. 169, 121–132 [in English].
19. Sandeep, S. (2021). *Developments in the Technology of Oils and Refineries*. CRC Press. 27 [in English].

-
20. Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V.K., & Rather, I.A., et al. (2017). Application of Nanotechnology in Food Science: Perception and Overview. *Frontiers*. 8, 583–591 [in English].
21. Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Kovalov, P., Grigorenko, et al. (2020). Rational parameters of waxes obtaining from oil winterization waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6 (10), 29–35 [in English].
22. Tahaa, A., Mehanye, T., Pandiselvam, R., Siddiqui, S.A., Mir, N.A., Malik, M.A., et al. (2023). Sonoprocessing: mechanisms and recent applications of power ultrasound in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 64, 17, 6016–6054 [in English].
23. Thilakarathna, R.C.N., Siow, L.F., Tang, T.K., & Lee, Y.Y. (2023). A review on application of ultrasound and ultrasound assisted technology for seed oil extraction. *Journal of Food Science and Technology*. 60, 1222–1236 [in English].
24. Wibisono, Y., Nugroho, W.A., & Chung, T.W. (2014). Dry degumming of corn – oil for biodiesel using a tubular ceramic membrane. *Procedia Chemistry*. 9, 210–219 [in English].
25. Zhong, L., Huilin, Z., Xuan, L., Weifei, W., Dongming, L., Yonghua, W. (2024). A novel thermo-responsive phospholipase A1 with high selectivity and efficiency in enzymatic oil degumming. *Food Chemistry*. 456, 1082–1098 [in English].

Отримано: 13.05.2025

Рекомендовано: 24.06.2025

Опубліковано: 29.08.2025

ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.21>

UDC 619:615.9:615.281.8-085.281.1:636.7

Boiko H. V.

Candidate of Veterinary Sciences,

*Associate Professor at the Department of Physiology of Vertebrates and Pharmacology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Kyiv, Ukraine

E-mail: boiko_gv@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0001-6907-9325

Bosa Ye. P.

Student at the Faculty of Veterinary Medicine,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Kyiv, Ukraine

E-mail: evgeniabosa@gmail.com

ORCID: 0009-0003-4514-4905

MODERN APPROACHES TO THERAPY AND RESUSCITATION OF DOGS IN CASES OF COUMARIN ANTICOAGULANT POISONING

Abstract

Poisoning with coumarin-type anticoagulants in dogs remains a pressing issue in modern veterinary medicine, requiring prompt diagnosis and effective therapy. These substances, widely used as rodenticides, disrupt blood coagulation by inhibiting the synthesis of vitamin K-dependent factors, leading to hemorrhagic syndrome with a high risk of severe internal bleeding. This article analyzes the pathogenesis, clinical manifestations, diagnostic criteria, and current treatment methods for animals exposed to coumarin anticoagulants. A comparative review of two large-scale clinical studies – a 23-year experience from the Western College of Veterinary Medicine (Canada) and practical case reports from veterinary clinics in Ukraine – reveals key features of etiopathogenesis and supports optimization of therapeutic approaches. The main antidote is vitamin K1, whose efficacy is supported by evidence-based clinical data; however, treatment must be comprehensive, including blood transfusions, symptomatic support, and coagulation status monitoring. The article also outlines recommendations for the timing and dosing of vitamin K1, as well as management strategies for severe poisoning cases. The results highlight the need to implement standardized treatment protocols and enhance clinicians' vigilance regarding the latent course of symptoms, alongside the importance of long-term monitoring of coagulation profiles even after apparent clinical recovery. The developed recommendations offer practical value for veterinarians, toxicologists, and clinicians, and can serve as a foundation for further experimental studies in toxicology, pharmacology, and veterinary medicine.

Key words: anticoagulant rodenticides, coumarin derivatives, dog poisoning, dicoumarol, coagulopathy, prothrombin time, vitamin K1, intensive therapy, resuscitation, coagulation monitoring.

Introduction. Poisoning of dogs with coumarin-based anticoagulants is a pressing issue in veterinary medicine, associated with the widespread use of these substances as rodenticides in both domestic and agricultural settings. Coumarin anticoagulants inhibit the synthesis of vitamin K-dependent clotting factors, leading to the development of hemorrhagic syndrome, which may result in severe internal bleeding and fatalities. A characteristic feature of such poisonings is a prolonged incubation period, complicating early diagnosis and timely treatment. In veterinary practice, a comprehensive

approach is crucial, involving the identification of clinical symptoms, laboratory assessment of coagulation parameters, and the selection of optimal therapeutic strategies based on the severity of the poisoning.

In recent decades, numerous clinical studies have been conducted to better characterize the mechanisms of action of coumarin anticoagulants in dogs. Notable among them is the experience of the Western College of Veterinary Medicine (Canada) from 1999 to 2022, along with analyses of case reports from veterinary clinics in Ukraine. These studies highlight the importance of timely diagnosis and the rational administration of vitamin K1 as an antidote, which remains a cornerstone of therapy.

The issue of poisoning necessitates the continuous professional development of veterinarians, the refinement of treatment protocols, and the development of guidelines for prevention and early detection of toxic exposure cases. Scientific advancements are aimed at optimizing therapeutic measures, reducing mortality rates, and improving the quality of life for affected patients.

Aim of the Study. The aim of this research is to analyze the clinical manifestations, diagnostic criteria, and treatment efficacy in dogs poisoned with coumarin-based anticoagulants, based on a review of current scientific data and practical experience. The objectives include identifying key features of the pathogenesis, developing optimal treatment protocols involving vitamin K1 and resuscitation measures, as well as summarizing recommendations for veterinary practice.

Results and Discussion. Anticoagulant rodenticides (ARs) are among the most commonly used poisons for rodent control; however, they also pose a significant toxicological risk to domestic animals, particularly dogs. These compounds disrupt vitamin K metabolism, which plays a crucial role in the synthesis of blood clotting factors, leading to coagulopathy and internal hemorrhage.

ARs are divided into two main categories: First Generation Anticoagulant Rodenticides (FGARs), which include compounds such as warfarin and zoocoumarin, and Second Generation Anticoagulant Rodenticides (SGARs), which were developed to overcome rodent resistance to warfarin. SGARs include substances such as difenacoum, brodifacoum, coumatetralyl, dicoumarol, coumafuryl, and bromadiolone. Second-generation anticoagulants are significantly more toxic and have a prolonged effect – their half-life may reach 3 to 7 days, which far exceeds the approximately 14-hour half-life of warfarin [4; 14, p. 337].

The main pathogenic mechanism of ARs involves inhibition of the enzyme vitamin K1 epoxide reductase, which is essential for the activation of vitamin K1. This leads to a gradual reduction in the levels of active coagulation factors II, VII, IX, and X, resulting in hypocoagulability and a tendency to bleed. Clinical signs of poisoning usually appear 2 to 5 days after ingestion of the toxicant due to the progressive depletion of the coagulation system.

In dogs, the primary routes of intoxication remain accidental ingestion of rodenticide baits or, less commonly, secondary poisoning through consumption of poisoned rodents or non-target species (e.g., birds, invertebrates) [1, p. 5–15; 5]. Anticoagulants are rapidly absorbed through the gastrointestinal tract, and SGARs, in particular, can accumulate in the liver, maintaining their toxic effect for an extended period due to enterohepatic recirculation.

Effective treatment of AR poisoning in dogs is primarily based on the administration of vitamin K1 at therapeutic doses (either orally or parenterally), which enables the restoration of clotting factor synthesis. In severe cases, infusion therapy, plasma or whole blood transfusions, hemodynamic support, and close monitoring of coagulation parameters (PT, aPTT) are indicated [5, p. 5–15]. Modern treatment strategies also include coagulometric monitoring, individualization of the duration of vitamin K1 therapy depending on the type of AR ingested (first- or second-generation), and consideration of potential rodent resistance to specific rodenticides [6, p. 1460–1466; 11, p. 175–190].

Poisoning with coumarin-based anticoagulants remains a pressing issue in veterinary toxicology, requiring practicing veterinarians to have a clear understanding of the toxicant's mechanism of action, the pathogenesis of intoxication, and up-to-date therapeutic and resuscitation algorithms based on the most recent data from 2021–2025. Studying the clinical management experience of such cases is a critical step toward improving treatment efficacy and reducing mortality rates in veterinary patients.

The clinical signs of coumarin anticoagulant intoxication in dogs typically develop after a latent period of 2 to 5 days following ingestion of the toxicant. The duration of the incubation period and the severity of clinical symptoms primarily depend on the dose and the type of compound ingested (first- or second-generation anticoagulants) [1, p. 5–15].

The main manifestations of intoxication are symptoms of coagulopathy, including subcutaneous hemorrhages, hematomas, epistaxis, gingival bleeding, hematuria, melena, dyspnea due to hemothorax or hemopericardium, pallor of mucous membranes, weakness, and collapse. The occurrence of unexplained bleeding or atypical hematomas is often a key reason to suspect AR poisoning [2, p. 1015–1020; 8, p. 112–117].

In the early stages of intoxication, dogs may exhibit general signs of hemorrhagic syndrome and systemic intoxication, which can progress to a severe clinical condition [3, p. 45–59].

To refine the diagnosis, assess the severity of intoxication, and select the optimal treatment strategy, it is advisable to use a combination of laboratory and instrumental diagnostic methods. The main components of the diagnostic process and therapeutic algorithm are presented in Table 1.

From Table 1, it is evident that the key stages in managing dogs with coumarin anticoagulant poisoning include early diagnosis using prothrombin time, specific therapy with vitamin K1, and an individualized approach to the duration of treatment, depending on the type of toxicant, its dose, and the patient's response. In severe cases, therapy is supplemented with plasma transfusion, fluid therapy, and continuous coagulation monitoring.

Table 1. Key Diagnostic Methods and Therapeutic Approaches for Coumarin Anticoagulant Poisoning in Dogs

Component	Indicators / Methods	Features / Comments
Diagnosis of coagulation status	Prothrombin time (PT)	Sensitive test for early detection of factor VII deficiency; increases first; key for early diagnosis of AR poisoning and for monitoring therapy effectiveness.
	Activated partial thromboplastin time (aPTT)	Increases at later stages of intoxication, when other coagulation factors are depleted.
Extended confirmatory tests	Vitamin K content or serum blood analysis	Detection of ARs using high-performance liquid chromatography; used in forensic veterinary and severe clinical cases.
	Postmortem liver and kidney tissue analysis	Identification of toxicants and clinical evaluation after death.
Primary therapy	Administration of vitamin K1	The only specific antidote; restores synthesis of vitamin K-dependent clotting factors.
Factors influencing therapy duration	Presumed toxicant dose	Often unknown, so duration must be determined individually.
	Type of compound (FGAR vs SGAR)	SGARs have longer half-lives; require more prolonged and intensive treatment protocols.
	Individual patient response	Taken into account when determining the length of therapy and during coagulation monitoring.
Recommended duration of vitamin K1 therapy	2–4 weeks	For FGARs and mild cases of intoxication.
	6 weeks or more	For SGAR intoxication or in severe clinical cases.
Complex therapy (additional measures)	Plasma or whole blood transfusion	For severe hemorrhages.
	Hemodynamic support	To stabilize hemodynamic parameters.
	Monitoring coagulation parameters over time	Mainly PT; requires regular monitoring during treatment.
	Patient condition monitoring	Throughout the course of treatment and for several days after completion.

Source: author's own contribution based on [1; 5; 6; 10; 11]

To deepen the practical understanding of AR poisoning in dogs, we analyzed clinical studies that reflect current treatment practices in various countries.

The first of these studies was conducted by a team of veterinary specialists at the Western College of Veterinary Medicine (WCVM) in Saskatoon, Saskatchewan, Canada. The study spanned a substantial time frame of 23 years and included 349 dogs with confirmed anticoagulant rodenticide poisoning of various types. This scale of observation enabled the researchers to formulate reliable conclusions regarding the clinical course, diagnostic strategies, and treatment efficacy [9, p. 496–503].

A thorough analysis of medical records was performed for each case. The evaluation included the general clinical condition, coagulation test results (prothrombin time – PT and activated partial thromboplastin time – aPTT), platelet count, anemia parameters, and the biochemical blood profile. Confirmation of poisoning was based on history of bait ingestion or consumption of rodents, laboratory findings, and imaging techniques such as thoracic and abdominal FAST exams and abdominal ultrasound. Postmortem examinations were performed when necessary. Coagulation testing (PT/aPTT) was considered the standard method for assessing hemostatic disorders.

Diagnosis was established by considering case history, clinical signs of coagulopathy (bleeding of various localizations, anemia), laboratory findings, and positive response to vitamin K1 therapy, which confirmed anticoagulant intoxication. The main treatment strategy involved administering vitamin K1 at 2–5 mg/kg, either subcutaneously or orally. For second-generation anticoagulants, therapy lasted up to 4 weeks. In cases of severe clinical presentation, hospitalization for 1–2 weeks was required, during which the dogs received intensive supportive therapy.

Symptomatic treatment included anemia correction, fluid and electrolyte balance maintenance, and administration of furosemide, vitamin C, glucose, and antibacterial therapy (amoxicillin or amoxiclav). In 49 out of 104 cases with severe hemorrhages, fresh frozen plasma or whole blood transfusions were administered. Treatment outcomes were favorable: 86% of dogs with clinical signs survived to discharge. Importantly, after completion of vitamin K1 therapy, prothrombin time monitoring was mandatory for several days to prevent late-onset recurrence of coagulopathy.

A valuable complement to the Canadian experience was a study conducted in Ukraine, as part of a thesis by M.A. Vlasenko at Dnipro State Agrarian and Economic University, in collaboration with the private veterinary clinic “Kolibri” (Dnipro) [16, p. 79]. This practice-oriented study assessed the efficacy of different treatment protocols in dogs

with acute AR poisoning. The study included 10 dogs of various breeds whose owners had witnessed bait ingestion or found baits in the living environment.

The dogs were divided into two groups of five: a control group (treated with vitamin K3 – Vikasol) and an experimental group (treated with vitamin K1 – Konakion). All dogs underwent clinical examination, blood and urine testing, and coagulation profiling. Diagnosis was based on clinical signs of coagulopathy (localized hemorrhages, hematuria, anemia, hypothermia), laboratory data, and differential diagnosis to rule out DIC syndrome, von Willebrand disease, and liver pathology.

Treatment involved two stages. In the first stage (emergency therapy), the control group received vitamin K3, while the experimental group received vitamin K1 (Konakion) at 3–5 mg/kg intravenously or intramuscularly. Both groups also received symptomatic support: Strophanthin K, furosemide, 5% glucose with insulin and ascorbic acid, Contrical, and amoxicillin.

During the second stage (20–30 days), the control group was treated with oral vitamin K3 in combination with tablet vitamin K, while the experimental group continued on vitamin K1 (Konakion) and tablets. Additional treatments included Essentiale, Catosal, Multivitamin 100 (Norbrook), glucose with insulin and ascorbic acid, and Thioprotectin. In the experimental group, clinical stabilization occurred 6–8 hours earlier than in the control group. Hematological values improved significantly in the K1 group: erythrocyte count increased by 16%, hemoglobin by 18.4%, and albumin by 36.5%. Hemorrhagic syndrome resolved more rapidly with vitamin K1, confirming its clinical advantage in treating acute AR poisoning in veterinary practice.

Thus, both studies – the large-scale long-term analysis conducted at the Western College of Veterinary Medicine (Canada) and the practice-based project by M.A. Vlasenko at the “Kolibri” clinic (Dnipro) – clearly demonstrate both common features and differences in diagnostic and therapeutic approaches to coumarin anticoagulant poisoning in dogs. Despite differences in sample size, regional context, and clinical workflow, both studies emphasize the critical importance of timely diagnosis, use of vitamin K1 as the treatment of choice, comprehensive supportive therapy, and post-treatment coagulation monitoring to prevent relapses of coagulopathy.

To better summarize the key characteristics and approaches used in the aforementioned studies, Table 2 below provides a comparative overview that clearly illustrates both the shared principles and the differences between the two clinical models.

Table 2. Comparative Characteristics of Diagnostic and Treatment Approaches for Coumarin Anticoagulant Poisoning in Dogs Based on Canadian and Ukrainian Studies

Criterion	First Study (Canada)	Second Study (Ukraine)
Institution	WCVM, Saskatoon	“Kolibri” Clinic, Dnipro
Years	1999–2022	2019–2021
Number of dogs	349	10
Diagnostic methods	History; clinical signs; PT/aPTT; Thoracic/Abdominal FAST	History; clinical signs; coagulation testing; differential diagnosis
Main treatment protocol	Vitamin K1; plasma/blood transfusions	Vitamin K1 or K3; plus supportive therapy
Key therapeutic conclusions	SGARs → require prolonged K1 course; importance of monitoring	Vitamin K1 more effective than K3; faster clinical improvement
Overall survival rate	86%	100% (all 10 dogs survived)

Source: author's own contribution based on [9; 15]

Analysis of the data presented in Table 2 confirms both the universality of core therapeutic approaches to coumarin anticoagulant poisoning and the specific features of individual clinical models. In particular, the large-scale Canadian study demonstrated the efficacy of a standardized treatment protocol involving vitamin K1 and emphasized the importance of careful coagulation monitoring in cases of prolonged intoxication with second-generation anticoagulants. The Ukrainian experience, in turn, highlights the advantages of vitamin K1 over K3 and underscores the significance of comprehensive supportive therapy in clinical settings.

Summarizing the presented clinical data, a typical pattern of symptom progression in anticoagulant poisoning – depending on whether first- or second-generation compounds are involved – can be clearly delineated. Poisoning with second-generation anticoagulants tends to follow a more aggressive and prolonged course, requiring a more complex clinical approach and extended treatment duration. The comparative table below illustrates the time-dependent development of clinical signs in dogs following ingestion of both types of rodenticides (Table 3).

The table indicates that second-generation anticoagulants cause symptoms that appear later but are more sudden and severe compared to those induced by first-generation compounds. This necessitates a longer course of vitamin K1 therapy, regardless of initial clinical improvement.

Table 3. Comparative Dynamics of Clinical Symptom Development in Dogs Poisoned with First- and Second-Generation Anticoagulants

Time Since Toxicant Ingestion	First-Generation Anticoagulants (e.g., Warfarin)	Second-Generation Anticoagulants (e.g., Brodifacoum)
0–24 hours	Symptoms often absent	Symptoms often absent
2–3 days	Onset of initial bleeding; ↑ PT	Symptom onset; PT rises sharply
4–5 days	Progression of clinical signs; weakness	Massive hemorrhage; life-threatening condition
After day 5	Without treatment – deterioration	Plasma/blood transfusion may be required
After day 7	Complications less common	Relapse possible if vitamin K1 discontinued too early

Source: author's own contribution based on [9; 12; 13]

Conclusions. The analysis of clinical data obtained from a long-term study in Canada and practical experience in Ukraine confirms the efficacy of vitamin K1 as the treatment of choice for managing coumarin anticoagulant poisoning in dogs. Vitamin K1 ensures faster normalization of hemostasis and resolution of hemorrhagic syndrome compared to vitamin K3, supporting its rational use in veterinary practice.

Successful management of such cases requires comprehensive supportive therapy, including symptomatic treatment, correction of anemia, maintenance of fluid and electrolyte balance, and, if necessary, plasma or whole blood transfusions. Continuous monitoring of coagulation parameters (PT/aPTT) during and after treatment is essential to prevent recurrence of coagulopathy.

Ongoing accumulation of clinical experience and refinement of treatment protocols will contribute to improved outcomes in veterinary care for dogs with coumarin anticoagulant poisoning.

Bibliography

1. Bertolini F.M., Barolo E., Masti R., De Arcangeli S., Furlanello T., Ongaro V., Menegini C., Sánchez del Pulgar J. A rapid and sensitive method for diagnosing and monitoring anticoagulant rodenticide poisoning in whole blood of animals. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*. 2024. Vol. 1232. P. 123971. DOI: 10.1016/j.jchromb.2023.123971.
2. Bray K., Stern L., Russett M. An atypical presentation of anticoagulant rodenticide toxicosis in a dog. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Vétérinaire Canadienne*. 2023. Vol. 64. № 11. P. 1015–1020.
3. Caloni F., Berny P., Krübel S., Sachana M. Epidemiology of animal poisoning in Europe. *Veterinary Toxicology: Basic and Clinical Principles* / R.C. Gupta (ed.). 4th ed. Amsterdam : Elsevier, 2025. P. 45–59. DOI: 10.1016/B978-0-443-29007-7.00038-8.
4. Chansiripornchai P., Khanprasit W., Techangamsuwan S. First report of anticoagulant rodenticide toxicosis in non-target animals in Thailand. *BMC Veterinary Research*. 2025. Vol. 21. № 1. P. 337. DOI: 10.1186/s12917-025-04789-7.
5. Frommeyer A., Mischke R. Vergiftungen mit Cumarinderivaten beim Hund – eine retrospektive Analyse klinischer und labordiagnostischer Daten. *Praktische Tierarzt K Kleintiere/Heimtiere*. 2024. Vol. 52. № 1. P. 5–16. DOI: 10.1055/a-2226-4348.
6. Hecke K., Fulkerson K.V., Murakami M. Abdominal radiographic findings in 14 dogs and 2 cats with anticoagulant rodenticide toxicity. *Open Veterinary Journal*. 2024. Vol. 14. № 6. P. 1460–1466. DOI: 10.5455/OVJ.2024.v14.i6.14.
7. Keating M.P., Saldo E.A., Frair J.L., Cunningham S.A., Mateo R., Jachowski D.S. Global review of anticoagulant rodenticide exposure in wild mammalian carnivores. *Acta Chiropterologica*. Advance online publication. DOI: 10.1111/acv.12947.
8. Oliver N., Rizzo K., Press S., Istvan S. Acute kidney injury resulting from suspected intramural ureteral hemorrhage due to difacinone exposure in a dog. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*. 2023. Vol. 33. № 1. P. 112–117. DOI: 10.1111/vec.13256.
9. Polen M.V., Bray S., Laodhitirurak T., Polen J., Blakely B., Sneed E. Anticoagulant rodenticide toxicity in dogs: A retrospective study of 349 confirmed cases in Saskatchewan. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Vétérinaire Canadienne*. 2024. Vol. 65. № 5. P. 496–503.
10. Rached A., Morisseau M.A., Serfaty H., Lefevre S., Lattard V. Biomarker potential for monitoring anticoagulant rodenticide poisoning in non-target wildlife. *Frontiers in Veterinary Science*. 2020. Vol. 7. P. 616276. DOI: 10.3389/fvets.2020.616276.
11. Rudd M.J., Wellman M.L. Toxicologic clinical cases. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2023. Vol. 53. № 1. P. 175–190. DOI: 10.1016/j.cvsm.2022.07.013.
12. Seljetun K.O. Prevalence of anticoagulant rodenticides in dogs and red foxes : doct. diss. № 2020:61. 2020.
13. Soleng A., Edgar K. S., von Krogh A., Seljetun K.O. Suspected rodenticide poisoning in humans and companion animals: Data from enquiries to the Norwegian Poison Information Centre, 2005–2020. *PLOS ONE*. 2022. Vol. 17. № 12. P. e0278642. DOI: 10.1371/journal.pone.0278642.
14. Stroup S., Walton R., Moshel J.P., Yuan L., Enders B. Retrospective evaluation of clinical bleeding in dogs with anticoagulant rodenticide toxicity: A multicenter study of 62 cases (2010–2020). *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 9. P. 879179. DOI: 10.3389/fvets.2022.879179.
15. Власенко М. А. Інтенсивна терапія та реанімація при отруєннях собак антикоагулянтами кумаринового ряду у приватній ветеринарній клініці «Колібри» : кваліфікаційна робота. Дніпро : Дніпровський державний аграрно-економічний університет, 2021.

Бойко Г. В.

кандидат ветеринарних наук,
доцент кафедри фізіології хребетних і фармакології,
факультет ветеринарної медицини,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: boiko_gv@nubip.edu.ua**ORCID:** 0000-0001-6907-9325**Боса Є. П.**

студентка факультету ветеринарної медицини,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Київ, Україна

E-mail: evgeniabosa@gmail.com**ORCID:** 0009-0003-4514-4905

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ТЕРАПІЇ ТА РЕАНІМАЦІЇ СОБАК ПРИ ОТРУЄННЯХ АНТИКОАГУЛЯНТАМИ КУМАРИНОВОГО РЯДУ

Анотація

Отруєння собак антикоагулянтами кумаринового типу залишається актуальною проблемою сучасної ветеринарної медицини, що потребує своєчасної діагностики й ефективної терапії. Ці речовини, широко застосовувані як родентициди, порушують згортання крові шляхом пригнічення синтезу вітамін К-залежних факторів, що призводить до розвитку геморагічного синдрому з високим ризиком тяжких внутрішніх кровотеч. У статті аналізуються патогенез, клінічні прояви, діагностичні критерії та сучасні методи лікування тварин, які зазнали впливу кумаринових антикоагулянтів. Проведено порівняльний огляд двох масштабних клінічних досліджень – 23-річного досвіду Західного коледжу ветеринарної медицини (Канада) та практичних випадків із ветеринарних клінік України, що виявляє ключові особливості етіопатогенезу та сприяє оптимізації терапевтичних підходів. Основним антидотом є вітамін К1, ефективність якого підтверджена доказовими клінічними даними; проте лікування має бути комплексним, включати переливання крові, симптоматичну підтримку та моніторинг стану згортання крові. У статті також наведені рекомендації щодо термінів і дозування вітаміну К1, а також стратегії ведення важких випадків отруєння. Результати підкреслюють необхідність упровадження стандартизованих протоколів лікування та підвищення пильності клініцистів щодо латентного перебігу симптомів, а також важливість довготривалого контролю показників згортання крові навіть після клінічного одужання. Розроблені рекомендації мають практичне значення для ветеринарів, токсикологів і клініцистів і можуть слугувати основою для подальших експериментальних досліджень у галузях токсикології, фармакології та ветеринарної медицини.

Ключові слова: антикоагулянти родентициди, кумариновий ряд, отруєння собак, дикумарин, коагулопатія, протромбіновий час, вітамін К1, інтенсивна терапія, реанімація, моніторинг згортання крові.

References

1. Bertolini, F.M., Barolo, E., Masti, R., De Arcangelo, S., Furlanello, T., Ongaro, V., Menegini, C., & Sánchez del Pulgar, J. (2024). A rapid and sensitive method for diagnosing and monitoring anticoagulant rodenticide poisoning in whole blood of animals. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 1232, 123971. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2023.123971> [in English].
2. Bray, K., Stern, L., & Russett, M. (2023). An atypical presentation of anticoagulant rodenticide toxicosis in a dog. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Vétérinaire Canadienne*, 64 (11), 1015–1020 [in English].
3. Caloni, F., Berny, P., Krübel, S., & Sachana, M. (2025). Epidemiology of animal poisoning in Europe. In R. C. Gupta (Ed.), *Veterinary toxicology: Basic and clinical principles* (4th ed., pp. 45–59). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-29007-7.00038-8> [in English].
4. Chansiripornchai, P., Khanprasit, W., & Techangamsuwan, S. (2025). First report of anticoagulant rodenticide toxicosis in non-target animals in Thailand. *BMC Veterinary Research*, 21 (1), 337. <https://doi.org/10.1186/s12917-025-04789-7> [in English].
5. Frommeyer, A., & Mischke, R. (2024). Vergiftungen mit Cumarinderivaten beim Hund – eine retrospektive Analyse klinischer und labordiagnostischer Daten [Poisoning with coumarin derivatives in dogs – a retrospective analysis of clinical and laboratory data]. *Praktische Tierarzt K Kleintiere/Heimtiere*, 52 (1), 5–16. <https://doi.org/10.1055/a-2226-4348> [in German].
6. Hecke, K., Fulkerson, K.V., & Murakami, M. (2024). Abdominal radiographic findings in 14 dogs and 2 cats with anticoagulant rodenticide toxicity. *Open Veterinary Journal*, 14 (6), 1460–1466. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i6.14> [in English].
7. Keating, M.P., Saldo, E.A., Frair, J.L., Cunningham, S.A., Mateo, R., & Jachowski, D.S. (in press). Global review of anticoagulant rodenticide exposure in wild mammalian carnivores. *Acta Chiropterologica*. <https://doi.org/10.1111/acv.12947> [in English].
8. Oliver, N., Rizzo, K., Press, S., & Istvan, S. (2023). Acute kidney injury resulting from suspected intramural ureteral hemorrhage due to difacinone exposure in a dog. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 33 (1), 112–117. <https://doi.org/10.1111/vec.13256> [in English].

9. Polen, M.V., Bray, S., Laodhitirurak, T., Polen, J., Blakely, B., & Sneed, E. (2024). Anticoagulant rodenticide toxicity in dogs: A retrospective study of 349 confirmed cases in Saskatchewan. *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Vétérinaire Canadienne*, 65 (5), 496–503 [in English].
10. Rached, A., Morisseau, M. A., Serfaty, H., Lefevre, S., & Lattard, V. (2020). Biomarker potential for monitoring anticoagulant rodenticide poisoning in non-target wildlife. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 616276. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.616276> [in English].
11. Rudd, M.J., & Wellman, M.L. (2023). Toxicologic clinical cases. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 53 (1), 175–190. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2022.07.013> [in English].
12. Seljetun, K.O. (2020). *Prevalence of anticoagulant rodenticides in dogs and red foxes* [Doctoral dissertation, Norwegian University of Life Sciences]. [in English].
13. Soleng, A., Edgar, K.S., von Krogh, A., & Seljetun, K.O. (2022). Suspected rodenticide poisoning in humans and companion animals: Data from enquiries to the Norwegian Poison Information Centre, 2005–2020. *PLOS ONE*, 17 (12), e0278642. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278642> [in English].
14. Stroup, S., Walton, R., Moshel, J.P., Yuan, L., & Enders, B. (2022). Retrospective evaluation of clinical bleeding in dogs with anticoagulant rodenticide toxicity: A multicenter study of 62 cases (2010–2020). *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 879179. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.879179> [in English].
15. Vlasenko, M.A. (2021). *Intensyvna terapiia ta reanimatsiia pry otruienniakh sobak antykoahuliantamy kumarynovoho riadu u pryvatnii veterynarnii klinitsi "Kolibri": kvalifikatsiina robota* [Intensive therapy and resuscitation in case of poisoning of dogs with coumarin anticoagulants at the private veterinary clinic "Kolibri": qualification of the work]. [Qualification thesis]. Dniprov's'kyi derzhavnyi ahrarno-ekonomichnyi universytet [in Ukrainian].

Отримано: 26.06.2025

Рекомендовано: 30.07.2025

Опубліковано: 29.08.2025

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-3.22>
УДК 636.4:612.3:591.1

Шептуха О. А.

*аспірант кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Дніпро, Україна

E-mail: shepto@icloud.com

ORCID: 0009-0000-5860-5385

Масюк Д. М.

*доктор ветеринарних наук, професор,
завідувач кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Дніпро, Україна

E-mail: dimasiuk@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2800-2580

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ ЕКСПРЕСІЇ МОЛЕКУЛЯРНИХ МАРКЕРІВ ЗІ СТАНОМ МІКОБІОМУ У ДВНАДЦЯТИПАЛІЙ КИШЦІ ПОРОСЯТ

Анотація

У роботі представлено результати комплексного дослідження, спрямованого на встановлення взаємозв'язків між експресією ключових молекулярних маркерів кишкового епітелію (E-CAD, fibronectin, IFN- α , TNF- α , GFAP, Casp-3) і станом мікробіому тонкої кишки поросят у ранньому постнатальному періоді. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю глибшого розуміння механізмів становлення бар'єрної та імунної функції кишечника, особливо в контексті впливу біологічно активних нутрицевтичних засобів. У досліді використано 168 трипородних гібридних поросят генетики DanBred, розділених на контрольну та дослідну групи. Тваринам дослідної групи у віці із 3-ї до 8-ї доби випоювали ізотонічно-протеїнову суміш (ППС). У віці 9, 21 і 35 днів відбирали зразки тканин дванадцятипалої та порожньої кишки для оцінювання експресії маркерів методом Western blot, а також проби вмісту кишечника для бактеріального аналізу. Встановлено, що в поросят як контрольної, так і дослідної групи спостерігається сильна позитивна кореляція між маркерами клітинної адгезії, позаклітинного матриксу, прозапальної відповіді, гліальної активності й апоптозу, що свідчить про їхню координацію у формуванні функціонального стану кишкового бар'єра. У контрольної групи виражена присутність *Escherichia coli* та *Staphylococcus* spp. була пов'язана з підвищеною експресією прозапальних і апоптотичних маркерів, що вказує на потенційний патогенний тиск цих таксонів. Натомість у поросят, які отримували ізотонічно-протеїнову суміш, спостерігалися стабілізація мікробного середовища, зменшення інтенсивності прозапальних взаємодій, збереження позитивних внутрішньогрупових зв'язків між молекулярними маркерами та зниження чутливості до колонізації умовно-патогенними бактеріями. Найбільш виражений ефект ізотонічно-протеїнової суміші виявлено на 35-ту добу, коли відзначено гармонізацію сигнальної взаємодії в осі «мікробіом – епітелій – нейроімунна відповідь». Отримані дані свідчать про потенціал ізотонічно-протеїнової суміші як ефективного модулятора формування нейро-епітеліального гомеостазу та можливого засобу для підтримки кишкового здоров'я поросят у критичні періоди розвитку.

Ключові слова: поросята, кишечник, молекулярні маркери, ізотонічно-протеїнова суміш, відлучення.

Вступ. Формування функціонального стану травної системи поросят у ранньому постнатальному періоді тісно пов'язане з розвитком кишкового мікробіому й активацією молекулярних механізмів, що регулюють бар'єрну й імунну функцію кишечника [13; 14]. У цей критичний для онтогенезу етап поросята вразливі до порушень гомеостазу через інтенсивну колонізацію слизових оболонок, зміну типу годівлі та дію стресових чинників, що може спричинити дисбіоз, запальні реакції та зниження резистентності [1; 3]. Особливу увагу в сучасних дослідженнях привертає вивчення регуляторних молекул – зокрема, маркерів епітеліальної інтеграції, прозапальних цитокінів і факторів, пов'язаних із міжклітинною взаємодією, – як індикаторів адаптивної відповіді кишкового бар'єра [13; 17].

Мікробіом тонкої кишки, зокрема її проксимальних відділів – дванадцятипалої та порожньої кишки – виконує ключові функції в підтриманні імунологічного балансу [6], ферментативної активності та захисту від колонізації патогенами [8]. Зміни в його структурі можуть призводити до порушення експресії генів, пов'язаних із цілісністю епітелію (наприклад, E-cadherin), прозапальною відповіддю (IFN- γ , TNF- α) та ремоделюванням міжклітинного матриксу (наприклад, fibronectin), що, у свою чергу, відображає загальний функціональний стан кишки. Вивчення таких взаємозв'язків відкриває нові можливості для глибшого розуміння патогенезу ранніх

порушень кишечника, а також для розроблення мікробіом-орієнтованих підходів до профілактики і терапії в умовах інтенсивного свинарства.

Одним із перспективних напрямів корекції порушень бар'єрної функції кишечника у поросят є застосування біологічно активних речовин, зокрема ізотонічно-протеїнової суміші (далі – ІПС) [11]. Цей підхід базується на ідеї цілеспрямованого впливу на епітеліальні клітини кишечника й асоційовану мікробіоту з метою нормалізації їхньої структурно-функціональної взаємодії [2; 5; 9]. ІПС може сприяти відновленню морфологічної цілісності слизової оболонки, стимулювати локальні імунні механізми, підтримувати фізіологічну експресію ключових молекулярних маркерів (зокрема, E-cadherin, fibronectin, IFN- γ) і водночас позитивно впливати на склад і метаболічну активність мікробіому дванадцятипалої і порожньої кишки.

Доведено, що стабілізація мікробіоти, за участі таких засобів, опосередковано впливає на сигнальні шляхи, пов'язані з бар'єрною функцією, проліферацією ентероцитів і протизапальною регуляцією [12]. Отже, ІПС не лише забезпечує трофічну підтримку ентероцитів, а й може модулювати транскрипційну активність генів, відповідальних за збереження інтегритету кишкової стінки [7]. Використання таких інтервенцій у годівлі поросят відкриває можливості для профілактики порушень кишкового гомеостазу, зменшення ризику розвитку дисбіозу та запальних реакцій, що загалом позитивно позначається на адаптації молодняку, їхній стресостійкості, темпах росту та продуктивності [2]. Однак практичне впровадження ІПС у ветеринарну практику потребує ретельного експериментального обґрунтування її ефективності.

Мета роботи полягає в комплексному дослідженні, спрямованому на оцінювання морфофункціонального стану різних відділів тонкої кишки, визначення експресійного профілю маркерних генів і аналіз структурно-функціональних характеристик мікробіому в контексті інтегрованої відповіді організму на ранньому етапі постнатального розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. У дослідженні використано 168 трипородних гібридних поросят генетики DanBred віком 2 доби, які були розподілені на контрольну та дослідну групи (по 84 тварини). Із 3-го по 8-й день життя поросята дослідної групи отримували ізотонічно-протеїнову суміш (ІПС). У віці 9, 21 і 35 діб від кожної групи відбирали по 6 поросят для евтаназії відповідно до ветеринарно-санітарних і етичних вимог. Від тварин забирали фрагменти дванадцятипалої, порожньої, клубової, сліпої, ободової та прямої кишок разом з умістом. Матеріал заморожували за температури $-18 - -22^{\circ}\text{C}$. Для аналізу експресії молекулярних маркерів у тканинах кишечника застосовували метод Western blot. Відібрані ділянки (3–5 см) гомогенізували в PBS (pH 7,4), після чого визначали концентрацію загального білка методом Бредфорда. Білки розділяли електрофорезом у градієнтному поліакриламідному гелі (7–18%) за методом Laemmli. Фарбування здійснювали 0,1%-м розчином кумасі G-250. Перенесення білків на нітроцелюлозну мембрану проводили електроблотингом за 150 мА, 60 хв. Блокування неспецифічного зв'язування виконували за допомогою бичачої сироватки. Мембрани інкубували зі специфічними кролячими первинними антитілами (1 : 1500), а потім – із вторинними антитілами, кон'югованими з пероксидазою хрому. Візуалізацію проводили у трис-HCl-буфері з діамінобензидином (DAB) та H_2O_2 . Результати експресії білків оцінювали кількісно та виражали у відсотках щодо контрольної групи.

Для комплексного аналізу мікробіоценозу кишечника поросят проводили дослідження вмісту хімусу, відібраного із шести анатомічних відділів: дванадцятипалої, порожньої, клубової, сліпої, ободової та прямої кишки. Проби відбирали одразу після діагностичного забою тварин, здійсненого відповідно до чинних ветеринарно-санітарних і етичних норм. Кількісний аналіз мікрофлори здійснювали шляхом десятикратного серійного розведення зразків відповідно до вимог ДСТУ ISO 6887-1:2003, з подальшим висівом на селективні поживні середовища. Для висіву бактерій *Escherichia coli* використовували середовище Ендо; для стафілококів – агар Бейрд – Паркера; для ентерококів – жовточно-ескуліновий агар; для анаеробних *Clostridium spp.* – сульфітний агар Вільсона – Блера. Посіви інкубували за температури $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ упродовж 20–24 годин. Кількісне оцінювання росту колоній і подальшу інтерпретацію результатів проводили згідно зі стандартом ISO 7218.

Статистичну обробку отриманих результатів (побудова кореляційної матриці) виконували за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення “Prism 10”. Показники вважали достовірними за $P < 0,05$ (зокрема, $P < 0,01$ і $P < 0,001$).

Аналіз кореляційної матриці показав значущі взаємозв'язки між молекулярними маркерами клітинної адгезії, позаклітинного матриксу, запальної відповіді, маркером гліальної реактивності, активністю апоптозу та рівнем *E. coli*, *Staphylococcus spp.* і *Enterococcus spp.* у кишечнику поросят (рис. 1). Рівень E-CAD у дванадцятипалій кишці поросят контрольної групи мав сильний прямий зв'язок з IFN- α ($r = 1,00$; $P < 0,001$), TNF- α ($r = 0,99$; $P < 0,001$), GFAP ($r = 0,96$; $P < 0,01$) і Casp-3 ($r = 0,96$; $P < 0,01$). Це свідчить про узгоджену активацію механізмів міжклітинної адгезії, запального процесу й апоптозу [15]. Також було виявлено високу кореляцію між FN та IFN- α ($r = 0,91$; $P < 0,01$), GFAP ($r = 0,96$; $P < 0,01$), TNF- α ($r = 0,88$; $P < 0,05$) та Casp-3 ($r = 0,96$; $P < 0,01$), що вказує на можливий взаємозв'язок між позаклітинним матриксом і запальною відповіддю [14]. Серед бактеріальних таксонів найбільшу кореляцію з імунними маркерами мав рівень *E. coli*. Її рівень позитивно корелював з IFN- α , TNF- α ($r = 0,70$), Casp-3 ($r = 0,68$) та GFAP ($r = 0,51$), що вказує на активну участь цього таксона у формуванні запальної реакції та потенційного впливу на нейро-гліальні взаємодії.

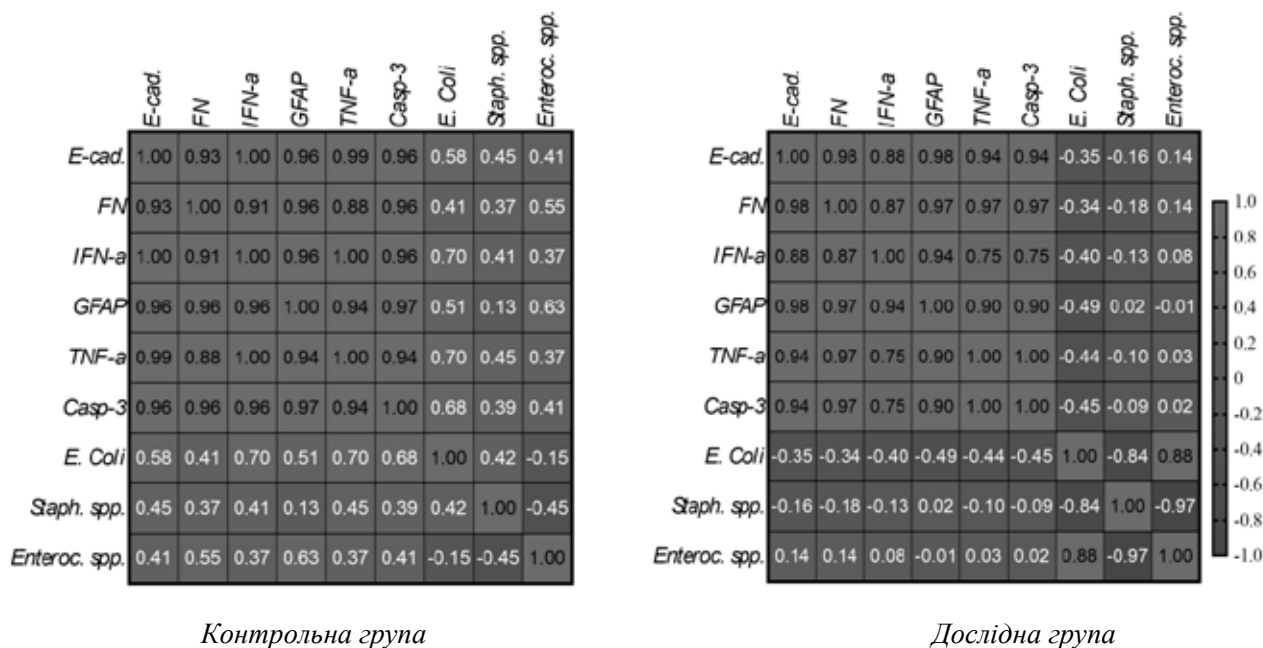


Рис. 1. Взаємозв'язки експресії молекулярних маркерів зі станом мікробіому у дванадцятипалій кишці 9-добових поросят за дії ІПС* (r; n = 6)

Примітка: * – показники достовірні за: $P < 0,05 - r = \pm 0,81-0,91$; $P < 0,01 - r = \pm 0,92-0,96$; $P < 0,001 - r = \pm 0,97-1,00$

Аналіз кореляційних зв'язків між експресією молекулярних маркерів і рівнем основних бактеріальних таксонів у дванадцятипалій кишці 9-добових поросят за дії ізотонічно-протеїнової суміші дозволив виявити низку закономірностей. Рівень E-CAD демонстрував високі позитивні кореляції з FN ($r = 0,98$; $P < 0,01$), IFN- α ($r = 0,88$; $P < 0,05$), GFAP ($r = 0,98$; $P < 0,01$), TNF- α ($r = 0,94$; $P < 0,05$) та Casp-3 ($r = 0,94$; $P < 0,05$). Між прозапальним TNF- α і Casp-3 спостерігалася пряма кореляція ($r = 1,00$; $P < 0,001$), що підтверджує їхню синхронну активацію у відповідь на вплив ІПС. Окрім того, сильні позитивні кореляції між FN, GFAP та TNF- α свідчать про їхню спільну участь у запальній та нейро-гліальній відповіді. На відміну від молекулярних маркерів, бактеріальні таксони демонстрували переважно негативні кореляції з рівнем маркерів клітинної активації. *E. coli* мала помітні обернені кореляції з E-CAD, FN, IFN- α , GFAP, TNF- α та Casp-3 ($r = -0,45-0,35$). Це свідчить про можливе пригнічення колонізації *E. coli* завдяки активації захисних механізмів кишкового епітелію та імунної системи [16]. Рівень *Staphylococcus spp.* також мав обернені кореляції з більшістю імунних маркерів, проте вони були менш вираженими.

Аналіз кореляційних зв'язків між експресією молекулярних маркерів клітинної адгезії та рівнем основних бактеріальних таксонів у дванадцятипалій кишці 21-добових поросят контрольної групи продемонстрував достовірні закономірності (рис. 2).

Рівень E-CAD мав сильний прямий зв'язок із FN ($r = 0,94$; $P < 0,01$), IFN- α ($r = 0,91$; $P < 0,05$), GFAP ($r = 0,91$; $P < 0,05$), TNF- α ($r = 0,84$; $P < 0,05$) та Casp-3 ($r = 0,97$; $P < 0,01$). Між FN і IFN- α спостерігалася сильна кореляція ($r = 0,97$; $P < 0,01$), що може вказувати на їхню спільну участь у регуляції імунної відповіді. TNF- α також мав сильні кореляційні зв'язки з IFN- α ($r = 0,97$; $P < 0,01$) та GFAP ($r = 0,84$; $P < 0,05$). На відміну від дослідної групи, *E. coli* демонструвала позитивні кореляції з E-CAD ($r = 0,84$), FN ($r = 0,71$), IFN- α ($r = 0,65$), GFAP ($r = 0,61$), TNF- α ($r = 0,42$) та Casp-3 ($r = 0,75$). Рівень *Staphylococcus spp.* мав значні обернені кореляції з E-CAD ($r = -0,56$), FN ($r = -0,41$), IFN- α ($r = -0,38$), GFAP ($r = -0,26$) та Casp-3 ($r = -0,37$). Це може вказувати на зменшення активної ролі *Staphylococcus spp.* у стимуляції імунної відповіді, а також на його пригнічення іншими бактеріями або захисними механізмами кишківника. *Enterococcus spp.* мав слабкі кореляції з більшістю молекулярних маркерів, але цікавою є його незначна позитивна кореляція з E-CAD ($r = 0,39$) та обернені кореляції з TNF- α і IFN- α ($r = -0,12-0,28$).

У поросят дослідної групи E-CAD мав високі позитивні кореляції з FN ($r = 0,91$; $P < 0,05$), IFN- α ($r = 0,94$; $P < 0,05$), GFAP ($r = 0,89$; $P < 0,05$), TNF- α ($r = 0,97$; $P < 0,01$) та Casp-3 ($r = 0,96$; $P < 0,01$). Це підтверджує його роль у підтримці міжклітинної взаємодії та регуляції запальних процесів у дванадцятипалій кишці [18]. Високі кореляційні зв'язки між TNF- α і GFAP ($r = 0,94$; $P < 0,05$), Casp-3 ($r = 0,99$; $P < 0,001$), а також між FN та GFAP ($r = 0,95$; $P < 0,05$) вказують на тісний зв'язок між процесами запалення, апоптозу та реактивності глії в кишковому середовищі. На відміну від 9-добових поросят, у контрольній групі 21-добових поросят *E. coli* мала помірно позитивну кореляцію з E-CAD ($r = 0,65$), FN ($r = 0,44$), IFN- α ($r = 0,53$), TNF- α ($r = 0,51$) та Casp-3 ($r = 0,47$), що може свідчити про посилення запальної відповіді за її колонізації. *Staphylococcus spp.* продемонстрував найвищі позитивні кореляції з молекулярними маркерами. Його рівень був позитивно пов'язаний з E-CAD ($r = 0,92$; $P < 0,05$), FN ($r = 0,94$;

$P < 0,05$), IFN- α ($r = 0,92$; $P < 0,05$), GFAP ($r = 0,97$; $P < 0,01$), TNF- α ($r = 0,97$; $P < 0,01$) та Casp-3 ($r = 0,95$; $P < 0,01$). Така висока взаємозалежність може вказувати на роль *Staphylococcus spp.* у стимуляції як запальних процесів, так і механізмів клітинної адгезії та апоптозу [4]. Рівень *Enterococcus spp.* мав слабкі кореляційні зв'язки з молекулярними маркерами, зокрема з FN ($r = 0,35$), E-CAD ($r = 0,32$) і TNF- α ($r = 0,18$), що може свідчити про його слабший вплив на запальні процеси у дванадцятипалій кишці поросят.

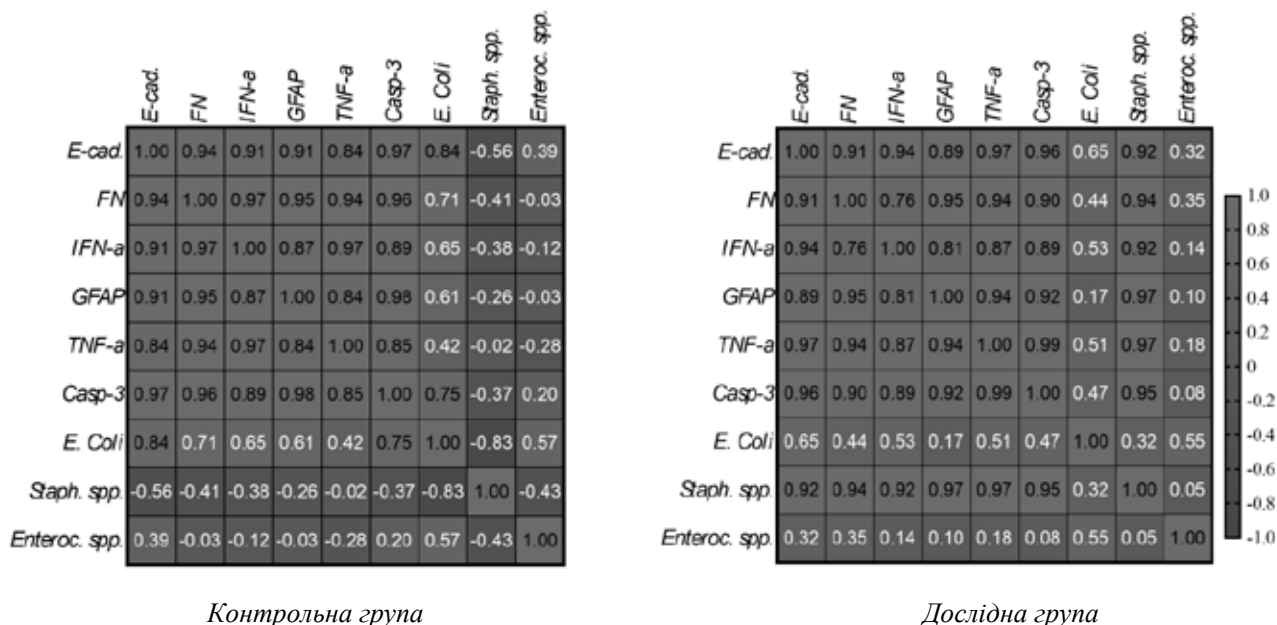


Рис. 2. Взаємозв'язки експресії молекулярних маркерів зі станом мікробіому у дванадцятипалій кишці 21-добових поросят за дії ІПС (r ; $n = 6$)

Примітка: * – показники достовірні за: $P < 0,05 - r = \pm 0,81-0,91$; $P < 0,01 - r = \pm 0,92-0,96$; $P < 0,001 - r = \pm 0,97-1,00$

У 35-добових поросят відзначено ще тісніші взаємозв'язки між ключовими молекулярними маркерами порівняно з молодшими тваринами (рис. 3). E-CAD мав сильну позитивну кореляцію з FN ($r = 0,97$; $P < 0,01$), IFN- α ($r = 0,89$; $P < 0,05$), GFAP ($r = 0,97$; $P < 0,01$), TNF- α ($r = 0,94$; $P < 0,05$) і Casp-3 ($r = 0,97$; $P < 0,01$). Ці показники свідчать про посилене узгодження процесів міжклітинної адгезії, запальної відповіді та гліальної активації. FN був тісно пов'язаний з IFN- α ($r = 0,95$; $P < 0,01$), GFAP ($r = 0,98$; $P < 0,01$) та TNF- α ($r = 0,98$; $P < 0,01$), що свідчить про його ключову роль у підтримці структурної стабільності тканин кишечника та реакції на запальні сигнали. Взаємозв'язок між TNF- α , Casp-3 та GFAP залишається сильним, особливо між Casp-3 і GFAP ($r = 0,99$; $P < 0,001$). На відміну від 21-добових поросят, у 35-денному віці кореляції між бактеріальними таксонами та молекулярними маркерами стали слабшими або набули оберненого характеру. Рівень *E. coli* мав дуже слабкі або відсутні кореляції з імунними показниками. *Staphylococcus spp.* і *Enterococcus spp.* демонстрували переважно негативні кореляції з маркерами запальної відповіді ($r = -0,37-0,35$) та TNF- α ($r = -0,26$). *Enterococcus spp.* також мав обернені кореляції з більшістю маркерів, зокрема з E-CAD, FN та TNF- α ($r = -0,29-0,38$).

Аналіз кореляційних зв'язків між молекулярними маркерами та рівнем основних бактеріальних таксонів у дванадцятипалій кишці 35-добових поросят за дії ізотонічно-протейнової суміші показав кардинальні зміни порівняно з контрольною групою. Під впливом ІПС більшість кореляцій між молекулярними маркерами залишаються сильними. E-CAD демонструє високий прямий зв'язок із FN ($r = 0,99$; $P < 0,001$), GFAP ($r = 0,99$; $P < 0,001$), TNF- α ($r = 0,87$) та Casp-3 ($r = 0,87$), що вказує на узгоджене функціонування механізмів міжклітинної адгезії, запалення і апоптозу. Значні кореляції спостерігаються між FN і GFAP ($r = 0,97$; $P < 0,01$), а також між TNF- α та IFN- α ($r = 0,92$; $P < 0,01$), що підкреслює тісний взаємозв'язок між регуляцією позаклітинного матриксу, запальними процесами та нейро-гліальними механізмами. Casp-3, як маркер апоптозу, має максимальну кореляцію з TNF- α ($r = 1,00$; $P < 0,001$), що підтверджує активацію апоптотичних механізмів у відповідь на прозапальні сигнали [10]. На відміну від контрольної групи, бактеріальні таксони демонструють помірні кореляційні зв'язки з імунними маркерами, що може вказувати на стабілізацію мікробного середовища та зменшення впливу патогенних факторів. *E. coli* має слабкі позитивні кореляції з E-CAD ($r = 0,26$) та FN ($r = 0,29$). Водночас спостерігаються обернені кореляції з IFN- α ($r = -0,26$), TNF- α ($r = -0,26$) та Casp-3 ($r = -0,26$). *Staphylococcus spp.* демонструє помірно позитивні кореляції з E-CAD ($r = 0,54$), FN ($r = 0,59$) та GFAP ($r = 0,38$). *Enterococcus spp.* мав слабкі кореляційні зв'язки, зокрема, з E-CAD ($r = 0,20$), FN ($r = 0,23$) і GFAP ($r = 0,15$).

Результати проведеного дослідження дозволяють сформулювати концепцію, згідно з якою мікробіом тонкої кишки поросят на ранніх етапах постнатального розвитку виступає не лише пасивним компонентом травного середовища, а й активним модулятором клітинної активності, запальної відповіді та програмованої загибелі

клітин. Водночас вплив ізотонічно-протеїнової суміші (ІПС) проявляється через стабілізацію нейро-епітеліального гомеостазу, що виявляється в підтриманні сильних кореляцій між ключовими молекулярними маркерами (E-CAD, FN, TNF- α , IFN- α , GFAP, Casp-3) за умов зменшення мікробіом-опосередкованої дестабілізації [19]. Центром регуляції виступають міжклітинна адгезія (E-CAD) та позаклітинний матрикс (FN), які узгоджено активуються разом із прозапальними (TNF- α , IFN- α) і апоптотичними (Casp-3) маркерами, формують єдиний захисно-адаптаційний контур.

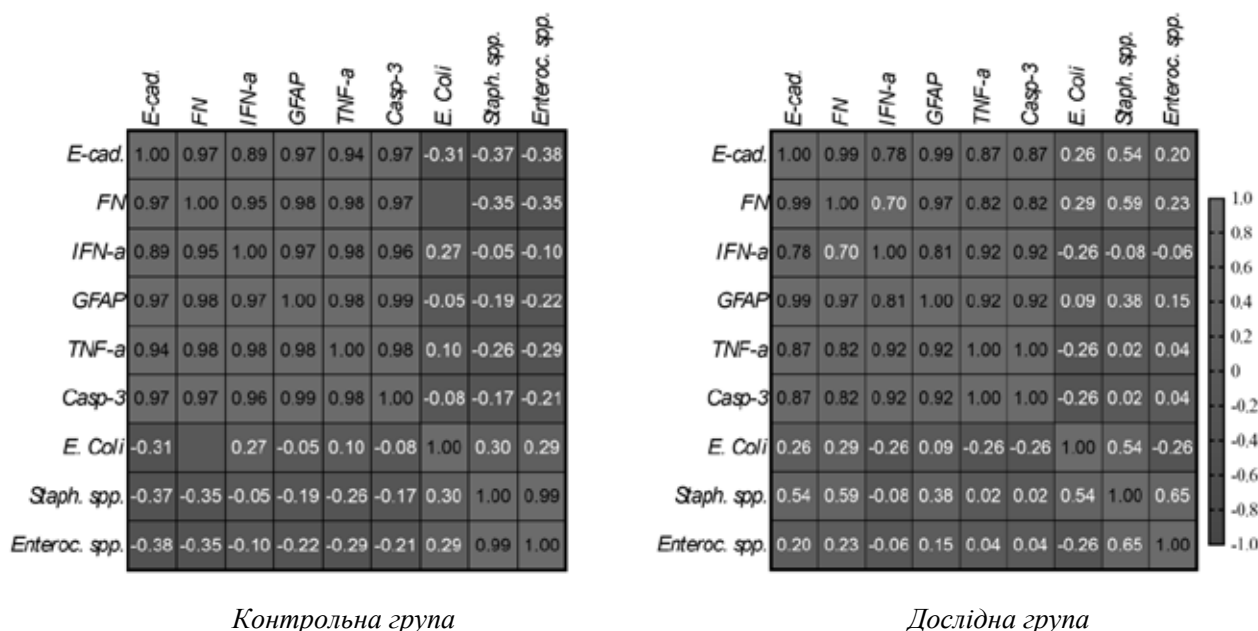


Рис. 3. Взаємозв'язки експресії молекулярних маркерів зі станом мікробіому у дванадцятипалій кишці 35-добових поросят за дії ІПС (r ; $n = 6$)

Примітка: * – показники достовірні за: $P < 0,05 - r = \pm 0,81 - 0,91$; $P < 0,01 - r = \pm 0,92 - 0,96$; $P < 0,001 - r = \pm 0,97 - 1,00$

Роль мікробіому є неоднозначною, зокрема в контрольних умовах, *E. coli* і *Staphylococcus spp.* спричиняють активацію запалення, гліальної реактивності й апоптозу, що свідчить про їхній патогенний потенціал. Тоді як у дослідній групі під впливом ІПС спостерігається слабшання кореляцій між бактеріальними таксонами й імунними маркерами, що відображає стабілізацію мікробного середовища та зниження імунного навантаження.

Ефект ІПС можна розглядати як модуляцію сигнального каскаду «мікробіом – епітелій – нейроімунна система», що приводить до функціональної стабілізації слизової оболонки через: збереження інтегритету епітелію; контрольовану прозапальну активацію; локалізовану активацію апоптозу; зниження патогенних впливів *E. coli* й інших умовно-патогенних мікроорганізмів.

Висновки. 1. У ранньому постнатальному періоді поросят формуються тісні взаємозв'язки між молекулярними маркерами клітинної адгезії, запальної відповіді, гліальної реактивності й апоптозу, що відображає активне становлення імунної та бар'єрної функції кишкового епітелію. Встановлено, що маркери E-CAD, fibronectin, IFN- α , TNF- α , GFAP та Casp-3 демонструють високу позитивну кореляцію один з одним на різних етапах розвитку (9, 21, 35 діб). Це свідчить про координацію між міжклітинною адгезією, екстрацелюлярним ремоделюванням, запальними механізмами, гліальною активністю та програмованою загибеллю клітин. Особливо виражені ці зв'язки на 35-ту добу, що вказує на поступове формування стабільного регуляторного контуру у слизовій оболонці кишки поросят.

2. Мікробіом дванадцятипалої кишки поросят здійснює динамічний вплив на експресію імунних маркерів, причому окремі бактеріальні таксони (особливо *Escherichia coli* та *Staphylococcus spp.*) виступають активними модуляторами прозапальних реакцій. Рівень *E. coli* у 9-добових поросят контрольної групи мав позитивні кореляції з TNF- α , IFN- α та Casp-3, що свідчить про стимуляцію запальної відповіді. Проте у старшому віці характер цих зв'язків змінювався – виявлялись як зворотні, так і послаблені кореляції. Це вказує на етапність колонізації, зміну ролі бактеріальних агентів у регуляції імунної активності та можливість пригнічення патогенних ефектів у процесі дозрівання кишкової системи.

3. Застосування ізотонічно-протеїнової суміші сприяє стабілізації мікробіому та збереженню функціональної взаємодії між ключовими молекулярними маркерами кишкового епітелію, що дозволяє розглядати ІПС як ефективний нутрицевтичний інструмент для підтримки кишкового гомеостазу в поросят. У дослідній групі спостерігалось зменшення патогенних кореляцій між бактеріальними таксонами й імунними маркерами, водночас

зберігалася сильна позитивна асоціація між E-CAD, FN, TNF- α , IFN- α , GFAP та Casp-3. Це свідчить про позитивний вплив ІПС на бар'єрну, запальну й регенераторну активність слизової оболонки кишки. Отже, ІПС сприяє формуванню умов для збереження епітеліальної цілісності, зниження прозапального навантаження та модуляції взаємодії між мікробіомом і клітинними системами кишечника.

Список використаних джерел

1. Amatucci L., Luise D., Correa F., Bosi P., Trevisi P. Importance of breed, parity and sow colostrum components on litter performance and health. *Animals*. 2022. Vol. 12. № 10. P. 1230. <https://doi.org/10.3390/ani12101230>.
2. Buzoianu S.G., Firth A.M., Putrino C., Vannucci F. Early-life intake of an isotonic protein drink improves the gut microbial profile of piglets. *Animals*. 2020. Vol. 10. № 5. P. 879. <https://doi.org/10.3390/ani10050879>.
3. Campbell J.M., Crenshaw J.D., Polo J. The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2013. Vol. 4. № 1. P. 19. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-19>.
4. Chen H., Zhang J., He Y., Lv Z., Liang Z., Chen J., Li P., Liu J., Yang H., Tao A., Liu X. Exploring the role of *Staphylococcus aureus* in inflammatory diseases. *Toxins*. 2022. Vol. 14. № 7. P. 464. <https://doi.org/10.3390/toxins14070464>.
5. Clarke N.J., Tomlinson A.J., Schomburg G., Naylor S. Capillary isoelectric focusing of physiologically derived proteins with on-line desalting of isotonic salt concentrations. *Analytical Chemistry*. 1997. Vol. 69. № 14. P. 2786–2792. <https://doi.org/10.1021/ac9700546>.
6. Di Tommaso N., Gasbarrini A., Ponziani F.R. Intestinal barrier in human health and disease. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18. № 23. P. 12836. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312836>.
7. Firth A., Martin R., Cano G. Effect of Tonisity Px administration on pre-weaning mortality and weight gain. *48th Annual Meeting of the American Association of Swine Veterinarians*. 2017. P. 131–133.
8. Gieryńska M., Szulc-Dąbrowska L., Struzik J., Mielcarska M.B., Gregorczyk-Zboroch K.P. Integrity of the intestinal barrier: The involvement of epithelial cells and microbiota—a mutual relationship. *Animals*. 2022. Vol. 12. № 2. P. 145. <https://doi.org/10.3390/ani12020145>.
9. Jumaa M., Müller B.W. In vitro investigation of the effect of various isotonic substances in parenteral emulsions on human erythrocytes. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 1999. Vol. 9. № 2. P. 207–212. [https://doi.org/10.1016/S0928-0987\(99\)00061-4](https://doi.org/10.1016/S0928-0987(99)00061-4).
10. Kuthyar S., Diaz J., Avalos-Villatoro F., Maltecca C., Tiezzi F., Dunn R.R., Reese A.T. Domestication shapes the pig gut microbiome and immune traits from the scale of lineage to population. *Journal of Evolutionary Biology*. 2023. Vol. 36. № 12. P. 1695–1711. <https://doi.org/10.1111/jeb.14126>.
11. Masiuk D.M., Kokariyev A.V., Bal R., Nedzvetsky V.S. The isotonic protein mixture suppresses Porcine Epidemic Diarrhea Virus excretion and initiates intestinal defensive response. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2022. Vol. 10. № 2. P. 23–28. <https://doi.org/10.32819/2022.10009>.
12. Masiuk D.M., Romanenko E.R., Herrman B., Nedzvetsky V.S. Fibronectin measurement as a potential molecular marker for barrier function assessment of piglet intestine. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2023. Vol. 11. № 2. <https://doi.org/10.32819/2023.11006>.
13. Modina S.C., Polito U., Rossi R., Corino C., Di Giancamillo A. Nutritional regulation of gut barrier integrity in weaning piglets. *Animals*. 2019. Vol. 9. № 12. P. 1045. <https://doi.org/10.3390/ani9121045>.
14. Mörbe U.M., Jørgensen P.B., Fenton T.M., von Burg N., Riis L.B., Spencer J., Agace W.W. Human gut-associated lymphoid tissues (GALT); diversity, structure, and function. *Mucosal Immunology*. 2021. Vol. 14. № 4. P. 793–802. <https://doi.org/10.1038/s41385-021-00389-4>.
15. Ogobuiro I., Gonzales J., Shumway K.R., Tuma F. Physiology, gastrointestinal. In StatPearls. *StatPearls Publishing*. 2023. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470289/>.
16. Ramanan D., Cadwell K. Intrinsic defense mechanisms of the intestinal epithelium. *Cell Host & Microbe*. 2016. Vol. 19. № 4. P. 434–441. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2016.03.008>.
17. Xiao S., Chen Y., Sun Y., Gao Z., Du X., Li J., Zhao X., Liu D., Liu Z., Wang C., Sun Y. Dietary fiber ameliorates lipopolysaccharide-induced intestinal barrier function damage in piglets by modulation of intestinal microbiome. *mSystems*. 2021. Vol. 6. № 2. P. e01374–20. <https://doi.org/10.1128/msystems.01374-20>.
18. Yin L., Li J., Zhang Y., Yang Q., Yang C., Yi Z., Yin Y., Wang Q., Li J., Ding N., Zhang Z., Yang H., Yin Y. Changes in progenitors and differentiated epithelial cells of neonatal piglets. *Animal Nutrition*. 2022. Vol. 8. P. 265–276. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.07.006>.
19. Yuan C., Li Y., Zhang E., Jin Y., Yang Q., Yuan C. The mechanism of PEDV-carrying CD3+ T cells migrate into the intestinal mucosa of neonatal piglets. *Viruses*. 2021. Vol. 13. № 3. P. 469. <https://doi.org/10.3390/v13030469>.

Sheptukha O. A.

Postgraduate Student at the Department of Animal Physiology, Biochemistry and Laboratory Diagnostics,
Dnipro State Agrarian and Economic University

Dnipro, Ukraine

E-mail: shepto@icloud.com

ORCID: 0009-0000-5860-5385

Masiuk D. M.*Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Head of the Department of Animal Physiology, Biochemistry and Laboratory Diagnostics,
Dnipro State Agrarian and Economic University
Dnipro, Ukraine***E-mail:** dimasiuk@gmail.com**ORCID:** 0000-0002-2800-2580

INTERRELATIONSHIPS BETWEEN THE EXPRESSION OF MOLECULAR MARKERS AND THE STATE OF THE MYCOBIOME IN THE DUODENUM OF PIGLETS

Abstract

This study presents the results of a comprehensive investigation aimed at identifying the relationships between the expression of key molecular markers of the intestinal epithelium (E-CAD, fibronectin, IFN- α , TNF- α , GFAP, Casp-3) and the state of the microbiome in the small intestine of piglets during the early postnatal period. The relevance of the research is driven by the need for a deeper understanding of the mechanisms involved in the establishment of intestinal barrier and immune functions, especially under the influence of biologically active nutraceutical compounds. The experiment involved 168 three-breed hybrid piglets of DanBred genetics divided into control and experimental groups. From days 3 to 8 of life, piglets in the experimental group were administered an isotonic protein mixture (IPM). On days 9, 21, and 35, samples of the duodenum and jejunum tissues were collected for analysis of molecular marker expression using the Western blot method, along with intestinal content samples for bacteriological evaluation. It was found that both groups demonstrated strong positive correlations among adhesion molecules, extracellular matrix proteins, pro-inflammatory markers, glial activation, and apoptosis indicators, suggesting coordinated involvement in shaping the functional state of the intestinal barrier. In the control group, a high presence of *Escherichia coli* and *Staphylococcus* spp. was associated with elevated expression of inflammatory and apoptotic markers, indicating potential pathogenic pressure from these taxa. In contrast, piglets that received IPM showed microbiome stabilization, reduced inflammatory signaling intensity, maintained intra-network correlations between molecular markers, and diminished susceptibility to colonization by conditionally pathogenic bacteria. The most pronounced effects of IPM were observed on day 35, when enhanced coordination in the “microbiome – epithelium – neuroimmune response” axis was recorded. These findings support the potential of IPM as an effective modulator of neuroepithelial homeostasis and a promising tool for maintaining gut health in piglets during critical developmental stages.

Key words: piglets, intestine, molecular markers, isotonic protein mixture, weaning.

References

1. Amatucci, L., Luise, D., Correa, F., Bosi, P., & Trevisi, P. (2022). Importance of breed, parity and sow colostrum components on litter performance and health. *Animals*, 12 (10), 1230. <https://doi.org/10.3390/ani12101230> [in English].
2. Buzoianu, S.G., Firth, A.M., Putrino, C., & Vannucci, F. (2020). Early-life intake of an isotonic protein drink improves the gut microbial profile of piglets. *Animals*, 10 (5), 879. <https://doi.org/10.3390/ani10050879> [in English].
3. Campbell, J.M., Crenshaw, J.D., & Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4 (1), 19. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-19> [in English].
4. Chen, H., Zhang, J., He, Y., Lv, Z., Liang, Z., Chen, J., Li, P., Liu, J., Yang, H., Tao, A., & Liu, X. (2022). Exploring the role of *Staphylococcus aureus* in inflammatory diseases. *Toxins*, 14 (7), 464. <https://doi.org/10.3390/toxins14070464> [in English].
5. Clarke, N.J., Tomlinson, A.J., Schomburg, G., & Naylor, S. (1997). Capillary isoelectric focusing of physiologically derived proteins with on-line desalting of isotonic salt concentrations. *Analytical Chemistry*, 69 (14), 2786–2792. <https://doi.org/10.1021/ac9700546> [in English].
6. Di Tommaso, N., Gasbarrini, A., & Ponziani, F.R. (2021). Intestinal barrier in human health and disease. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (23), 12836. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312836> [in English].
7. Firth, A., Martin, R., & Cano, G. (2017). Effect of Tonisity Px administration on pre-weaning mortality and weight gain. *48th Annual Meeting of the American Association of Swine Veterinarians*, 131–133 [in English].
8. Gieryńska, M., Szulc-Dąbrowska, L., Struzik, J., Mielcarska, M.B., & Gregorczyk-Zboroch, K.P. (2022). Integrity of the intestinal barrier: The involvement of epithelial cells and microbiota—a mutual relationship. *Animals*, 12 (2), 145. <https://doi.org/10.3390/ani12020145> [in English].
9. Jumaa, M., & Müller, B.W. (1999). In vitro investigation of the effect of various isotonic substances in parenteral emulsions on human erythrocytes. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 9 (2), 207–212. [https://doi.org/10.1016/S0928-0987\(99\)00061-4](https://doi.org/10.1016/S0928-0987(99)00061-4) [in English].
10. Kuthyar, S., Diaz, J., Avalos-Villatoro, F., Maltecca, C., Tiezzi, F., Dunn, R. R., & Reese, A.T. (2023). Domestication shapes the pig gut microbiome and immune traits from the scale of lineage to population. *Journal of Evolutionary Biology*, 36 (12), 1695–1711. <https://doi.org/10.1111/jeb.14126> [in English].
11. Masiuk, D.M., Kokariev, A.V., Bal, R., & Nedzvetsky, V.S. (2022). The isotonic protein mixture suppresses Porcine Epidemic Diarrhea Virus excretion and initiates intestinal defensive response. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 10 (2), 23–28. <https://doi.org/10.32819/2022.10009> [in English].
12. Masiuk, D.M., Romanenko, E.R., Herrman, B., & Nedzvetsky, V.S. (2023). Fibronectin measurement as a potential molecular marker for barrier function assessment of piglet intestine. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 11 (2). <https://doi.org/10.32819/2023.11006>.
13. Modina, S.C., Polito, U., Rossi, R., Corino, C., & Di Giancamillo, A. (2019). Nutritional regulation of gut barrier integrity in weaning piglets. *Animals*, 9 (12), 1045. <https://doi.org/10.3390/ani9121045> [in English].

14. Mörbe, U.M., Jørgensen, P.B., Fenton, T.M., von Burg, N., Riis, L.B., Spencer, J., & Agace, W.W. (2021). Human gut-associated lymphoid tissues (GALT); diversity, structure, and function. *Mucosal Immunology*, 14 (4), 793–802. <https://doi.org/10.1038/s41385-021-00405-8> [in English].
15. Ogobuiro, I., Gonzales, J., Shumway, K.R., & Tuma, F. (2023). Physiology, gastrointestinal. In StatPearls. *Statepearls Publishing*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470289/> [in English].
16. Ramanan, D., & Cadwell, K. (2016). Intrinsic defense mechanisms of the intestinal epithelium. *Cell Host & Microbe*, 19 (4), 434–441. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2016.03.008> [in English].
17. Xiao, S., Chen, Y., Sun, Y., Gao, Z., Du, X., Li, J., Zhao, X., Liu, D., Liu, Z., Wang, C., & Sun, Y. (2021). Dietary fiber ameliorates lipopolysaccharide-induced intestinal barrier function damage in piglets by modulation of intestinal microbiome. *mSystems*, 6 (2), e01374-20. <https://doi.org/10.1128/msystems.01374-20> [in English].
18. Yin, L., Li, J., Zhang, Y., Yang, Q., Yang, C., Yi, Z., Yin, Y., Wang, Q., Li, J., Ding, N., Zhang, Z., Yang, H., & Yin, Y. (2022). Changes in progenitors and differentiated epithelial cells of neonatal piglets. *Animal Nutrition*, 8, 265–276. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.07.006> [in English].
19. Yuan, C., Li, Y., Zhang, E., Jin, Y., Yang, Q., & Yuan, C. (2021). The mechanism of PEDV-carrying CD3+ T cells migrate into the intestinal mucosa of neonatal piglets. *Viruses*, 13 (3), 469. <https://doi.org/10.3390/v13030469> [in English].

Отримано: 25.06.2025

Рекомендовано: 04.08.2025

Опубліковано: 29.08.2025

Науково-практичне видання

Scientific-practical edition

**ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК:
сільське господарство,
техніка, економіка**

**PODILIAN BULLETIN:
agriculture, engineering,
economics**

Міжнародний науковий журнал

International scientific journal

Випуск 3(48) 2025

Issue 3(48) 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. 0525/417. 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 0525/417. E-mail: mailbox@helvetica.ua
Certificate of the subject of publishing business
DK No. 7623 dated June 22, 2022