

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 2 (47)



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК: СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ТЕХНІКА, ЕКОНОМІКА

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ, ТЕХНІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ І ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Заснований у 2005 р.

Випуск 2 (47)
<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2>
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 № 6 від 29.05.2025 р.)

Підписано до друку 30.05.2025 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 2 (47)



“Helvetica”
Publishing House
2025

PODILIAN BULLETIN: AGRICULTURE, ENGINEERING, ECONOMICS

AGRICULTURAL, TECHNICAL, ECONOMIC AND VETERINARY SCIENCES

Founded in 2005

Issue 2 (47)

<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2>
Periodicity: 4 times a year

pISSN 2706-9052

eISSN 2706-851X

Founder: Higher Educational Institution «Podillia State University»

Editor-in-Chief:

Ivanyshyn 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 Vrabel – 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 № 6 from 29.05.2025)

Signed for printing on 30.05.2025.

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., Тарасюк В. А., Потапський Ю. В. УДОСКОНАЛЕННЯ АГРОТЕХНІКИ ВИРОЩУВАННЯ БАЗИЛІКА ЗВИЧАЙНОГО (<i>OCIMUM BASILICUM L.</i>) В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	9
Вахняк В. С., Баранник А. В. ОПТИМІЗАЦІЯ СПІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ І БІОСТИМУЛЯТОРІВ У ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ.....	15
Винокурова Н. В., Солоха М. О. АПРОКСИМАЦІЯ ДАНИХ, ВИЗНАЧЕНИХ МЕТОДОМ СЕДИМЕНТАЦІЇ ЗА ДСТУ ISO 11277:2005 І МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЇ ДИФРАКЦІЇ	24
Вінюков О. О., Лапко О. Б. РЕАКЦІЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ РІЗНОВИДІВ <i>LUTESCENS</i> ТА <i>ERYTHROSPERMUM</i> НА ТЕРМІНИ СІВБИ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ	30
Ганзюк Т. О., Приліпко Т. М., Шуляр А. Л. ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОВИХ ПРОГРАМ НА ПРОДУКТИВНІ І ВІДТВОРНІ ПОКАЗНИКИ ІНДИЧОК	37
Григораш П. Б., Горюк Ю. В., Кухтин М. Д., Горюк В. В. МІКРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА БІОАЕРОЗОЛЮ В БОКСАХ ДЛЯ ВІДГОДІВЛІ СВИНЕЙ.....	42
Грицюк Н. В. ЕФЕКТИВНІСТЬ БАКОВИХ СУМІШЕЙ ПРОТИ КОМПЛЕКСУ ШКІДЛИВОЇ БІОТИ В ПОСІВАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО	52
Данюк Ю. С., Данюк В. О., Кирильчук А. М., Ковальчук Є. С., Линчак Н. Б., Барбан О. Б. НАРОСТАННЯ ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ ДРУГОГО ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕРМІНУ ЗАГОТІВЛІ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ГЕЛЮ АБСОРБЕНТУ	59
Захарін В. В., Трохименко В. З., Ковальчук Т. І., Безверха Л. М., Пирожок М. А. ЗНАЧЕННЯ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО БЛАГОПОЛУЧЧЯ ТВАРИННИЦТВА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОГО РІВНЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИН І ЯКОСТІ ТВАРИННИЦЬКОЇ СИРОВИНИ	69
Іванишин В. В., Рудь А. В., Грушецький С. М., Корчак М. М. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПАКТНОСТІ ҐРУНТІВ.....	77
Кравченко В. С., Крикун С. П. ЕКОЛОГІЧНЕ ВИПРОБУВАННЯ СЕРЕДНЬОСТИГЛИХ СОРТІВ СОЇ КУЛЬТУРНОЇ В КОНТРАСТНИХ УМОВАХ ДОВКІЛЛЯ.....	86
Кушнірук Т. М., Петрище О. І. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ	93
Ничипорук О. О., Пузняк О. М. ДОСЯГНЕННЯ Й ПЕРСПЕКТИВИ СЕЛЕКЦІЇ ЛЮПИНУ ЖОВТОГО В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ.....	98
Овчарук В. І., Козіна Т. В. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІД ПОСІВИ ОЗИМИХ КАПУСТЯНИХ КУЛЬТУР	105
Овчарук О. В., Овчарук В. І., Ткач О. В., Скриник О. А., Аветісян Г. А. ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ, СОРТУ ТА УДОБРЕННЯ НА ФРАКЦІЙНИЙ І АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД БІЛКА ЗЕРНА КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ.....	110
Печенюк В. А., Григор'єв В. М., Печенюк А. В. АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ТОПОЛІ ЯК ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ В УМОВАХ УКРАЇНИ.....	117
Писаренко П. В., Самойлік М. С., Диченко О. Ю., Шпирна В. Г., Жилін О. С. МЕХАНІЗМ ДІЇ ПЛАСТОВОЇ МІНЕРАЛІЗОВАНОЇ ВОДИ НА КУЛЬТУРНІ РОСЛИНИ Й БУР'ЯНИ.....	124

Свергун Ж. Г., Кухтин М. Д. ОЦІНЮВАННЯ БАКТЕРИЦИДНОЇ ДІЇ ВОДНОЇ ФОРМИ ОЗОНУ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ЯЄЦЬ	132
Тирус М. Л. ВПЛИВ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ НА ПРОХОДЖЕННЯ ФАЗ ВЕГЕТАЦІЇ СОРТІВ АМАРАНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ДОБРИВ	141
Ткачук В. П., Шуляр А. Л., Шуляр А. Л., Лісогурська Д. В., Лісогурська О. В., Фурман С. В. ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА: СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ВІТЧИЗНЯНІ ПЕРСПЕКТИВИ	147
Яценко Н. В., Бурковецький О. О. ВПЛИВ СХЕМИ РОЗМІЩЕННЯ І ГУСТОТИ РОСЛИН НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИНИ ЗВИЧАЙНОЇ (<i>CUCUMIS MELO L.</i>) В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	154

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Chaikovska O. V., Chaikovskiy O. V. PROSPECTS FOR GREEN PILGRIMAGE IN THE KHMELNYTSKYI REGION: THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF THE CAMINO PODOLICO.....	160
Гайбура Ю. А. ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПІДПРИЄМСТВА: СУТНІСТЬ І ЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ НЕГАТИВНИХ ВПЛИВІВ	166
Кушнір В. О. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТРАТЕГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ: ВИКЛИКИ Й ПЕРСПЕКТИВИ	171
Чукурна О. П., Корольов О. П. ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЙ У СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ АГРАРНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ	176

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Olenyuk O. A., Semenysheva R. V. EVALUATION OF EXISTING MILLIMETER-WAVE RADIATION SYSTEMS FOR PRE-SOWING SEED TREATMENT	183
Грабар І. Г., Кульман С. М., Ксюковський О. В., Дубовик Д. А. КОНСТРУЮВАННЯ, 3D-ДРУК ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРКОЛЯЦІЙНО-ФРАКТАЛЬНИХ КОМПОЗИТНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	188

ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Prosyanyi S. B., Horiuk Yu. V., Horiuk V. V. ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING TICK INFESTATIONS IN DOGS	198
Приліпко Т. М., Богатко Н. М., Богатко А. Ф., Руснак Л. В., Вакуленко Н. О. АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ЗАКОНОДАВСТВА ЩОДО ХАРЧОВОЇ БЕЗПЕКИ	205

CONTENTS

AGRICULTURAL SCIENCES

Bezvikonnyy P. V., Tarasiuk V. A., Potapsky Yu. V. IMPROVEMENT AGROTECHNICS OF GROWING COMMON BASIL (<i>OCIMUM BASILICUM</i> L.) IN THE WESTERN FOREST-STEPPE	9
Vakhnyak V. S., Barannyk A. V. OPTIMIZATION OF THE COMBINED USE OF HERBICIDES AND BIOSTIMULANTS IN CORN	15
Vynokurova N. V., Solokha M. O. APPROXIMATION OF DATA DETERMINED BY THE SEDIMENTATION METHOD ACCORDING TO DSTU ISO 11277:2005 AND BY THE LASER DIFFRACTION METHOD	24
Viniukov O. O., Lapko O. B. RESPONSE OF WINTER WHEAT VARIETIES OF <i>LUTESCENS</i> AND <i>ERYTHROSPERMUM</i> TO SOWING TIMES IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE.....	30
Hanziuk T. O., Prylipko T. M., Shuliar A. L. INFLUENCE OF PARAMETERS OF LIGHT PROGRAMS ON PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF TURKEYS	37
Grigorash P. B., Horiuk Y. V., Kukhtyn M. D., Horiuk V. V. MICROBIOLOGICAL EVALUATION OF BIOAEROSOL IN PIG FATTENING PENS	42
Hrytsiuk N. V. EFFECTIVENESS OF TANKS AGAINST THE COMPLEX OF HARMFUL BIOTA IN SPRING BARLEY CROPS	52
Daniuk Yu. S., Daniuk V. O., Kyrylchuk A. M., Lynchak N. B., Barban O. B. GROWTH OF VEGETATIVE MASS OF ENERGY WILLOW IN THE SECOND GROWING SEASON DEPENDING ON THE TERM OF HARVESTING OF PLANTING MATERIAL AND APPLICATION OF ABSORBENT GEL	59
Zakharin V. V., Trokhymenko V. Z., Kovalchuk T. I., Bezverkha L. M., Pyrozhok M. A. THE IMPORTANCE OF CLIMATE-ORIENTED LIVESTOCK WELFARE FOR ENSURING HIGH LEVELS OF ANIMAL PRODUCTIVITY AND QUALITY OF ANIMAL RAW MATERIALS.....	69
Ivanyshen V. V., Rud A. V., Hrushetskyi S. M., Korchak M. M. RESULTS OF RESEARCH OF SOIL COMPACTNESS	77
Kravchenko V. S., Krykun S. P. ECOLOGICAL TESTING OF MID-SEASON VARIETIES OF SOYBEAN IN CONTRASTING CONDITIONS OF ENVIRONMENT	86
Kushniruk T. M., Petryshche O. I. ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF INFORMATION SUPPORT FOR AGRICULTURAL LAND USE IN UKRAINE	93
Nychporuk O. O., Puzniak O. M. ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF YELLOW LUPINE BREEDING IN THE CONDITIONS OF POLISSIA OF UKRAINE.....	98
Ovcharuk V. I., Kozina T. V. FEATURES OF THE APPLICATION OF ORGANO-MINERAL FERTILIZERS FOR SOWING WINTER CABBAGE CROPS.....	105
Ovcharuk O. V., Ovcharuk V. I., Tkach O. V., Skrynyk O. A., Avetisyan G. A. INFLUENCE OF SOWING TIME, VARIETY AND FERTILIZATION ON THE FRACTIONAL AND AMINO ACID COMPOSITION OF COMMON BEAN GRAIN PROTEIN	110
Pecheniuk V. A., Hryhoriev V. M., Pecheniuk A. V. AGROTECHNOLOGICAL ASPECTS OF GROWING POPLAR AS AN ENERGY CROP UNDER UKRAINIAN CONDITIONS	117
Pysarenko P. V., Samoilik M. S., Dychenko O. Yu., Shpyrna V. H., Zhilin O. S. MECHANISM OF ACTION OF FORMATIONAL MINERALIZED WATER ON CULTIVATED PLANTS AND WEEDS.....	124
Sverhun Zh. G., Kukhtyn M. D. ASSESSMENT OF BACTERICIDAL ACTION OF AQUEOUS OZONE TO DISINFECTED THE SURFACE OF EGGS	132

Tyrus M. L. INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE PASSAGE OF VEGETATION PHASES OF AMARANTH VARIETIES DEPENDING ON FERTILISER RATES	141
Tkachuk V. P., Shuliar A. L., Shuliar A. L., Lisohurska D. V., Lisohurska O. V., Furman S. V. AQUATIC BIORESOURCES AND AQUACULTURE: GLOBAL TRENDS AND NATIONAL PROSPECTS	147
Yatsenko N. V., Burkovetskyi O. O. THE INFLUENCE OF THE PLACEMENT SCHEME AND PLANT DENSITY ON YIELD AND BIOMETRIC INDICATORS OF THE COMMON MELON (<i>CUCUMIS MELO</i> L.) IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE	154

ECONOMY

Chaikovska O. V., Chaikovskiy O. V. PROSPECTS FOR GREEN PILGRIMAGE IN THE KHMELNYTSKYI REGION: THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF THE CAMINO PODOLICO.....	160
Haibura Yu. A. FINANCIAL AND ECONOMIC POTENTIAL OF AN ENTERPRISE: ESSENCE AND SIGNIFICANCE IN THE CONDITIONS OF NEGATIVE INFLUENCES	166
Kushnir V. O. ECOLOGICAL ASPECTS OF STRATEGIC MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES: CHALLENGES AND PROSPECTS.....	171
Chukurna O. P., Korolov O. P. INTEGRATION OF DIGITAL MARKETING COMMUNICATIONS IN THE STRATEGY FOR DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL INDUSTRY OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF GLOBALIZATION	176

TECHNICAL SCIENCES

Olenyuk O. A., Semenyshena R. V. EVALUATION OF EXISTING MILLIMETER-WAVE RADIATION SYSTEMS FOR PRE-SOWING SEED TREATMENT	183
Grabar I. G., Kulman S. M., Ksiukovskyi O. V., Dubovik D. A. DESIGN, 3D PRINTING AND EXPERIMENTAL STUDY OF PERCOLATION-FRACTAL COMPOSITE STRUCTURAL ELEMENTS	188

VETERINARY SCIENCES

Prosyanyi S. B., Horiuk Yu. V., Horiuk V. V. ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING TICK INFESTATIONS IN DOGS	198
Prylipko T. M., Bogatko N. M., Bogatko A. F., Rusnak L. V., Vakulenko N. O. ANALYSIS OF INTERNATIONAL LEGISLATION ON FOOD SAFETY	205

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

УДК 633.8

Безвіконний П. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: bezvikonnyi777@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4922-1763

Тарасюк В. А.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: valeratarasuk003@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4207-1013

Потапський Ю. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри садово-паркового господарства, геодезії та землеустрою,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: yurapotap@ukr.net

ORCID: 0000-0001-6446-9471

УДОСКОНАЛЕННЯ АГРОТЕХНІКИ ВИРОЩУВАННЯ БАЗИЛІКА ЗВИЧАЙНОГО (*OCIMUM BASILICUM L.*) В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

У статті представлено результати досліджень щодо впливу гумінових препаратів на ріст і розвиток рослин базилика звичайного в умовах західного Лісостепу України. Установлено, що під час оброблення гуміновим препаратом Фульвігрейн стимул рівень умісту малонового діальдегіду знизився в 1,5–1,8 раза порівняно з контролем. Застосування препарату Натурвітал Плюс забезпечило вміст малонового діальдегіду на рівні 0,24 нмоль/мг, що на 45% менше порівняно з контролем. Застосування біопрепаратів впливає на підвищення концентрації ефірної олії в листках базилика звичайного сорту Едвіна. Так, найвищий вміст ефірної олії був на варіанті й із унесенням препарату Натурвітал Плюс – 1,81%.

Установлено, що найбільша висота рослин сорту Едвіна була в разі застосування препарату Натурвітал Плюс – 43,4 см, що на 9,5 см вище за контроль. Використання препарату Фульвігрейн стимул дало змогу отримати висоту рослин на рівні 40,9 см, що на 7,0 см вище порівняно з контролем. Найменший приріст висоти рослин базилика звичайного сорту Едвіна отримали при внесенні Гуміфілд Форте Аміно (37,4 см).

Упродовж років досліджень визначено, що застосування препарату Фульвігрейн стимул дало отримати масу рослини на рівні 100 г, що на 34 г більше за контроль. Використання Гуміфілд Форте Аміно дало можливість отримати прибавку на рівні 25,3 г. Найбільший приріст маси рослини був за використання гумінового препарату Натурвітал Плюс – 57,2 г.

Установлено, що під час обробки посівів препаратом Фульвігрейн стимул відбувалося збільшення діаметра рослини на 6,4 см, Гуміфілд Форте Аміно – 3,8 см, а Натурвітал Плюс – на 11,8 см. Застосування гумінових препаратів позитивно впливає також і на кількість листків і суцвіть на одній рослині базилика звичайного сорту Едвіна. Так, найбільшу кількість листків спостерігали при внесенні препарату Натурвітал Плюс – 88,6 шт., що на 57,1% вище за контроль. Найбільша кількість суцвіть була при внесенні препарату Натурвітал Плюс – 18,1 шт., що на 3,3 шт. більше за контроль.

Ключові слова: базилик, малоновий дигальдегід, гумінові препарати, біометричні показники, ефірна олія.

Вступ. Агрокліматичні умови Західного Лісостепу України сприяють вирощуванню різноманітних лікарських рослин, які використовуються як у науковій, так і в народній медицині. Однією з найпоширеніших культивованих лікарських рослин є, зокрема, базилик звичайний.

Базилик звичайний має й цінні лікарські властивості. Листки з рослин покращують травлення, знімають спазм, а основна діюча речовина – ефірна олія – має антимікробні та протиглісні властивості. Рослину застосовують як збудливий засіб за пригнічення центральної нервової системи, послаблення функцій дихання, порушення кровообігу та як зміцнювальний засіб за астенії [4]. Крім цього, препарати з базилику підсилюють циркуляцію крові, покращують роботу травного тракту, знімають зубний біль і здуття кишківника, а також успішно лікують низку гінекологічних захворювань [5].

Васильки справжні широко використовуються також у різних галузях харчової промисловості, зокрема в консервній. Їх використовують при виготовленні кетчупів, соусів, підливок, як пряну приправу до салатів, м'ясних, рибних і дієтичних страв [8].

Васильки справжні – це ціла аптека корисних незамінних природних речовин, що використовують не лише для лікування, а й для профілактики. Широке використання зеленої маси васильків справжніх у харчуванні людей, у консервуванні харчових продуктів, лікєро-горілчаній промисловості, безперечно, збільшує попит і потребу в якісній, вітчизняній, дешевій сировині прямих ефіроолійних культур.

В оптимізації мінерального живлення рослин на перший план виходять власне «тонкі» технології, зокрема розроблення теоретичних засад і практичне втілення гуматних добрив, які проявляють себе на рівні мікроконцентрацій [9].

Ці препарати підвищують стійкість рослин до різних несприятливих факторів (засухи, заморозків, дії пестицидів); здатні відновлювати родючість ґрунту, а саме відтворювати гумус, який створюється протягом століть, а руйнується дуже швидко; підвищують урожайність сільськогосподарських культур, вивільняючи мінерали й поживні речовини, які знаходяться у «зв'язаному» стані, створюючи легко доступні для рослин форми; покращують харчові якості й екологічну чистоту продукції [1, 7].

Дослідженнями М.Й. Шевчук, Т.П. Бортник довели, що використання гумінових препаратів сприяє підвищенню кількісних і якісних показників урожаю овочевих культур. Найкращий результат за вирощування огірка отримано при внесенні препаратів у фазу 2–4 листочків і на початку бутонізації, що забезпечило приріст урожайності до контролю на рівні 15,4–39,4%, залежно від форми гумату. За використання гумінових препаратів упродовж вегетації помідора відмічено, що п'ятиразова обробка препаратами (у фазу 2–4 листочків, на початку бутонізації, у фазу цвітіння, у фазу плодоношення й через 15 днів після останньої) забезпечила максимальний приріст урожаю плодів – на 25,0–34,4%. Щодо перцю солодкого, то максимальний ефект дії препаратів відмічено при замочуванні розсади й унесенні їх на початку бутонізації, що забезпечило зростання врожаю на 38,1–88,9% порівняно з контролем [10].

В.Г. Сергієнко зазначає, що найбільший урожай капусти забезпечило сумісне застосування фунгіциду Ровраль Аквафло (1,0 л/га) з Фульвіталом (150 г/га) – 48,5 т/га, що на 21,3% більше, ніж у контролі, і на 8,3% більше, ніж при застосуванні цього фунгіциду з повною нормою витрати (1,5 л/га) [7].

Згідно з даними П.В. Безвіконного й ін., маса листків буряка столового на варіантах із застосуванням препарату Гуміфілд перевищувала контроль (вода) на 18,8–28,5%, а маса коренеплодів – на 2,9–12,0%. Обробка гуміновими препаратами збільшувала врожайність коренеплодів за гібридами на 3,3–20,4% порівняно з контролем [2].

Таким чином, застосування стимуляторів росту, створених на основі солей гумінових кислот, відіграє важливу роль у підвищенні врожайності та якості сільськогосподарської продукції.

Мета роботи – вивчити вплив гумінових препаратів на ріст і розвиток рослин базилика звичайного в умовах Західного Лісостепу України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили впродовж 2022–2024 років на дослідному полі Навчально-виробничого центру «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет».

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий вилугуваний, мало гумусний, середньо суглинковий на лесовидних суглинках. Уміст гумусу (за Тюрнімом) у шарі ґрунту 0–3 см становить 3,9–4,4%. Уміст сполук азоту, що легко гідролізуються (за Корнфілдом), становить 102–145 мг/кг (високий), рухомого фосфору (за Чириковим) – 137–175 мг/кг (високий) та обмінного калію (за Чириковим) – 143–171 мг/кг ґрунту (високий).

Для проведення досліджень використано сорт васильків справжніх Едвіна, який належить до ранньостиглих високоврожайних сортів, компанії Enza Zaden (Нідерланди).

Розмір посівної ділянки становить 3 м², облікової – 2 м², повторність дослідів – чотирикратна. Розміщення варіантів – систематичне.

Рослини базилика обприскували гуміновими препаратами Фульвігрейн стимул (0,5–1,5 кг/га), Гуміфілд Форте Аміно (0,15–0,25 л/га), Натурвітал Плюс – 2,0 л/га. За контроль брали рослини оброблені водою.

Фенологічні спостереження, біометричні й фізіолого-біохімічні дослідження проводили за методиками Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка [3].

Ступінь розвитку оксидативного стресу, а отже, і характер його впливу на рослину можна оцінити за інтенсивністю пероксидного окиснення ліпідів біомембран (далі – ПОЛ), кінцевим продуктом якого є малоновий діальдегід (далі – МДА). Накопичення МДА вказує на відповідь рослини до впливу зовнішніх факторів [6].

За результатами досліджень, встановлено, що на вміст МДА у базилику звичайному істотно впливає застосування гумінових препаратів, кожний із яких тією чи іншою мірою впливає на розвиток оксидативного стресу та змінює його концентрацію в біомасі (таблиця 1).

При обробці гуміновим препаратом Фульвігрейн стимул рівень вмісту МДА знизився в 1,5–1,8 раза порівняно з контролем. Застосування препарату Натурвітал Плюс забезпечило вміст МДА на рівні 0,24 нмоль/мг, що на 45% менше порівняно з контролем. Контроль вмісту МДА в листках рослин є важливим показником реакції у відповідь на стрес, ступеня опору цьому впливу. Так, оксидативний стрес виникає, коли рослина зазнає впливу зовнішніх факторів навколишнього середовища. Коли виникає оксидативний стрес, перекисне окислення ненасичених жирних кислот призводить до підвищення концентрації ліпідів, і через вплив вільних радикалів на ліпіди утворюються різні хімічні сполуки, включаючи МДА. Крім того, міцність клітинних мембран безпосередньо пов'язана з виробленням МДА як продукту розкладання ненасичених жирних кислот мембран. Чим менше виділяється МДА, тим міцнішою може бути клітинна мембрана.

Таблиця 1. Вплив гумінових препаратів на вміст малонового діальдегіду й вміст ефірної олії в листках базилика звичайного сорту Едвіна (середнє за 2022–2024 роки)

Варіант	Уміст ефірної олії, %	Уміст МДА, нмоль/мг сирої маси
Без унесення (контроль)	0,79	0,37
Фульвігрейн стимул	1,70	0,22
Гуміфілд Форте Аміно	1,02	0,32
Натурвітал Плюс	1,81	0,24

Результати дослідження також показують, що застосування біопрепаратів може впливати на підвищення концентрації ефірної олії в листках базилика звичайного сорту Едвіна. Так, найвищий уміст ефірної олії був на варіанті й з унесенням препарату Натурвітал Плюс – 1,81%. Стимулювальний вплив гумінових препаратів на посівах базилика звичайного здебільшого зумовлений механізмом їх дії. При цьому найменший уміст ефірної олії з-поміж досліджуваних препаратів спостерігали на варіанті з унесення Гуміфілд Форте Аміно – 1,02%, однак на 0,23% вище за контроль. Збільшення збирання високоякісних ефірних олій з одиниці площі, особливо для органічного сільського господарства при малій кількості вільних незабруднених токсинами територій, є сьогодні важливим завданням.

Аналіз результатів вимірювань рослин свідчить про те, що в середньому за 2022–2024 роки найбільша висота рослин сорту Едвіна при застосуванні препарату Натурвітал Плюс – 43,4 см, що на 9,5 см вище за контроль (таблиця 2).

Таблиця 2. Висота рослин базилика звичайного за обробки гуміновими препаратами, см

Варіант	Роки досліджень			Середнє за 2022–2024 роки
	2022	2023	2024	
Без унесення (контроль)	33,9	33,8	34,1	33,9
Фульвігрейн стимул	41,9	41,2	39,5	40,9
Гуміфілд Форте Аміно	38,4	37,8	36,1	37,4
Натурвітал Плюс	43,6	43,8	42,8	43,4

Використання препарату Фульвігрейн стимул дало змогу отримати висоту рослин на рівні 40,9 см, що на 7,0 см вище порівняно з контролем. Найменший приріст висоти рослин базилику звичайного сорту Едвіна отримали при внесенні Гуміфілд Форте Аміно (37,4 см).

Варто відмітити, що речовини гумінової природи справили позитивний вплив на збільшення діаметра й маси рослин базилика звичайного сорту Едвіна (таблиця 3).

Збільшення маси й діаметра рослини тісно пов'язано з покращенням поглинання елементів живлення при обробці гуміновими препаратами, виробленням фітогормонів, таких як ауксин, і стимулюванням росту ґрунтової мікрофлори. Застосування препарату Фульвігрейн стимул дало змогу отримати масу рослини на рівні 100 г, що на 34 г більше за контроль. Використання Гуміфілд Форте Аміно дало змогу отримати прибавку на рівні 25,3 г. Найбільший приріст маси рослини був за використання гумінового препарату Натурвітал Плюс – 57,2 г.

Таблиця 3. Вплив гумінових препаратів на морфометричні показники рослин базилика звичайного сорту Едвіна (середнє 2022–2024 роки)

Варіант	Маса рослини, г	Діаметр рослини, см	Діаметр кореня, мм
Без унесення (контроль)	66,0	29,0	4,1
Фульвігрейн стимул	100,0	35,4	5,1
Гуміфілд Форте Аміно	91,3	32,8	4,4
Натурвітал Плюс	123,2	40,8	5,2

У разі застосування додаткових факторів технології, а саме гумінових препаратів, більший діаметр рослини є кращим, оскільки дає змогу сформувати більше виповненого насіння.

Отже, встановлено, що при обробці посівів препаратом Фульвігрейн стимул збільшувався діаметр рослини в середньому за роки досліджень на 6,4 см, Гуміфілд Форте Аміно – 3,8 см, а Натурвітал Плюс – на 11,8 см.

З'ясовано, що гумінові препарати суттєво не впливали на зміни діаметра кореня.

З даних таблиці 4 видно, що застосування гумінових препаратів позитивно впливає також і на кількість листків і суцвіть на одній рослині базилика звичайного сорту Едвіна.

Таблиця 4. Вплив гумінових препаратів на кількість листків і суцвіть на одній рослині базилика звичайного сорту Едвіна, шт. (середнє 2022–2024 роки)

Варіант	Кількість листків, шт.	Кількість суцвіть, шт.
Без внесення (контроль)	56,4	14,8
Фульвігрейн стимул	76,4	16,9
Гуміфілд Форте Аміно	70,5	16,3
Натурвітал Плюс	88,6	18,1

Так, найбільшу кількість листків спостерігали при внесенні препарату Натурвітал Плюс – 88,6 шт., що на 57,1% вище за контроль контролю. При застосуванні Фульвігрейн стимул – 76,4 шт., що на 35,5% вище, а Гуміфілд Форте Аміно – 70,5 шт., або на 25% вище, відповідно. Визначено, що застосування гумінових препаратів сприяло збільшенню кількості суцвіть. У середньому за три роки найбільша кількість суцвіть була при внесенні препарату Натурвітал Плюс – 18,1 шт., що на 3,3 шт. більше за контроль.

Висновки. В умовах західного Лісостепу використання гумінових препаратів позитивно вплинуло на ріст і розвиток базилика звичайного. Застосування препарату Натурвітал Плюс забезпечило вміст малонового діальдегіду на рівні 0,24 нмоль/мг, що на 45% менше порівняно з контролем. Обробка препаратом Фульвігрейн стимул зумовила зниження в 1,5–1,8 раза МДА порівняно з контролем. Найвищий вміст ефірної олії був на варіанті й з унесенням препарату Натурвітал Плюс – 1,81%.

Найбільша висота рослин сорту Едвіна була при застосуванні препарату Натурвітал Плюс – 43,4 см, що на 9,5 см вище за контроль. Найбільший приріст маси рослини також був за використання гумінового препарату Натурвітал Плюс і становив 57,2 г. Крім того, визначено, що при внесенні препарату Натурвітал Плюс спостерігали й найбільшу кількість листків – 88,6 шт., що на 57,1% вище за контроль, і найбільшу кількість суцвіть – 18,1 шт.

Список використаних джерел

- Басанець О. Досвід використання стимуляторів росту рослин Soil Biotics. 2016. URL: <https://superagronom.com/articles/14-bagatiy-dosvid-dlya-bagatih-vrojajiv-stimulyatori-rostu-roslin-soilbiotics>.
- Безвіконний П.В., Тарасюк В.А., Потапський Ю.В. Формування урожайності коренеплодів буряка столового за застосування гумінових препаратів. *Таврійський науковий вісник. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2022. Вип. 125. С. 10–17.
- Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків : Основа, 2001. 370 с.
- Жарінов В.І., Остапенко А.І. Вирощування лікарських, ефіроолійних, пряносмакових рослин. Київ : Вища школа, 1994. 234 с.
- Ефіроолійні рослини : навчальний посібник / М.І. Бахмат, О.В. Квашук, В.Я. Хоміна, М.В. Загородний, М.М. Сучек. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2012. 312 с.
- Коротка І.О., Шерстюк Ю. Система антиоксидантного захисту васильків справжніх залежно від компонентного складу субстрату. *Актуальні питання виробництва плодоовочевої продукції та винограду* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 22 квітня 2021 р.). Мелітополь, 2021. С. 113–115.
- Сергієнко В. Рістрегулюючий та захисний ефект гумінових речовин. 2013. URL: <http://agro-business.com.ua/agro-ahronomii-sohodni/item/320-ristrehuliuichyi-ta-zakhysnyi-efekt-huminovykh-rechovyn.html>.
- Трояновська О.М. Вміст поживних речовин та ефірного масла у зеленій масі базилика звичайного. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*. 2012. Вип. 14. С. 351–353.
- Турак О.Ю., Панас В.Д. Вплив гумусових стимуляторів росту на продуктивність ячменю ярого в умовах Передкарпаття. *Досягнення та концептуальні напрями розвитку сільськогосподарської науки в сучасному світі* : матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (27 листопада 2018 р., с. Олександрівка, Дніпропетровська обл.). Дніпро, 2018. 164 с.

10. Шевчук М.Й., Бортнік Т.П. Гумінові препарати – складова органічного землеробства. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : збірник матеріалів доп. учасн. II Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : Полісся, 2014. С. 272–275.

Bezvikonnyy P. V.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Landscaping, Geodesy and Land Management,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: peterua@meta.ua
ORCID: 0000-0003-4922-1763*

Tarasiuk V. A.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: valeratarasuk003@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4207-1013*

Potapsky Yu. V.

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

IMPROVEMENT AGROTECHNICS OF GROWING COMMON BASIL (*OCIMUM BASILICUM* L.) IN THE WESTERN FOREST-STEPPE

Abstract

The article presents the results of studies on the influence of humic preparations on the growth and development of basil plants in the western Forest-steppe of Ukraine. It was found that when treated with the humic preparation Fulvigrain Stimulus, the level of malondialdehyde content decreased by 1.5–1.8 times compared to the control. The use of the preparation Naturvital Plus ensured the content of malondialdehyde at the level of 0.24 nmol/mg, which is 45% less compared to the control. The use of biological preparations affects the increase in the concentration of essential oil in the leaves of basil of the Edwina variety. Thus, the highest content of essential oil was in the variant with the addition of the preparation Naturvital Plus – 1.81%.

It was found that the greatest height of plants of the Edwina variety was when using the drug Naturvital Plus – 43.4 cm, which is 9.5 cm higher than the control. The use of the drug Fulvigrain Stimulus allowed to obtain a plant height of 40.9 cm, which is 7.0 cm higher compared to the control. The smallest increase in the height of plants of the common basil variety Edwina was obtained with the application of Gumifield Forte Amino (37.4 cm).

Over the years of research, it has been determined that the use of the drug Fulvigrain Stimulus allowed to obtain a plant mass of 100 g, which is 34 g more than the control. The use of Humifield Forte Amino allowed to obtain an increase of 25.3 g. The greatest increase in plant mass was with the use of the humic drug Naturvital Plus – 57.2 g.

It was found that when treating crops with the drug Fulvigrain Stimulus, the plant diameter increased by 6.4 cm, Humifield Forte Amino – by 3.8 cm, and Naturvital Plus – by 11.8 cm. The use of humic drugs also has a positive effect on the number of leaves and inflorescences on one plant of common basil of the Edwina variety. Thus, the largest number of leaves was observed when applying the drug Naturvital Plus – 88.6 pcs., which is 57.1% higher than the control. The largest number of inflorescences was when applying the drug Naturvital Plus – 18.1 pcs., which is 3.3 pcs. more than the control.

Key words: basil, malondialdehyde, humic preparations, biometric indicators, essential oil.

References

1. Basanets, O. (2016). Dosvid vykorystannia stymuliatoriv rostu roslyn Soil Biotics [Experience in using plant growth stimulants Soil Biotics]. Retrieved from: <https://superagronom.com/articles/14-bagatyi-dosvid-dlya-bagatih-vrojajiv-stimulyatori-rostu-roslyn-soilbiotics> [in Ukrainian].
2. Bezvikonnyy, P.V., Tarasiuk, V.A., & Potapskyi, Yu.V. (2022). Formuvannia urozhainosti koreneplodiv buriaka stolovoho za zastosuvannia huminovykh preparativ [Formation of yield of table beet root crops using humic preparations]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk: Silskohospodarski nauky – Tavria Scientific Bulletin: Agricultural Sciences*, 125, 10–17 [in Ukrainian].
3. Bondarenko, H.L., & Yakovenko, K.I. (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Research methodology in vegetable and melon growing]. Kharkiv: Osnova, 370 [in Ukrainian].
4. Zharinov, V.I., & Ostapenko, A.I. (1994). *Vyroshchuvannia likarskykh, efrooliinykh, prianosmakovykh roslyn* [Growing medicinal, essential oil, and spicy plants]. Kyiv: Vyshcha shkola, 234 [in Ukrainian].

5. Bakhmat, M.I., Kvaschchuk, O.V., Khomina, V.Ia., Zahorodnyi, M.V., & Suchek, M.M. (2012). *Efirooliini roslyny. Navchalnyi posibnyk [Essential oil plants. Textbook]*. Kamianets-Podilskyi: PP «Medobory-2006», 312 [in Ukrainian].
6. Korotka, I.O., & Sherstiuk, Yu. (2021). Systema antyoksydantnoho zakhystu vasyolkiv spravzhnykh zalezno vid komponentnoho skladu substratu [The system of antioxidant protection of cornflowers depending on the component composition of the substrate]. *Aktualni pytannia vyrobnytstva plodoovochevoi produktsii ta vynohradu: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii* (pp. 113–115). Melitopol [in Ukrainian].
7. Serhiienko, V. (2013). Ristrehuliuiuchy ta zakhysnyi efekt huminovykh rechovyn [Restorative and protective effect of humic substances]. Retrieved from: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/320-ristrehuliuiuchy-ta-zakhysnyi-efekt-huminovykh-rechovyn.html> [in Ukrainian].
8. Troianovska, O.M. (2012). Vmist pozhyvnykh rechovyn ta efirnoho masla u zelennii masi bazylika zvychnoiho [The content of nutrients and essential oil in the green mass of basil]. *Zb. nauk. pr. Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv NAAN Ukrainy – Collection of scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine*, 14, 351–353 [in Ukrainian].
9. Turak, O.Yu., & Panas, V.D. (2018). Vplyv humusovykh stymulatoriv rostu na produktyvnist yachmeniu yarooho v umovakh Peredkarpattia [The influence of humus growth stimulants on the productivity of spring barley in the conditions of the Ciskarpattia]. *Dosiahnennia ta kontseptualni napriamy rozvytku silsko-hospodarskoi nauky v suchasnomu sviti: materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (164 p.). Oleksandrivka, Dnipropetrovska obl. [in Ukrainian].
10. Shevchuk, M.Y., & Bortnik, T.P. (2014). Huminovi preparaty – skladova orhanichnoho zemlerobstva [Humic preparations – a component of organic farming]. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: zb. materialiv dop. uchasn. II Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* (pp. 272–275). Zhytomyr: Polissia [in Ukrainian].

УДК 632.954:631.811.98:633.15

Вахняк В. С.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: wastep@meta.ua
ORCID: 0000-0002-3436-8685

Баранник А. В.

кандидат географічних наук,
докторант кафедри всесвітньої історії,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Івано-Франківськ, Україна
E-mail: andruha.geograph@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7303-4816

ОПТИМІЗАЦІЯ СПІЛЬНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБІЦИДІВ І БІОСТИМУЛЯТОРІВ У ПОСІВАХ КУКУРУДЗИ

Анотація

Проблема оптимального поєднання гербіцидів і біостимуляторів у сільському господарстві є актуальною через необхідність підвищення врожайності кукурудзи при мінімізації стресових факторів та економії ресурсів. Упровадження біостимуляторів у систему живлення культур має на меті не лише збільшення врожайності, а й підвищення стресостійкості рослин, зниження негативного впливу гербіцидів і покращення якості продукції. Проте спільне застосування цих препаратів може мати як позитивні, так і негативні наслідки, що вимагає детального вивчення.

Метою дослідження є встановлення особливостей сумісного внесення гербіцидів і біостимуляторів на основі морських водоростей і визначення їх впливу на врожайність кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України. Для цього проведено серію польових експериментів з використанням різних комбінацій гербіцидів і біостимуляторів з метою оцінювання їх ефективності й доцільності застосування.

Дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. на території підприємства ТОВ «Агро-Слава 2017» Хмельницької обл., Кам'янець-Подільського району.

У статті досліджено особливості спільного застосування гербіцидів і біостимуляторів у посівах кукурудзи. Проаналізовано їхню взаємодію та вплив на врожайність і якість зерна. Установлено, що ефективність поєднання гербіцидів і біостимуляторів залежить від складу препаратів і їхнього впливу на фізіологічні процеси рослин. Найвищу врожайність забезпечило застосування комбінації гербіцидів римсульфурон + 2,4-D + флорасулам, що дало змогу ефективно контролювати бур'яни, особливо дводольні. Додавання біостимуляторів до гербіцидів продемонструвало неоднозначні результати: в одних випадках вони сприяли покращенню структури врожаю, а в інших – посилювали гербіцидний стрес.

Біостимулятори на основі морських водоростей впливали на формування кількості качанів на одній рослині, особливо біостимулятор 2, що містить насичений комплекс фітогормонів. Проте додаткові качани часто залишалися недорозвиненими, що не завжди призводило до зростання врожайності. Водночас біостимулятор 1 позитивно впливав на структурні елементи врожаю, такі як кількість рядів зерен, тоді як комбінації з гербіцид + біостимулятор 2 хоча й сприяли активному росту рослин, але знижували якісні показники врожайності.

Установлено, що комбінація гербіцидів на основі 2,4-D з біостимуляторами, які містять природні ауксини, може викликати синергічний фітотоксичний ефект. У деяких випадках спостерігалось зниження врожайності через порушення гормонального балансу й посилення гербіцидного стресу.

Отримані результати підкреслюють необхідність подальших досліджень щодо взаємодії гербіцидів і біостимуляторів, особливо в контексті підвищення стійкості рослин до стресових факторів і покращення якісних характеристик врожаю. Упровадження раціональних схем застосування цих препаратів може забезпечити ефективний контроль бур'янів при мінімізації негативного впливу на культуру.

Ключові слова: гербіцид, біостимулятор, кукурудза, урожайність, фітотоксичність, екстракт морських водоростей, сульфонілсечовина.

Вступ. Використання біостимуляторів дедалі частіше стає складником практики інтенсивного вирощування багатьох польових культур. Добре відомо, що біостимулятори мають різноманітну природу (від окремої сполуки до суміші мікроорганізмів чи фітогормональних препаратів на основі екстракту морських водоростей), а їх вплив на рослинні процеси є різноманітним (від підвищення стійкості до абіотичного стресу, покращення ефективності використання Нітрогену), що, в кінцевому підсумку, впливає на збільшення врожайності [6; 10]. З огляду

на ці особливості, існує багато робіт, присвячених визначенню найефективнішої фази застосування цих продуктів у системі живлення культур [25], але вона переважно збігається в часі з періодом унесення гербіцидів [13].

Біостимулятори є перспективною стратегією для підвищення продуктивності рослин і збільшення їхньої стійкості до абіотичних стресів, таких як низькі й високі температури, посуха, засолення та дефіцит елементів живлення [6; 19; 24]. Вони покращують живлення рослин і частково зменшують потребу внесення мінеральних добрив, водночас сприяючи покращенню росту рослин і якості врожаю [12; 18].

Біостимулятори й гербіциди здебільшого використовуються окремо в послідовних застосуваннях, щоб уникнути можливих несприятливих наслідків їхньої прямої взаємодії. Але проведено значну кількість досліджень їх використання у вигляді змішаних бакових сумішей із гербіцидами. При цьому особлива увага звертається на форму і склад біостимуляторів, що є визначальним при спільному внесенні з гербіцидами. Якщо біостимулятори мікробні, їх використання в поєднанні з гербіцидами потребує оцінювання впливу хімічних складових гербіцидів на живі мікроорганізми. Відомо, що багато діючих речовин гербіцидів порушує баланс мікробного складника ґрунту, тоді як інші не мають такого впливу [7]. Наприклад, дослідження показали, що атразин знижує різноманіття бактеріальних популяцій у ґрунтах, де вирощується кукурудза [26]. Крім того, сульфонілсечовина зменшувала кількість бактерій у ризосфері озимої пшениці [5], а мезотріон знижував чисельність ґрунтових мікроорганізмів [11].

Немікробні біостимулятори, які переважно є органічними сполуками, також взаємодіють із компонентами гербіцидів, але цей ефект значною мірою залежить від хімічного складу біостимулятора [22]. Наприклад, білки з низькою молекулярною масою можуть сприяти збільшенню чисельності ґрунтових мікроорганізмів, яких пригнічують гербіциди, тоді як білки з високою молекулярною масою впливають менше [16]. До того ж результати досліджень показали, що токсичний вплив суміші гербіцидів 2,4-D, MCPA й дикамби на ферментативну активність ґрунту був значно знижений при застосуванні біостимуляторів з високою концентрацією амінокислот [23].

Застосування гербіцидів може завдавати шкоди культурам залежно від діючої речовини, норми й часу внесення, а також методу застосування [3]. У сільськогосподарській практиці для зменшення шкідливого впливу гербіцидів на рослини без зниження їх ефективності використовують сполуки, що називаються антидотами [3; 15]. Багато біостимуляторів підвищують стійкість рослин до різних типів абіотичних стресів і їх можна використовувати як потенційні антидоти [4; 15].

К. Матисяк та ін. оцінили взаємодію гербіцидів, які імітують ауксини, та інгібіторів ацетолактатсинтази (ALS) – MCPA + дикамба, дикамба + тріасульфурон і флорасулам + 2,4-D із біостимуляторами на основі морських водоростей і нітрофенолами з інтервалом у три дні між застосуваннями на посівах ярої пшениці. Вони також оцінили їх поєднання в баковій суміші на стадії BBCH 30. У разі боротьби з бур'янами бакові суміші не показали статистично значущих відмінностей. Винятками були лише використання дикамби + тріасульфурону з додаванням біостимулятора на основі морських водоростей проти *Veronica agrestis* і флорасулам + 2,4-D у баковій суміші з екстрактом морських водоростей або сполукою нітрофенолу проти *Veronica agrestis* і *Viola arvensis*, які змогли забезпечити середній рівень контролю цих видів бур'янів. Застосування бакових сумішей гербіцидів і біостимуляторів не дало значущих результатів, які могли б стати основою для подальших досліджень [14].

Варто відмітити й дослідження Де Андраде та ін. на посівах сої. Вони тестували екстракти морських водоростей у поєднанні із системними гербіцидами суцільної дії на RR-сої (стійка до гліфосату), оскільки навіть у стійких сортів можуть проявлятися симптоми фітотоксичності. У польовому експерименті на RR-сої виявили, що формуляції екстрактів морських водоростей з гербіцидом (спільне внесення) можуть значно підвищувати врожайність сої порівняно із самостійним застосуванням гліфосату. Зазвичай гербіциди суцільної дії викликають небажані симптоми стресу через свою тотальну дію. Тому використання біостимуляторів на основі морських водоростей для підтримки стійких до гліфосату сортів сої видається дуже перспективним [8; 9].

Масштабні досліді різних поєднань гербіцидів і біостимуляторів провели Н. Солтані й ін. на 37 полях із трьома культурами (пшениця й овес озимі, кукурудза). Вони встановили, що додавання біостимуляторів не впливало на ступінь пошкодження культур гербіцидами та лише в окремих випадках негативно позначалося на контролі бур'янів. Це свідчить про те, що поєднання гербіцидів із біостимуляторами в баковій суміші може не дати очікуваних результатів, які можуть бути досягнуті при окремому застосуванні цих продуктів [20].

Д. Балабанова й ін. досліджували вплив амінокислотного комплексу в баковій суміші з імазамоксом на стійкість соняшнику до цього гербіциду. Вони виявили, що ця комбінація забезпечує збільшення сирової ваги, висоти рослин і площі листя соняшнику через 14 днів після застосування порівняно із соняшником, до якого застосовували лише гербіцид, що доводить потенційну можливість використання біостимуляторів як антидоту. Проте вони також зазначили зменшення параметрів газообміну листя на дослідній ділянці [4]. У дослідженнях Е. Navarro-Leon та ін. також встановлено, що амінокислотний комплекс, унесений окремо чи в баковій суміші, ослаблює стрес соняшнику від імазамоксу, що можливо за рахунок забезпечення рослин азотомісними сполуками, які біостимулятори постачають для подолання стресових ефектів гербіциду [15].

І. Панфілі й ін. використали екстракт морських водоростей у баковій суміші з метолахлором для підвищення стійкості кукурудзи до гербіциду. Підтверджено підвищення врожайності кукурудзи від додавання екстракту морських водоростей до суміші навіть при високих дозах метолахлору [17].

Цікаві також досліді з оцінювання впливу різних комбінацій доз гумінових кислот із сульфонілсечовиною і трибенурон-метилом у баковій суміші на продуктивність озимої пшениці. Виявлено, що токсичний вплив гербіциду на пшеницю знижувався при додаванні гумінових кислот у суміш. Урожайність пшениці зросла в усіх варіантах, де гумінові кислоти додавали до гербіциду, порівняно з контролем. У другий рік експерименту комбінація гумінові кислоти в нормі 4 л/га і трибенурон-метил у дозі 15 г/га показала найкращі результати серед усіх варіантів. На думку дослідників, можливим поясненням зменшення фітотоксичності є підвищена мобілізація фосфору рослинами через активацію мікробіоти ризосферної зони [5].

Проте існують випадки, коли біостимулятори не змогли зменшити симптоми токсичності гербіцидів. У польовому експерименті на білій квасолі Н. Солтані й ін. застосували різні гербіциди у баковій суміші з двома біостимуляторами, проте в більшості цих комбінацій не виявлено значних відмінностей розвитку рослин і врожайності [21].

Кількість досліджень біостимуляторів постійно зростає, але й збільшується застосування їх у сільськогосподарській практиці. Сьогодні знання про взаємодію біостимуляторів і гербіцидів усе ще обмежені, адже в таких складних системах дуже важко виявити синергічні й антагоністичні взаємозв'язки, що спонукає до поглиблення та розширення досліджень.

Мета роботи полягає в установленні впливу особливостей сумісного внесення гербіцидів + біостимулятор на основі морських водоростей на врожайність кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України. Актуальність дослідження: упровадження біостимуляторів у техніку вирощування має на меті збільшення врожайності за оптимального підвищення собівартості. Із цієї причини актуально мати нові результати досліджень із нейтральними або навіть негативними висновками щодо ефектів біостимулятор + гербіцид, що можуть сприяти кращому розумінню їх функцій і точнішому визначенню їх оптимальних умов для застосування на посівах кукурудзи.

Дослідження проводили впродовж 2022–2024 рр. на території підприємства ТОВ «Агро-Слава 2017» Кам'янець-Подільського району Хмельницької області.

Грунт темно-сірий лісовий середньоосуглинковий близький до нейтрального з умістом гумусу в шарі 0–20 см 3,1%, азоту – 84 мг/кг ґрунту (за Корнфілдом), рухомого фосфору – 54 мг/кг ґрунту (за Чириковим), обмінного калію – 162 мг/кг ґрунту (за Чириковим).

Культура: кукурудза ДКС 315 ФАО 310, норма висіву 70 тис./га; строк сівби – 2–5 травня залежно від умов року. Попередник – озимий ріпак. Повторність польового досліді – триразова. Розміщення варіантів і повторень – систематичне. Посівна площа ділянки – 28 м², облікова – 14 м².

Схема удобрення: 150 кг/га NPK 16-16-16 під осінню культивування; 150 кг/га аміачної селітри та 50 кг/га суперфосфату простого при посіві.

Для досліді обрані найпоширеніші гербіциди, що використовуються на кукурудзі, і біостимулятори на основі екстракту морських водоростей, а також їх різні комбінації, виходячи з практичних норм (таблиця 1). Проводили фоліарне внесення препаратів у фазу 5–7 листків (BBCH – 15–17) ручним обприскувачем.

Таблиця 1. Перелік препаратів у досліді

Препарат	Хімічна група	Склад	Норма
Гербіцид 1	Сульфонілсечовини, трикетони	Нікосульфурон (30 г/л) + мезотріон (75 г/л)	1,7 л/га
Гербіцид 2	Сульфонілсечовини	Форамсульфурон (31,5 г/л) + йодосульфурон (1,0 г/л) + тіенкарбазон-метил (10 г/л) + ципросульфамід (антидот) (15 г/л)	1,5 л/га
Гербіцид 3	Сульфонілсечовини	римсульфурон (250 г/кг)	50 г/га
Гербіцид 4	Триазолпіримідини, похідні арилоксиалканкарбонової кислоти	2,4-D 2-етилгексилловий ефір (452,42 г/л) + флорасулам (6,25 г/л)	0,5 л/га
Біостимулятор 1	Біостимулятор на основі морських водоростей додатково збагачений макро- та мікроелементами живлення	Екстракт морських водоростей <i>Undaria Pinnatifida</i> + P ₂ O ₅ (88 г/л) + K ₂ O (59 г/л) + B (1,1 г/л) + Zn-EDTA (3,1 г/л) + L-амінокислоти (61,5 г/л) + фітогормони (ауксини і цитокініни (10,63 мг/л))	1 л/га
Біостимулятор 2	Біостимулятор на основі морських водоростей додатково збагачений макро-, мікроелементами живлення та комплексом фітогормонів	Екстракт морських водоростей <i>Undaria Pinnatifida</i> + K ₂ O (8,93 г/л) + Cu-EDTA (0,78 г/л) + Zn-EDTA (2,23 г/л) + Fe-EDTA (2,23 г/л) + L-амінокислоти (33,5 г/л) + фітогормони (ауксини, цитокініни, гібереліни, брасиностероїди, триактанол + вітаміни групи B (120,88 мг/л))	0,5 л/га

Контролем для кожної комбінації гербіцидів і біостимуляторів було внесення лише гербіциду, абсолютний контроль (без препаратів) не застосовували. Варіанти поєднань включали чотири найпоширеніших на кукурудзі гербіциди і два біостимулятори (таблиця 2).

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком кукурудзи проводили в основні фази росту й розвитку культури згідно з методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур [1]. Структуру вро-

Таблиця 2. Комбінації гербіцид + біостимулятор

Ділянка	Варіант	Комбінації	Робочі норми
№ 1	к 1	Гербіцид 1	1,7 л/га
	в 1.1	Гербіцид 1 + Біостимулятор 1	1,7 л/га + 1 л/га
	в 1.2	Гербіцид 1 + Біостимулятор 2	1,7 л/га + 0,5 л/га
№ 2	к 2	Гербіцид 2	1,5 л/га
	в 2.1	Гербіцид 2 + Біостимулятор 1	1,5 л/га + 1 л/га
	в 2.2	Гербіцид 2 + Біостимулятор 2	1,5 л/га + 0,5 л/га
№ 3	к 3	Гербіцид 3	50 г/га
	в 3.1	Гербіцид 3 + Біостимулятор 1	50 г/га + 1 л/га
	в 3.2	Гербіцид 3 + Біостимулятор 2	50 г/га + 0,5 л/га
№ 4	к 4	Гербіцид 3 + Гербіцид 4	50 г/га + 0,5 л/га
	в 4.1	Гербіцид 3 + Гербіцид 4 + Біостимулятор 1	50 г/га + 0,5 л/га + 1 л/га
	в 4.2	Гербіцид 3 + Гербіцид 4 + Біостимулятор 2	50 г/га + 0,5 л/га + 0,5 л/га

жаю аналізували за пробними вибірками з двох несуміжних повторень. Облік урожайності проводився з кожної ділянки методом суцільного обмолоту. Математичний аналіз результатів польових і лабораторних дослідів виконували за допомогою дисперсійного методу.

Виклад основного матеріалу дослідження. На посівах кукурудзи біостимулятори на основі морських водоростей використовують на початкових етапах росту, коли є змога збільшити кількісні показники врожаю з огляду на критичні фази формування майбутнього врожаю:

- фаза 3-го листка – відбувається витягування конуса зростання; утворення вузлів і міжвузлів зачатка стебла;
- 5-й листок – відбувається розгортання зародкового листя, сегментація конуса зростання й формування зачатка осі волоті; паралельно з цим проходить формування листя й погонів качана;
- 7-й лист – відбувається сегментація колосових лопатей волоті й осі зачатка качана, закладання рядів зерен. Тому саме в цей період важливе додаткове підживлення для формування більшої кількості рядів у качані;
- 9-й лист – формування й диференціація квіток волоті, початок формування пилку. Формування качана, закладка зерен у ряду. Другий критичний момент для підживлення, що стимулюватиме закладення більшої кількості зерен у ряді [2].

Але цей період (від 3 до 9 листків) однозначно припадає на гербіцидну обробку. Відповідно, постає питання доцільності спільного внесення суміші біостимулятор + гербіцид, адже, окрім логічної (економія на додатковій операції), повинен бути економічний результат у підвищенні чи зниженні врожайності.

Особливу увагу ми приділили вибору біостимуляторів – спільній біологічно-активній основі, що сприяє підвищенню стресостійкості рослин:

- екстракт морських водоростей *Undaria pinnatifida* – містить індол-алкалоїди, гліцин-бетаїн, полісахариди;
- фітогормони (ауксини й цитокініни), що сприяють активному поділу клітин і їх розтягненню; окрім того, акцент на ауксини сприяє активному росту кореневої системи, що позитивно впливає на засвоєння елементів живлення з ґрунту;
- L-амінокислоти – зумовлюють швидкий ефект підвищення здатності рослини протистояти хворобам і стресовим умовам, а також підвищують ефективність використання препаратів з бакової суміші.

Біостимулятор 1 додатково збагачений фосфором (корекція фосфорного живлення на початкових етапах росту, коли його засвоєння обмежене кореневою системою), калієм і бором (підвищують уміст цукрів, покращують вуглеводневий обмін) і цинком (стимулює вироблення власних ауксинів, що позитивно впливає на розвиток кореневої системи, покращує гормональний баланс молодих рослин).

Біостимулятор 2 додатково збагачений комплексом мікроелементів з акцентом на цинк (корекція мінерального живлення на початкових фазах росту) і додатковим комплексом фітогормонів:

- гіберелінів (GA3) – сильний стимулятор росту вегетативної маси, впливає на розтягнення клітин і проникність клітинної стінки;
- брасиностероїди – активують гормональну складову рослини, сприяють синтезу речовин для підвищення імунітету та стресостійкості рослини;
- триаконтанол – активує діяльність кореневої системи та сприяє розвитку вегетативної маси, підвищує асиміляцію вуглекислого газу й покращує фотосинтез, підвищує ефективність використання основних добрив і вологи рослиною;
- вітаміни групи В – підвищення стресостійкості рослин і покращення процесів дихання.

У складі біостимуляторів, окрім біологічно-активної основи, важливою є наявність цинку, адже у формуванні й виповненості качана саме цей мікроелемент відіграє значну роль.

За результатами дослідження встановлено, що найбільшу біологічну урожайність при перерахунку на стандартну вологість (14%) має дослідна ділянка № 4 де на контролі було поєднання двох гербіцидів римсульфурон

+ 2,4-D + флорасулам, що зумовлено кращим контролем усіх груп бур'янів (злакові, однорічні та багаторічні дводольні) (рис. 1). Додаткове окреме тестування з 2,4-D було недоцільним через відомий антагонізм його поєднання з біостимуляторами на основі морських водоростей, що містять високу концентрацію природних ауксинів, що доведено як власними попередніми неопублікованими дослідженнями, так і науковими публікаціями різних авторів [15; 26].

Гербициди на основі 2,4-D функціонують як синтетичні ауксини, порушуючи умови росту рослини, що, зрештою, призводить до загибелі рослини. Поєднання цих гербицидів з біостимуляторами, які містять високі концентрації природних ауксинів, може створити кілька проблем:

1) синергічна фітотоксичність – оскільки 2,4-D імітує ауксини, додавання більшої кількості ауксинів із біостимуляторів може посилити гормональний дисбаланс, що призведе до надмірного стресу або пошкодження рослин, навіть у культурах, які толерантні до 2,4-D;

2) знижена селективність – 2,4-D часто використовується для боротьби з дводольними бур'янами в посівах зернових та інших однодольних культурах. Якщо ввести додаткові ауксини, це може вплинути на нецільові культури, знизивши селективність гербициду;

3) втручання в гербицидну дію – природні ауксини в біостимуляторах можуть впливати на спосіб дії 2,4-D, прискорюючи детоксикацію бур'янів або змінюючи очікувану реакцію рослин, що призводить до непослідовного контролю бур'янів;

4) непередбачувана реакція культури – високі концентрації екзогенних ауксинів можуть порушити нормальний гормональний баланс у культурах, що призведе до неправильного росту, зниження врожайності або навіть до симптомів, схожих на пошкодження гербицидами.

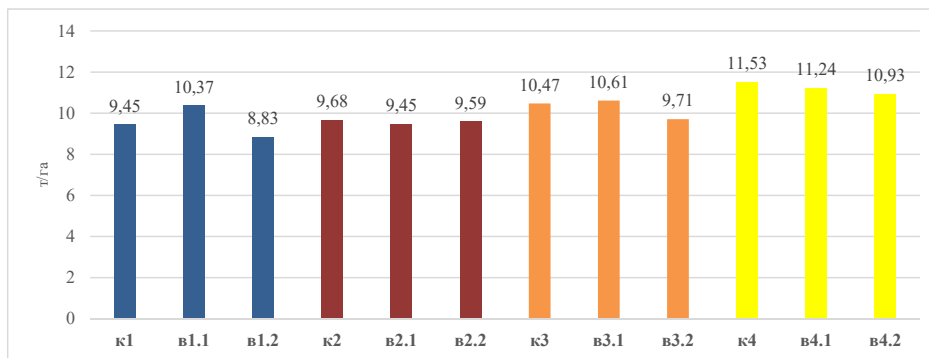


Рис. 1. Показники врожайності кукурудзи (середнє за 2022–2024 роки)

Хоча явних симптомів фітотоксичності на кукурудзі, де в системі гербицидного захисту був доданий гербицид 4, не простежувалося, але зниження врожайності при додаванні біостимуляторів відбулося.

Поєднання гербицид + біостимулятор 1 мало різний ефект на кінцеву врожайність. Збільшення врожайності простежувалося на ділянках № 1 і № 3, тоді як на ділянках № 2 і № 4 ми отримали зменшення урожайності. Така неоднорідність показників урожайності зумовлена специфікою поєднання різних компонентів продуктів в одній баковій суміші: в одних випадках біостимулятор нівелював негативні наслідки гербициду і сприяв покращенню врожайності, а в інших, навпаки, посилив негативну дію.

Простежується чітка закономірність, що порівняно з контролем поєднання гербицид + біостимулятор 2 показало гірший результат у врожайності. Поєднання концентрованого гормонально-вітамінного комплексу (яким за складом є біостимулятор 2) з гербицидами групи сульфонілсечовини чи триазолпіримідинами, похідними арилоксіалканкарбонової кислоти має негативні наслідки: посилене проведення діючої речовини гербицидів у тканини рослин при мінімальному антистресовому ефекту в цьому випадку. Але якщо подивитися на якісні показники урожаю, то простежується ще інша тенденція: збільшення кількості качанів на одній рослині порівняно як із контролем, так і з іншими варіантами (рис. 2). Тобто на гормональному рівні біостимулятор спрацював на інтенсивніше закладення другого качана, але саме така система основного живлення на конкретному агрофоні не мала змоги забезпечити більший врожай.

Загалом простежується чітка тенденція, що додавання біостимуляторів у систему живлення кукурудзи покращує якісні показники врожаю, а саме збільшення кількості качанів на 1 рослині (на рис. 2 наведений перерахунок на 10 рослин для зручності візуалізації). Біостимулятор 1 збільшив цей показник у середньому на 3%, а біостимулятор 2 – на 12,8% (рис. 2).

За рахунок збільшення кількості качанів на 1 рослині поєднання гербицид + біостимулятор 2 мало гірший ефект на інших структурних елементах урожаю, а саме кількості рядів у качану та кількості зерен у ряду, що, в кінцевому підсумку, вплинуло на загальний показник урожайності. Додавання до гербицидів біостимулятора 1 при незначному збільшенні кількості качанів на рослині мало кращий ефект на інші структурні показники врожайності: збільшення кількості рядів порівняно з контролем (ділянки № 1 і № 3) і збільшення зерен у ряду

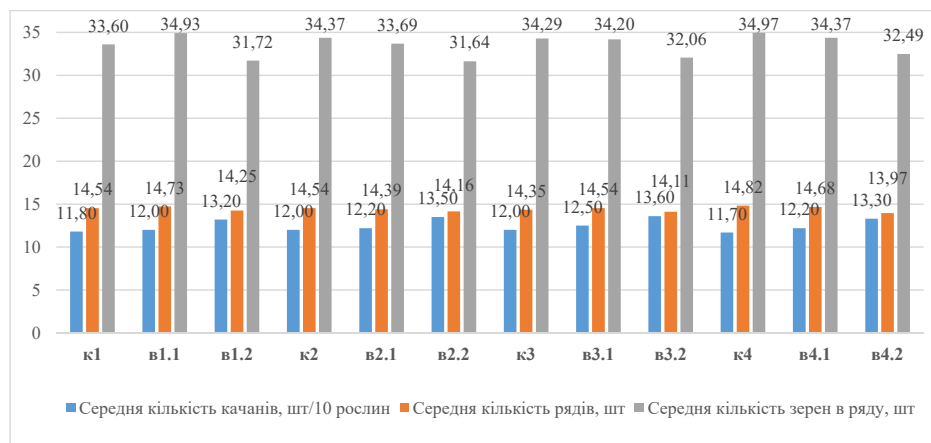


Рис. 2. Якісні показники врожаю кукурудзи (середнє за 2022–2024 роки)

(ділянка № 1). Тобто, іншими словами, на дослідних ділянках, де було поєднання гербіцид + біостимулятор 1, ми мали один повноцінно-розвинений і виповнений качан, що мав кращі показники, ніж на контролі, і зрідка ще 1 недорозвинений, який не мав великого впливу на загальну врожайність, проте мав статистичну похибку на структурні елементи врожаю. На ділянках, де було поєднання гербіцид + біостимулятор 2, ми отримали більшу кількість качанів, але, відповідно, з нижчими якісними структурними показниками урожаю.

Важливим показником є маса 1000 насінин, що характеризує крупність, виповненість, запас поживних речовин у насінні та цінність насіннєвого матеріалу. За цим показником контрольні варіанти (лише гербіцид) є оптимальними, знаходяться в межах 300–353 г і є найвищими серед усіх варіантів у межах дослідних ділянок. Поєднання гербіцид + біостимулятор 1 має негативне відхилення від середнього показника на 3%, а поєднання гербіцид + біостимулятор 2 – середнє негативне відхилення 8,4% від контролю. Ця тенденція може підтверджувати факт, що додаткове стимулювання рослин при недостатньому живленні не матиме належного позитивного ефекту на збільшення кількісних і якісних показників урожаю.

Висновки. Дослідження підтвердило, що ефективність спільного застосування гербіцидів і біостимуляторів на основі морських водоростей у посівах кукурудзи залежить від складу препаратів і їх впливу на фізіологічні процеси рослин.

Найвищу врожайність показала дослідна ділянка, де застосовували комбінацію гербіцидів римсульфурон + 2,4-D + флорасулам, що забезпечило кращий контроль бур'янів, особливо дводольних. Проте додавання біостимуляторів, що містили високу концентрацію природних фітогормонів до цієї схеми, не сприяло подальшому підвищенню врожайності.

Використання біостимуляторів сприяло збільшенню кількості качанів на одній рослині, особливо при застосуванні біостимулятора 2, що містить широкий спектр фітогормонів. Проте це не завжди корелювало зі збільшенням загальної врожайності, оскільки додаткові качани часто виявлялися недорозвиненими.

Додавання біостимуляторів мало змішаний вплив на структуру врожаю: у випадку біостимулятора 1 спостерігалося покращення таких параметрів, як кількість рядів зерен і маса 1000 насінин, тоді як біостимулятор 2 сприяв формуванню більшої кількості качанів, але знижував якісні показники врожайності й характеристики зерна.

Поєднання гербіцидів із біостимуляторами не завжди призводило до підвищення врожайності. У деяких випадках спостерігалося зниження через посилення впливу гербіцидного стресу, особливо при використанні гербіцидів на основі 2,4-D у комбінації з біостимуляторами з високими концентраціями природних ауксинів.

Отримані результати підтверджують необхідність подальших досліджень щодо оптимізації норм внесення й підбору біостимуляторів залежно від конкретних гербіцидів, щоб мінімізувати можливі негативні ефекти й досягти максимальної ефективності інтегрованого підходу до вирощування кукурудзи.

Список використаних джерел

1. Волкодав В.В. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. Київ, 2000. 100 с.
2. Господаренко Г.М. Система застосування добрив : навчальний посібник. Київ, 2015. 332 с.
3. Abu-Qare A.W., Duncan H.J. Herbicide Safeners: Uses, Limitations, Metabolism, and Mechanisms of Action. *Chemosphere*. 2002. № 48. P. 965–974.
4. Balabanova D.A., Paunov M., Goltsev V. and others. Photosynthetic Performance of the Imidazolinone Resistant Sunflower Exposed to Single and Combined Treatment by the Herbicide Imazamox and an Amino Acid Extract. *Front. Plant Sci.* 2016. № 7. 1559 p.
5. Bezuglova, O.S., Gorovtsov, A.V., Polienko, E.A. and others. Effect of Humic Preparation on Winter Wheat Productivity and Rhizosphere Microbial Community under Herbicide-Induced Stress. *J. Soils Sediments*, 2019. № 19. P. 2665–2675.
6. Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A. Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. *Agronomy*. 2019. № 9. P. 306.

7. Chen J., Yang W., Li J. and others. Effects of Herbicides on the Microbial Community and Urease Activity in the Rhizosphere Soil of Maize at Maturity Stage. *J. Sens.* 2021. Article ID 6649498. DOI: 10.1155/2021/6649498.
8. De Andrade C.L., Da Silva A.G. and others. Performance of soybeans with the application of glyphosate formulations in biostimulant association. *Rev. Caatinga.* 2020. № 33. P. 371–383.
9. De Andrade C.L., Da Silva A.G., Melo G.B. and others. Bioestimulantes Derivados de *Ascochyllum Nodosum* Associados ao Glyphosate nas Características Agronômicas da Soja RR. *Rev. Bras. Herbic.* 2018. № 17. 592 p.
10. Du Jardin P. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. *Sci. Hortic.* 2015. № 196. P. 3–14.
11. Du Z., Zhu Y., Zhu L. and others. Effects of the Herbicide Mesotrione on Soil Enzyme Activity and Microbial Communities. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2018. № 164. P. 571–578.
12. Katsenios N., Andreou V., Sparangis P. and others. Assessment of Plant Growth Promoting Bacteria Strains on Growth, Yield and Quality of Sweet Corn. *Sci. Rep.* 2022. № 12.
13. Li J., Van Gerrewey T., Geelen D. A Meta-Analysis of Biostimulant Yield Effectiveness in Field Trials. *Front. Plant Sci.* 2022. № 13. P. 1–13.
14. Matysiak K., Miziniak W. and others. Herbicides with Natural and Synthetic Biostimulants in Spring Wheat. *Cienc. Rural.* 2018. № 48. e20180405.
15. Navarro-León E., Borda E., Marín C. and others. Application of an Enzymatic Hydrolysed L- α -Amino Acid Based Biostimulant to Improve Sunflower Tolerance to Imazamox. *Plants.* 2022. № 11. 2761.
16. Ortiz-Botella M., Gómez I., Paneque P. and others. Use of Biostimulants Obtained from Okara in the Bioremediation of Soils Polluted by Imazamox. *Bioremediat. J.* 2022. № 26. P. 53–63.
17. Panfili I., Bartucca M.L., Marrollo G. and others. Application of a Plant Biostimulant to Improve Maize (*Zea mays*) Tolerance to Metolachlor. *J. Agric. Food Chem.* 2019. № 67. P. 12164–12171.
18. Rehim A., Amjad Bashir M., Raza Q.-U.-A. and others. Yield Enhancement of Biostimulants, Vitamin B12, and CoQ10 Compared to Inorganic Fertilizer in Radish. *Agronomy.* 2021. № 11. 697 p.
19. Sangiorgio D., Cellini A., Donati I. and others. Facing Climate Change: Application of Microbial Biostimulants to Mitigate Stress in Horticultural Crops. *Agronomy.* 2020. № 10. 794 p.
20. Soltani N., Shropshire C., Sikkema P.H. Effect of Biostimulants Added to Postemergence Herbicides in Corn, Oats and Winter Wheat. *Agric. Sci.* 2015. № 6. P. 527–534.
21. Soltani N., Shropshire C., Sikkema P.H. Responses of Dry Bean to Biostimulants Added to Postemergence Herbicides. *Agric. Sci.* 2015. № 6. P. 1023–1032.
22. Tejada M., García-Martínez A.M. and others. Application of MCPA Herbicide on Soils Amended with Biostimulants: Short-Time Effects on Soil Biological Properties. *Chemosphere.* 2010. № 80. P. 1088–1094.
23. Tejada M., García-Martínez A.M. and others. Response of Biological Properties to the Application of Banvel (2,4-D+MCPA+Dicamba) Herbicide in Soils Amended with Biostimulants. *Springer.* 2012. P. 241–253.
24. Tiriyaki D., Aydın İ., Atıcı Ö. Psychrotolerant Bacteria Isolated from the Leaf Apoplast of Cold-Adapted Wild Plants Improve the Cold Resistance of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Low Temperature. *Cryobiology.* 2019. № 86. P. 111–119.
25. Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A., Brown P.H. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front. Plant Sci.* 2017. № 7. P. 2049.
26. Yang F., Gao M., Lu H. and others. Effects of Atrazine on Chernozem Microbial Communities Evaluated by Traditional Detection and Modern Sequencing Technology. *Microorganisms.* 2021. № 9. 1832.

Vakhnyak V. S.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: wastep@meta.ua
ORCID: 0000-0002-3436-8685*

Barannyk A. V.

*Candidate of Geographical Sciences,
Doctoral Student at the Department of World History,
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University
Ivano-Frankivsk, Ukraine
E-mail: andruha.geograph@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7303-4816*

OPTIMIZATION OF THE COMBINED USE OF HERBICIDES AND BIOSTIMULANTS IN CORN

Abstract

The issue of optimizing the combination of herbicides and biostimulants in agriculture is highly relevant due to the need to increase corn yield while minimizing stress factors and conserving resources. The introduction of biostimulants into crop nutrition systems aims not only to boost yield but also to enhance plant stress resistance, reduce the negative impact of herbicides, and improve

product quality. However, the combined application of these products can have both positive and negative consequences, necessitating detailed research.

The objective of this study is to determine the characteristics of the joint application of herbicides and seaweed-based biostimulants and to assess their impact on corn yield under the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. To achieve this, a series of field experiments were conducted using different combinations of herbicides and biostimulants to evaluate their effectiveness and feasibility.

The research was carried out between 2022 and 2024 at the enterprise LLC "Agro-Slava 2017" in the Khmelnytskyi region, Kamianets-Podilskyi district.

This article examines the peculiarities of the combined use of herbicides and biostimulants in corn, analyzing their interactions and impact on grain yield and quality. The study established that the effectiveness of herbicide and biostimulant combinations depends on the composition of the products and their influence on plant physiological processes. The highest yield was achieved with the application of a herbicide combination of rimsulfuron + 2,4-D + florasulam, which effectively controlled weeds, particularly broadleaf species. The addition of biostimulants to herbicides produced mixed results: in some cases, they improved crop structure, while in others, they intensified herbicidal stress.

Seaweed-based biostimulants influenced the formation of the number of ears per plant, especially Biostimulant 2, which contains a rich complex of phytohormones. However, additional ears often remained underdeveloped, which did not always lead to increased yields. Meanwhile, Biostimulant 1 positively affected structural yield elements, such as the number of kernel rows. In contrast, combinations of herbicides with Biostimulant 2, although promoting active plant growth, reduced the qualitative yield indicators.

It was found that the combination of 2,4-D-based herbicides with biostimulants containing natural auxins could trigger a synergistic phytotoxic effect. In some cases, yield reduction was observed due to hormonal imbalances and intensified herbicidal stress.

The obtained results highlight the need for further research on the interaction between herbicides and biostimulants, particularly in the context of increasing plant resistance to stress factors and improving yield quality characteristics. The implementation of rational application schemes for these products can ensure effective weed control while minimizing adverse effects on the crop.

Key words: herbicide, biostimulant, corn, yield, phytotoxicity, seaweed extract, sulfonylureas.

References

1. Volkodav, V.V. (2000). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuвання silskohospodarskykh kultur* [Methodology of state variety testing of agricultural crops]. Kyiv, 100 p. [in Ukrainian].
2. Hospodarenko, H.M. (2015). *Systema zastosuvannya dobrov: navch. posibnyk*. [Fertilizer application system: teaching manual]. Kyiv, 332 p. [in Ukrainian].
3. Abu-Qare, A.W., & Duncan, H.J. (2002). Herbicide Safeners: Uses, Limitations, Metabolism, and Mechanisms of Action. *Chemosphere*. 48. P. 965–974 [in English].
4. Balabanova, D.A., Paunov, M., Goltsev, V., et al. (2016). Photosynthetic Performance of the Imidazolinone Resistant Sunflower Exposed to Single and Combined Treatment by the Herbicide Imazamox and an Amino Acid Extract. *Front. Plant Sci.* 7. 1559 [in English].
5. Bezuglova, O.S., Gorovtsov, A.V., Polienko, E.A., et al. (2019). Effect of Humic Preparation on Winter Wheat Productivity and Rhizosphere Microbial Community under Herbicide-Induced Stress. *J. Soils Sediments*, 19. P. 2665–2675 [in English].
6. Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. *Agronomy*. 9. P. 306 [in English].
7. Chen, J., Yang, W., Li, J., et al. (2021). Effects of Herbicides on the Microbial Community and Urease Activity in the Rhizosphere Soil of Maize at Maturity Stage. *J. Sens.* Article ID 6649498. DOI: 10.1155/2021/6649498 [in English].
8. De Andrade, C.L., Da Silva, A.G., et al. (2020). Performance of soybeans with the application of glyphosate formulations in biostimulant association. *Rev. Caatinga*. 33. P. 371–383 [in English].
9. De Andrade, C.L., Da Silva, A.G., Melo, G.B., et al. (2018). Bioestimulantes Derivados de *Ascophyllum Nodosum* Associados ao Glyphosate nas Características Agronômicas da Soja RR. *Rev. Bras. Herbic.* 17. 592 [in English].
10. Du Jardin, P. (2015). Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. *Sci. Hortic.* 196. P. 3–14 [in English].
11. Du, Z., Zhu, Y., Zhu, L., et al. (2018). Effects of the Herbicide Mesotrione on Soil Enzyme Activity and Microbial Communities. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 164. P. 571–578 [in English].
12. Katsenios, N., Andreou, V., Sparangis, P., (2022). Assessment of Plant Growth Promoting Bacteria Strains on Growth, Yield and Quality of Sweet Corn. *Sci. Rep.* 12. 11598 [in English].
13. Li, J., Van Gerrewey, T., & Geelen, D. A (2022). Meta-Analysis of Biostimulant Yield Effectiveness in Field Trials. *Front. Plant Sci.* 13. P. 1–13 [in English].
14. Matysiak, K., Miziniak, W., et al (2018). Herbicides with Natural and Synthetic Biostimulants in Spring Wheat. *Cienc. Rural*. 48. e20180405 [in English].
15. Navarro-León, E., Borda, E., Marín, C., et al. (2022). Application of an Enzymatic Hydrolysed L- α -Amino Acid Based Biostimulant to Improve Sunflower Tolerance to Imazamox. *Plants*. 11. 2761 [in English].
16. Ortiz-Botella, M., Gómez, I., Paneque, P., et al. (2022). Use of Biostimulants Obtained from Okara in the Bioremediation of Soils Polluted by Imazamox. *Bioremediat. J.* 26. P. 53–63 [in English].
17. Panfili, I., Bartucca, M.L., Marrollo, G., et al. (2019). Application of a Plant Biostimulant to Improve Maize (*Zea mays*) Tolerance to Metolachlor. *J. Agric. Food Chem.* 67. P. 12164–12171 [in English].
18. Rehim, A., Amjad Bashir, M., Raza, Q.-U.-A., et al. (2021). Yield Enhancement of Biostimulants, Vitamin B12, and CoQ10 Compared to Inorganic Fertilizer in Radish. *Agronomy*. 11. 697 [in English].
19. Sangiorgio, D., Cellini, A., Donati, I., et al. (2020). Facing Climate Change: Application of Microbial Biostimulants to Mitigate Stress in Horticultural Crops. *Agronomy*. 10. 794 [in English].

-
20. Soltani, N., Shropshire, C., & Sikkema, P.H. (2015). Effect of Biostimulants Added to Postemergence Herbicides in Corn, Oats and Winter Wheat. *Agric. Sci.* 6. P. 527–534 [in English].
 21. Soltani, N., Shropshire, C., & Sikkema, P.H. (2015). Responses of Dry Bean to Biostimulants Added to Postemergence Herbicides. *Agric. Sci.* 6. P. 1023–1032 [in English].
 22. Tejada, M., García-Martínez, A.M., et al. (2010). Application of MCPA Herbicide on Soils Amended with Biostimulants: Short-Time Effects on Soil Biological Properties. *Chemosphere*. 80. P. 1088–1094 [in English].
 23. Tejada, M., García-Martínez, A.M., et al. (2012). Response of Biological Properties to the Application of Banvel (2,4-D+MCPA+Dicamba) Herbicide in Soils Amended with Biostimulants. *Springer*. P. 241–253 [in English].
 24. Tiryaki, D., Aydın, İ., & Atıcı, Ö. (2019). Psychrotolerant Bacteria Isolated from the Leaf Apoplast of Cold-Adapted Wild Plants Improve the Cold Resistance of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Low Temperature. *Cryobiology*. 86. P. 111–119 [in English].
 25. Yakhin, O.I., Lubyantsev, A.A., Yakhin, I.A., & Brown, P.H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front. Plant Sci.* 7. P. 2049 [in English].
 26. Yang, F., Gao, M., Lu, H., et al. (2021). Effects of Atrazine on Chernozem Microbial Communities Evaluated by Traditional Detection and Modern Sequencing Technology. *Microorganisms*. 9. 1832 [in English].

УДК 631.4

Винокурова Н. В.*здобувачка вищої освіти поза аспірантурою,
науковий співробітник лабораторії інструментальних методів досліджень ґрунтів,
стандартизації і метрології,**Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського»**Харків, Україна***E-mail:** *mega_nadi1980@ukr.net***ORCID:** 0000-0003-3876-480X**Солоха М. О.***доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник, завідувач лабораторії інструментальних методів досліджень ґрунтів,
стандартизації і метрології,**Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О. Н. Соколовського»**Харків, Україна***E-mail:** *solomax@ukr.net***ORCID:** 0000-0002-1860-0819

АПРОКСИМАЦІЯ ДАНИХ, ВИЗНАЧЕНИХ МЕТОДОМ СЕДИМЕНТАЦІЇ ЗА ДСТУ ISO 11277:2005 І МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЇ ДИФРАКЦІЇ

Анотація

Метод лазерної дифракції активно використовується у світовій практиці для аналізу текстурних характеристик ґрунтів. Але на сьогодні в Україні, на відміну від розвинених країн, дослідження з використання методу лазерної дифракції для визначення гранулометричного складу ґрунтів знаходяться на початковому етапі, потребують подальшого дослідження й адаптації в умовах України.

Метою статті є висвітлення аспектів вимірювання гранулометричного складу при апроксимації даних, визначених методом седиментації за ДСТУ ISO 11277:2005 і методом лазерної дифракції, на прикладі лазерного аналізатора частинок Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments із рідинним модулем диспергування Hydro EV.

У статті наведено оптимальні налаштування лазерного аналізатора частинок при вимірюванні гранулометричного складу ґрунту, удосконалено спосіб пробопідготовки перед вимірюванням на приладі та спосіб вибору оптимальних індексів рефракції зразків, за яким індекс рефракції приймається за найменшою сумарною різницею. Установлено, що оптимальним індексом рефракції при апроксимації даних методом лазерної дифракції та даних за ДСТУ ISO 11277:2005 для ґрунтів акумулятивного ряду (чорнозем типовий, чорнозем звичайний і темно-каштановий солонцюватий) є 1,41, для опідзоленого ряду (чорнозем опідзолений, сірий лісовий) – 1,42, для підзолистого ряду (дерновий середньоопідзолений) – 1,43. При цьому різниця по фракціях між методами для ґрунтів акумулятивного ряду не перевищує 3,5%, для опідзоленого ряду – 5,6%, для підзолистого ряду – до 6,5%. Установлено, що при підготовці ґрунтової проби подібно до ДСТУ ISO 11277:2005 і при запропонованих оптимальних індексах рефракції за даними, визначеними за методом лазерної дифракції, текстура ґрунту така сама, як і за даними ДСТУ ISO 11277:2005. Тобто метод лазерної дифракції може слугувати альтернативою класичному седиментаційному методу.

Ключові слова: ґрунт, гранулометричний склад, текстура ґрунту, лазерна дифракція, седиментація, підготовка проб, розмір частинок.

Вступ. Гранулометричний склад є одним із основних фізичних показників ґрунту, що визначається при встановленні родючості, якісного стану, деградації, екологічно безпечного зрошення тощо. Розроблення й удосконалення методики визначення гранулометричного складу ґрунту методом лазерної дифракції спрямовано на покращення методичної бази за рахунок оперативності, відтворюваності та імплементацію з міжнародною, це підтримує виконання цілей сталого розвитку України (Указ Президента України «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» від 30.09.2019 № 722/2019). Метод лазерної дифракції активно використовується у світовій практиці для аналізу текстурних характеристик ґрунтів. Згідно з нормативним документом ISO 13320:2020 [7], який регламентує вимірювання методом лазерної дифракції, «метод лазерної дифракції розвинувся настільки, що зараз він є домінуючим методом визначення розподілу розміру частинок (PSD)». Але на сьогодні в Україні, на відміну від розвинених країн, дослідження з використання методу лазерної дифракції для визначення гранулометричного складу ґрунтів знаходяться на початковому етапі й потребують подальшого дослідження й адаптації в умовах України.

Мета роботи – висвітлення аспектів вимірювання при апроксимації даних, визначених методом седиментації за ДСТУ ISO 11277:2005 [1] і методом лазерної дифракції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилося на лазерно-дифракційному аналізаторі розміру частинок Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments із рідинним модулем диспергування Hydro EV. Прилад має оптичний блок із джерелом світла з довжиною хвиль 632,8 нм і 86 детекторів, що дає змогу вимірювати частинки в діапазоні 0,1–1000 мкм. Під час роботи з приладом оператор повинен визначитися й установити такі параметри: дисперсійне середовище, час вимірювання, швидкість насоса та мішалки, модель розрахунку (модель наближення Фраунгофера, модель розсіювання Мі) тощо.

Аналіз публікацій різних авторів (П. Фішер [5], Д. Ігаз [6], К.С. Касмерчака [8], А. Мако [10], К. Полаковські [12] та інші) показав різноманітність підходів до роботи на лазерному дифрактометрі. На вибір підходу впливали конструктивні особливості приладу (об'єм і спосіб диспергування в модулі), методики підготовки проб для стандартизованих методів, з якими порівнювалися результати вимірювання, мети вимірювання (класифікації ґрунту, визначення впливу ультразвуку на частинки, стійкість агрегатів тощо).

За попередніми дослідженнями встановлено, що для Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments із рідинним модулем диспергування низька швидкість мішалки, інтегрованої з насосом (менше 1750 об/хв), призводить до осідання великих частинок на дно резервуару, диспергування та непотрапляння їх до вимірювальної кювети, а висока (більше ніж 2500 об/хв) – створює бульбашки, що спотворюють результати вимірювання. Установлено, що при використанні лазерного аналізатора частинок Mastersizer 3000E для визначення гранулометричного складу ґрунту оптимальними параметрами є такі: диспергатор – дистильована вода з коефіцієнтом заломлення 1,33, форма частинок – несферичні, тривалості вимірювання зразка й фону – 15 с, серія – 6, діапазон коректного вимірювання – 10–20%, швидкість мішалки з насосом для Hydro EV 2250–2500 об/хв. Для ґрунтових зразків бажано використовувати для обчислення даних модель розсіювання Мі. Складність розрахунку теорією Мі полягає в тому, що необхідно знати оптичні властивості як дисперсної системи, так і частинок, а саме індекс рефракції та індекс абсорбції. При визначенні гранулометричного складу встановлені оптичні показники (індекс рефракції й індекс абсорбції) ґрунту впливають на отриманий розподіл по фракціях, при цьому збільшення як індексу рефракції, так й індексу абсорбції призводять до зниження даних по фракції фізичної глини (< 0,001 мм) і мулу (< 0,001 мм). Ці показники для ґрунтових проб установлюються імперично, адже встановлення індексу рефракції з довідника призводить до отримання хибних значень [3].

Індекс абсорбції – це фізична величина, що є мірою кількості світла, яке поглинає частинка. Згідно з ISO13320:2020 [7], «ці дані можуть бути недоступними, особливо уявна (поглинаюча) частина. Ця уявна частина часто сильно залежить від довжини хвилі світла й часто отримує кінцеве значення для врахування специфічної структури поверхні частинок, наприклад, шорсткість поверхні. Позитивна уявна (поглинальна) частина показника заломлення частинки має типові значення від 0,001 до 0,1. Там, де очікується шорстка поверхня частинок, як у подрібненого повністю прозорого скла, можна застосувати значення від 0,01 до 0,03». Абсолютно чорних, білих і прозорих тіл у природі немає; у застосуванні до природних тіл ці поняття умовні. Ґрунтові зразки не є чистим мінералом, можуть мати домішки й шорсткість, тому приймаємо значення коефіцієнта поглинання 0,01.

Індекс рефракції – це фізична величина, що характеризує відмінність фазових швидкостей двох середовищ, яка дає змогу передбачити ступінь заломлення променя світла при проходженні з одного середовища в інше. Для видимого світла «майже всі тверді тіла та рідини мають індекс рефракції вище 1,3. Значення зазвичай вимірюються на довжині хвилі 589 нм, що відповідає дублетній D-лінії натрію в жовтій частині спектра» [2]. У більшості довідників наведені дані індексу рефракції саме для цієї довжини хвилі. Довжина хвилі лазерного аналізатора частинок Mastersizer 3000E є інша (632,8 нм), тому й показник заломлення може бути іншим, оскільки він залежить від довжини хвилі та властивостей матеріалу (мінерального складу, щільності, структурності). Для цієї довжини хвилі даних показника індексу рефракції в розповсюджених довідниках по оптичних властивостях мінералів немає. Можливо, через це автори статей із лазерної дифрактометрії Г. Ешель зі співавторами [4], Б.А. Міллер, Р.Дж. Шетт [11] та інші все ж таки використовували саме індекс рефракції мінералів для жовтої лінії спектра з довідників. Натомість Є. Кондрова зі співавторами [9] відзначили, що зниження індексу рефракції призвело до збільшення вмісту глини. Також відомо, що ґрунт – це гетерогенна система, яка може включати різні мінерали, тому ансамбль частинок вірогідніше за все матиме своєрідний коефіцієнт заломлення, притаманний певному типові ґрунту, і відрізнятиметься від довідникового.

Для максимального наближення даних, отриманих методом лазерної дифракції, з даними стандартизованого метода необхідно, щоб була не тільки однакова пробопідготовка ґрунтового зразка, а й оптимальний індекс рефракції, адже він суттєво впливає на розподіл часточок по фракціях.

В Україні при визначенні гранулометричного складу ґрунту, окрім ДСТУ 4730 2007, діє ще міжнародний стандарт ISO, який ратифікований у нашій країні, – це ДСТУ ISO 11277:2005. ДСТУ 4730 2007 і ДСТУ ISO 11277:2005, які хоч й основані на одному фізичному законі седиментації (закон Стокса) і вміст фракції в них визначається шляхом відбирання аліквоти суспензії з певної глибини та її подальшого випарювання та зважування, але мають певні відмінності: видалення органіки, спосіб дезагрегації, об'єм седиментаційної трубки тощо.

Щоб дані за ДСТУ ISO 11277:2005 були порівняльними з даними метода лазерної дифракції, необхідно щоб пробопідготовки були максимально подібними, тобто із застосуванням однакових реагентів і процедур. З огляду на конструктивні особливості лазерного аналізатора частинок Mastersizer 3000E фірми Malvern з рідинним модулем диспергування Hydro EV, у підготовці проби перед аналізуванням на приладі використані деякі зміни в методиці за ДСТУ ISO 11277:2005. Після розкладання органічної речовини перекисом водню й видалення розчинних солей і гіпсу пробу ґрунту фільтруємо, слідкуючи за тим, щоб не було втрат ґрунту. Розгорнувши фільтр, переносимо ґрунтову пробу до випарювальної чашки; випаровуємо з чашки зайву воду до переходу проби ґрунту з текучого стану в пластиліновий, охолоджуємо і створюємо ґрунтову однорідну пасту шляхом ретельного перемішування. Беремо з пасти частину, поміщаємо її в конічну колбу з дистильованою водою, додаємо в суспензію 6–10 мл диспергуючого розчину (33 г гексаметафосфату натрію і 7 г безводного карбонату натрію на 1 дм³) і струшуємо протягом 18 год. Далі проводимо вимірювання на лазерному аналізаторі частинок.

Для дослідження використані державний стандартний зразок складу (агрохімічних показників) чорнозему типового (ДСЗУ 163.5-2015) і галузеві стандартні зразки складу (агрохімічних показників) чорнозему звичайного малогумусного легкосуглинкового (ГСЗУ 163.1-2015), дерново-підзолистого супіщаного (ГСЗУ 163.2-2015), чорнозему опідзоленого важкосуглинкового (ГСЗУ 163.6-2019), сірого лісового важкосуглинкового (ГСЗУ 163.4-2019), темно-каштанового важкосуглинкового солонцюватого (ГСЗУ 163.3-2019) ґрунтів. Стандартні зразки використані, бо вони проходили перевірку на однорідність, що мінімізує похибку у вимірюваннях, пов'язану з неоднорідністю ґрунтової проби.

При апроксимації даних бажано, щоб дані вмісту гранулометричних фракцій, визначених методом лазерної дифракції, мали мінімальну різницю зі стандартизованим методом за ДСТУ ISO 11277:2005, тому запропоновано вибирати індекс рефракції за мінімальною сумарною різницею між методами. Для встановлення індексу рефракції для різних типів ґрунту проаналізовані зразки проб при різних індексах рефракції, наприклад, як для стандартних зразків ґрунту в таблиці 1, і визначена сума різниць по фракціях між методами для кожного зі зразків за формулою:

$$C = \sum_{i=n} |A_i - B_i|,$$

де С – сума різниць по фракціях між методами;

A_i – значення і-тої фракції, визначене за методом лазерної дифракції;

B_i – значення і-тої фракції, визначене за ДСТУ 4730:2007.

За даними таблиці 1, якщо як опорне значення використовуються дані ДСТУ ISO 11277:2005, при різних індексах рефракції найменша сумарна різниця для чорнозему типового становить 3,45% при індексі рефракції 1,41, для чорнозему звичайного – 6,35% при індексі рефракції 1,41, для темно-каштанового важкосуглинкового солонцюватого – 4,17% при індексі рефракції 1,41, для чорнозему опідзоленого – 11,14% при індексі рефракції 1,42, для сірого лісового – 9,91 при індексі рефракції 1,42, для дернового середньоопідзоленого – 12,61% при індексі рефракції 1,43. Тобто оптимальним індексом рефракції при апроксимації даних метода лазерної дифракції та даних за ДСТУ ISO 11277:2005 для ґрунтів акумулятивного ряду (чорнозем типовий, чорнозем звичайний і темно-каштановий солонцюватий) є 1,41, для опідзоленого ряду (чорнозем опідзолений, сірий лісовий) – 1,42, для підзолистого ряду (дерновий середньоопідзолений) – 1,43.

Аналіз по фракціях показує, що для ґрунтів акумулятивного ряду різниця по кожній із фракцій не перевищує 3,5%, для опідзоленого ряду – не перевищує 5,6%, для підзолистого ряду – не перевищує до 6,5% (див. таблицю 2). При цьому текстура ґрунту за трикутником Ферре встановлювався для двох методів однакова.

Таблиця 1. Уміст гранулометричних фракцій ґрунтових зразків

Назва зразка	За методом ЛД (індекс рефракції/індекс абсорбції)/за ДСТУ ISO 11277:2005	Уміст фракцій, %			Сумарна різниця між методами
		2–0,05 мм	0,05–0,002 мм	<0,002 мм	
1	2	3	4	5	6
Чорнозем типовий	1,39/0,01	3,29	41,34	55,36	34,50
	1,40/0,01	4,37	48,45	47,18	18,13
	1,41/0,01	5,03	55,13	39,84	3,45
	1,42/0,01	5,45	61,05	33,49	9,24
	1,43/0,01	6,06	65,93	28,01	20,21
	За ДСТУ ISO 11277:2005	5,07	56,82	38,12	
Чорнозем звичайний	1,38	8,14	32,51	59,35	47,64
	1,39	10,47	38,56	50,97	30,88
	1,4	10,39	45,3	44,31	17,56
	1,41	11,76	51,01	37,22	6,35
	1,42	12,84	55,95	31,22	12,84
	1,43	13,48	60,34	26,19	21,62
	За ДСТУ ISO 11277:2005	14,94	49,53	35,53	

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Темно-каштановий солонцюватий	1,38	11,33	36,64	52,02	45,88
	1,39	13,05	43,20	43,75	29,33
	1,4	14,43	49,14	36,43	14,69
	1,41	15,71	54,26	30,02	4,17
	1,42	16,21	58,97	24,82	11,71
	1,43	16,89	62,73	20,38	19,23
	За ДСТУ ISO 11277:2005	17,80	53,12	29,08	
Чорнозем опідзолений	1,38	8,04	35,37	56,59	55,89
	1,39	9,09	42,49	48,43	41,66
	1,4	9,98	49,09	40,93	28,45
	1,41	11,79	54,42	33,79	17,79
	1,42	12,13	59,62	28,25	11,14
	1,43	12,34	64,20	23,46	13,34
	За ДСТУ ISO 11277:2005	6,56	63,31	30,13	
Сірий лісовий	1,43	12,34	64,20	23,46	13,34
	1,38	7,52	36,77	55,71	57,88
	1,39	8,87	43,82	47,30	41,07
	1,4	9,92	50,48	39,61	25,67
	1,41	10,89	56,20	32,92	12,29
	1,42	11,30	61,47	27,23	9,91
	1,43	12,16	65,40	22,45	16,84
	1,44	11,59	69,48	18,98	24,96
	За ДСТУ ISO 11277:2005	16,26	56,98	26,77	
Дерновий середньоопідзолений	1,39	59,99	20,75	19,26	30,31
	1,4	63,58	21,68	14,74	23,13
	1,41	65,76	22,82	11,42	18,77
	1,42	67,65	23,46	8,88	14,98
	1,43	69,23	23,86	6,92	12,61
	1,44	70,12	24,31	5,57	13,52
	1,45	71,50	24,04	4,46	12,98
	За ДСТУ ISO 11277:2005	75,15	17,55	7,30	

Таблиця 2. Дані порівняння гранулометричних фракцій

Назва зразка	За методом ЛД (індекс рефракції)/за ДСТУ ISO 11277:2005	Уміст фракцій, %			Текстура ґрунту за міжнародною класифікацією
		2–0,05 мм	0,05–0,002 мм	<0,002 мм	
1		3	4	5	6
Чорнозем типовий	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,41)	5,05	55,13	39,84	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	5,07	56,82	38,12	silty clay loam
	Різниця	0,04	1,69	1,72	
Чорнозем звичайний	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,41)	11,76	51,01	37,22	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	14,94	49,53	35,53	silty clay loam
	Різниця	3,18	1,48	1,69	
Темно-каштановий солонцюватий	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,41)	15,71	54,26	30,02	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	17,80	53,12	29,08	silty clay loam
	Різниця	2,09	1,14	0,94	
Чорнозем опідзолений	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,42)	12,13	59,62	28,25	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	6,56	63,31	30,13	silty clay loam
	Різниця	5,57	3,69	1,88	
Сірий лісовий	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,42)	11,30	61,47	27,23	silty clay loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	16,26	56,98	26,77	silty clay loam
	Різниця	4,96	4,49	0,46	

Продовження таблиці 2

1		3	4	5	6
Дерновий середньоопідзолений	За методом ЛД (індекс рефракції – 1,43)	69,23	23,86	6,92	sandy loam
	За ДСТУ ISO 11277:2005	75,15	17,55	7,30	sandy loam
	Різниця	5,92	6,31	0,38	

Отже, при підготовці ґрунтової проби подібно до ДСТУ ISO 11277:2005 та при запропонованому способі встановлення індексу рефракції текстура ґрунту встановлюється для обох методів однаково, а отже, дані, отримані методом лазерної дифракції, суттєво не відрізняються від даних, отриманих ДСТУ ISO 11277:2005.

Висновки. У роботі висвітлено аспекти вимірювання при апроксимації даних, визначених методом седиментації за ДСТУ ISO 11277:2005 і методом лазерної дифракції. Наведено оптимальні налаштування лазерного дифрактометра при вимірюванні гранулометричного складу ґрунту, удосконалено спосіб пробопідготовки перед вимірюванням на приладі, спосіб вибору оптимальних індексів рефракції зразка. Установлено, що при підготовці ґрунтової проби подібно до ДСТУ ISO 11277:2005 і при запропонованих оптимальних індексах рефракції за даними, визначеними за методом лазерної дифракції, текстура ґрунту така сама, як і за даними ДСТУ ISO 11277:2005. Тобто метод лазерної дифракції може слугувати альтернативою класичному седиментацийному методу.

Список використаних джерел

1. ДСТУ ISO 11277:2005 Якість ґрунту. Визначення гранулометричного складу мінерального матеріалу ґрунту. Метод просіювання і седиментації (ISO 11277:1998, IDT). [Чинний від 2006–07–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 59 с.
2. Показник заломлення. *Вікіпедія: вільна енциклопедія*. URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/Показник_заломлення (дата звернення: 15.02.2025).
3. Солоха М.О., Винокурова Н.В. Методичні та технічні аспекти визначення гранулометричного складу піщаних зразків ґрунту за допомогою лазерного дифрактометра. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 137–143. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2022.13.21>.
4. Eshel G., Levy G.J., Mingelgrin U., Singer M.J. Critical Evaluation of the Use of Laser Diffraction for Particle-Size Distribution Analysis. *Soil Science Society of America* 2004. Vol. 68. P. 736–743. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.7360>.
5. Fisher P., Aumann C., Chia K., O'Halloran N., Chandra S. Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12 (5) DOI: 10.1371/journal.pone.0176510.
6. Igaz D., Aydin E., Šinkovičová M., Šimanský V., Tall A., Horák J. Laser diffraction as an innovative alternative to standard pipette method for determination of soil texture classes in central Europe. *Water*. 2020. № 5. P. 1232. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12051232>.
7. ISO 13320:2020 Particle size analysis. Laser diffraction methods. [2020-01-06]. Geneva, Switzerland : International Organization for Standardization, 2020. 66 p.
8. Kasmerchaka C.S., Masonb J.A., Liangb M. Laser diffraction analysis of aggregate stability and disintegration in forest and grassland soils of northern Minnesota, USA. *Geoderma* 2019. Vol. 338. P. 430–444. <http://dx.doi.org/10.3390/app11104427>.
9. Kondrlova E., Igaz D., Horak J. Effect of calculation models on particle size distribution estimated by laser diffraction. *J. Ege Univ. Fac. Agric.* 2015. Vol 52. P. 21–27. URL: https://www.researchgate.net/publication/299263782_Effect_of_calculation_models_on_particle_size_distribution_estimated_by_laser_diffraction (дата звернення: 15.02.2025).
10. Makó A., Szabó B., Rajkai K., Szabó J., Bakacsi Z., Labancz V., Hernádi H., Barna G. Evaluation of soil texture determination using soil fraction data resulting from laser diffraction method. *International Agrophysics*. 2019. Vol. 33 (4). P. 445–454. DOI: <https://doi.org/10.31545/intagr/113347>.
11. Miller B.A., Schaetzl R.J. Precision of soil particle size analysis using laser diffractometry. *Soil Science Society of America Journal*. 2011. Vol. 76 (5). P. 1719–1727. DOI: <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2011.0303>.
12. Polakowski C., Ryżak M., Sochan A., Beczek M., Mazurand R., Bieganski A. Particle Size Distribution of Various Soil Materials Measured by Laser Diffraction – The Problem of Reproducibility. *Minerals*. 2021. Vol. 11 (5). P. 465. DOI: <https://doi.org/10.3390/min11050465>.

Vynokurova N. V.

Candidate for Higher Education Outside Postgraduate Studies,
Research Associate at the Laboratory of Instrumental Methods of Soil Research, Standardization and Metrology,
National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky”
Kharkiv, Ukraine

E-mail: mega_nadi1980@ukr.net

ORCID: 0000-0003-3876-480X

Solokha M. O.

*Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Head of the Laboratory of Instrumental Methods of Soil Research, Standardization and Metrology,
National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky"
Kharkiv, Ukraine*

E-mail: solomax@ukr.net

ORCID: 0000-0002-1860-0819

APPROXIMATION OF DATA DETERMINED BY THE SEDIMENTATION METHOD ACCORDING TO DSTU ISO 11277:2005 AND BY THE LASER DIFFRACTION METHOD

Abstract

The laser diffraction method is actively used in world practice for the analysis of textural characteristics of soils. But at present in Ukraine, unlike developed countries, research on the use of the laser diffraction method for determining the grain size distribution of soils is at an initial stage and requires further research and adaptation in the conditions of Ukraine.

The aim of the article is to highlight the aspects of measuring the grain size distribution when approximating data determined by the sedimentation method according to DSTU ISO 11277:2005 and by the laser diffraction method. on the example of the Mastersizer 3000E laser particle analyzer from Malvern Instruments with a Hydro EV liquid dispersion module.

The article presents the optimal settings of a laser diffractometer when measuring the grain size distribution of soil, an improved method of sample preparation before measurement on the device, and a method for selecting optimal refractive indices of samples, according to which the refractive index is taken according to the smallest total difference. It was established that the optimal refractive index when approximating the data of the laser diffraction method and the data according to DSTU ISO 11277:2005 for soils of the accumulative series (typical chernozem, ordinary chernozem and dark chestnut solonchik) is 1.41, for the podzolized series (podzolized chernozem, gray forest) – 1.42, for the podzolic series (sodden podzolized) – 1.43. At the same time, the difference in fractions between the methods for soils of the accumulative series does not exceed 3.5%, for the podzolized series – does not exceed 5.6%, for the podzolic series – does not exceed 6.5%. It was established that when preparing a soil sample in accordance with DSTU ISO 11277:2005 and with the proposed optimal refractive indices according to the data determined by the laser diffraction method, the soil texture is the same as according to DSTU ISO 11277:2005. That is, the laser diffraction method can serve as an alternative to the classical sedimentation method.

Key words: soil, granulometric composition, soil texture, laser diffraction, sedimentation, sample preparation, particle size.

References

1. Yakist gruntu. Vyznachennya granulometrychnogo skladu mineralnogo materialu gruntu. Metod prosiyuvannya i sedymyntacyi b [Soil quality. Determination of particle size distribution in mineral soil material]. (2006). *DSTU ISO 11277:2005, from 1st July 2006*. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
2. Pokaznyk zalomlennia [Refractive index]. *Vikipediia: vilna entsyklopediia [Wikipedia: The Free Encyclopedia]*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Показник_заломлення (Last accessed: 15.02.2025) [in Ukrainian].
3. Solokha, M.O., & Vynokurova, N.V. (2022). Methodical and technical aspects of determination of granulometric composition of sandy soil samples under assistant assistant [Methodological and technical aspects of determining the particle size distribution of sandy soil samples using a laser diffractometer]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, 13, 137–143. Retrieved from: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.21> [in Ukrainian].
4. Eshel, G., Levy, G.J., Mingelgrin, U., & Singer, M.J. (2004). Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis. *Soil Science Society of America*. 68, 736–743. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.7360> [in English].
5. Fisher, P., Aumann, C., Chia, K., O'Halloran, N., & Chandra, S. (2017). Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis. *PLoS ONE*. 12(5), Article e017651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176510> [in English].
6. Igaz, D., Aydin, E., Šinkovičová, M., Šimanský, V., Tall, A., & Horák, J. (2020). Laser diffraction as an innovative alternative to standard pipette method for determination of soil texture classes in central Europe. *Water* 12(5), 1232. <https://doi.org/10.3390/w12051232> [in English].
7. International Organization for Standardization (2020). Particle size analysis – Laser diffraction methods. (ISO Standard No 13320:2020(E)). Second edition 2020–01 [in English].
8. Kasmerchaka, C.S., Masonb, J.A., & Liangb, M. (2019). Laser diffraction analysis of aggregate stability and disintegration in forest and grassland soils of northern Minnesota, USA. *Geoderma*. 338, 430–444. <http://dx.doi.org/10.3390/app11104427> [in English].
9. Kondrlova, E., Igaz, D., & Horak, J. (2015). Effect of calculation models on particle size distribution estimated by laser diffraction. *J. Ege Univ. Fac. Agric* 52, 21–27. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/299263782_Effect_of_calculation_models_on_particle_size_distribution_estimated_by_laser_diffraction [in English].
10. Makó, A., Szabó, B., Rajkai, K., Szabó, J., Bakacsi, Z., Labancz, V., Hernádi, H., & Barna, G. (2019). Evaluation of soil texture determination using soil fraction data resulting from laser diffraction method. *Int. Agrophys*, 33, 445–454. <https://doi.org/10.31545/intagr/113347> [in English].
11. Miller B.A., & Schaetz R.J. (2011). Precision of soil particle size analysis using laser diffractometry. *Soil Science Society of America Journal*. 76, 1719–1727. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2011.0303> [in English].
12. Polakowski, C., Ryzak, M., Sochan, A., Beczek, M., Mazur, R., & Bieganski, A. (2021). Particle size distribution of various soil materials measured by laser diffraction – the problem of reproducibility. *Minerals*. 11(5), 465. <https://doi.org/10.3390/min11050465> [in English].

УДК 633.111.1:631.53.04

Вінюков О. О.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
директор,
Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук
Покровськ, Україна
E-mail: alex.agronomist@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2957-5487

Лапко О. Б.

молодший науковий співробітник відділу селекції, насінництва та технологій виробництва
сільськогосподарської продукції,
Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція
Національної академії аграрних наук
Покровськ, Україна
E-mail: lapkoaleksey@gmail.com
ORCID: 0009-0006-4687-6114

РЕАКЦІЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ РІЗНОВИДІВ *LUTESCENS* ТА *ERYTHROSPERMUM* НА ТЕРМІНИ СІВБИ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

Для отримання високих і сталих урожаїв зерна необхідні сприятливі погодні умови впродовж усього періоду вегетації рослин, однак останні залежать від природних факторів, які неможливо корегувати. Змінюючи строки сівби в допустимих межах, можна впливати на забезпеченість рослин теплом і сонячною радіацією, тобто побічно оптимізувати біотичні й абіотичні фактори життєдіяльності зернових культур. Рослини пшениці озимої різних різновидів мають генетичні відмінності в потребах до термінів сівби, тому встановлення найбільш сприятливих термінів має наукове та практичне значення. Метою досліджень було встановлення найбільш сприятливих термінів сівби для різновидів пшениці озимої *Erythrospermum* і *Lutescens* в умовах Північного Степу України. Для досліджень використовували сорти пшениці озимої м'якої Вежа (*Lutescens*) і Юзовська (*Erythrospermum*). Установлено, що за більш пізніх термінів сівби (15 жовтня та 25 жовтня) міжфазний період сівба-сходи продовжується порівняно з ранніми термінами в середньому на одну добу незалежно від сорту. За першого терміну сівби (15 вересня) найтриваліший осінній період вегетації був у сорту Юзовська. При порівнянні із середньобагаторічним цей показник був більшим на 3 доби. У більш пізні терміни сівби тривалість осіннього періоду вегетації поступово зменшувалася незалежно від сорту. Біометричні показники рослин пшениці озимої наприкінці фази куціння залежали як від терміну сівби, так і від сорту, що вивчався. Найвищий коефіцієнт куціння в сорту Вежа (*Lutescens*) формувався за сівби 15 вересня – 2,82. Рослини сорту Юзовська (*Erythrospermum*) за цього терміну сівби формували коефіцієнт куціння на рівні 2,77. Найвищі коефіцієнти продуктивного куціння (2,15 та 1,83) у фазі воскової стиглості сформували рослини сорту Юзовська (*Erythrospermum*) за сівби 15 вересня й 5 жовтня відповідно. Найкращі біометричні показники рослин сорту Вежа (*Lutescens*) наприкінці вегетації формувалися за двох перших термінів сівби – 15.09 та 25.09, забезпечивши коефіцієнти продуктивного куціння на рівні – 2,03 й 1,88 відповідно. Отже, встановлено, що сорти обох різновидів мали найкращі біометричні показники за термін сівби 15 вересня.

Ключові слова: пшениця озима, різновид, термін сівби, міжфазний період, біометричні показники.

Вступ. Терміни сівби при вирощуванні пшениці озимої мають не менш важливе значення, ніж обробіток ґрунту, унесення добрив чи захист рослин. Із цим агротехнічним заходом тісно пов'язані інтенсивність росту рослин восени, накопичення запасних речовин у листках і вузлах куціння, набуття рослинами стійкості до несприятливих умов перезимівлі. Саме від термінів сівби значною мірою залежать ступінь пошкодження рослин шкідниками й ураження хворобами [3; 5; 9; 14; 18].

Для отримання високих і сталих урожаїв зерна необхідні сприятливі погодні умови впродовж усього періоду вегетації рослин, однак останні залежать від природних факторів, які неможливо корегувати. Проте, змінюючи терміни сівби в допустимих межах, можна впливати на забезпеченість рослин теплом і сонячною радіацією, тобто побічно оптимізувати біотичні й абіотичні фактори життєдіяльності зернових культур [8; 10; 13].

Сівба в оптимальні терміни має забезпечити проходження рослинами пшениці озимої в осінній період тих етапів органогенезу, від яких у подальшому залежатиме рівень життєдіяльності агробіоценозу та його продуктивність [2; 11]. За даними багатьох досліджень, одним із найважливіших заходів у вирощуванні пшениці озимої є сівба в оптимальні строки. Хоча це вже загальновизнаний факт, однак і нині порушення термінів сівби є чи не найбільш поширеною причиною значних щорічних недоборів урожаю зерна. Експериментальними досліджен-

нями встановлено, що зміщення строків сівби від оптимальних у бік як ранніх, так і пізніх призводить до різкого зниження врожайності [1; 12; 15; 16; 19; 20].

Загальні зміни клімату, точніше скорочення весняного періоду й подовження осіннього, змушують переглянути технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема зосередити увагу на термінах сівби, які значною мірою впливають на ріст, розвиток рослин пшениці озимої, перезимівлю, урожай і якість зерна. Як відомо, терміни сівби неоднакові для різних ґрунтово-кліматичних зон і мають коригуватися з урахуванням особливостей року, попередників, запасів вологи в ґрунті тощо [3; 11; 18; 20].

Правильне визначення термінів сівби в кожному конкретному випадку – одна з найбільш важливих умов збільшення врожаїв і зниження собівартості вирощування зерна. Саме ці обставини спонукали переглянути насамперед терміни сівби пшениці озимої, розвиток і врожайність якої значною мірою залежить від осінньо-зимового періоду вегетації [4; 5; 13].

Мета роботи полягала у визначенні найбільш сприятливих термінів сівби для різновидів пшениці озимої *Erythrospermum* і *Lutescens* в умовах Північного Степу України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили у 2021–2024 рр. на дослідному полі Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції Національної академії аграрних наук України, територія землекористування якої характеризується континентальним кліматом із жарким сухим літом, малосніжною з відлигами зимою [6]. За багаторічними даними, середньорічна температура повітря становить 7,6–8,0 °С.

Веgetаційний період триває 208 діб, а тривалість періоду з температурою вище за +10 °С становить 160–170 діб. Сума позитивних температур за вегетацію – 3010 °С. Безморозний період триває в середньому 150–160 діб, останні весняні заморозки спостерігаються 18–24 квітня, а перші осінні – 11–12 жовтня.

Середньорічна кількість опадів становить 542 мм, максимум опадів припадає на червень (середньобагаторічне 56 мм), які випадають у вигляді злив, мінімум – на березень (середньобагаторічне 35 мм). Гідротермічний коефіцієнт – 0,9. Запаси вологи в ґрунті формуються під впливом осінньо-весняних опадів.

Відносна вологість повітря в літні місяці – 58–63%, порівняно низька, що негативно позначається на вегетації рослин. Кількість діб із відносною вологістю повітря 30% і нижче – 60 за рік.

Ґрунтовий покрив місця проведення дослідів представлений чорноземом звичайним малогумусним, важкосуглинковим. Уміст гумусу в орному шарі становить 4,5%. Валовий уміст основних поживних речовин: N – 0,28–0,31%, P₂O₅ – 0,16–0,18%, K₂O – 1,8–2,0%. Реакція ґрунтового розчину гумусового горизонту чорнозему слаболужна, близька до нейтральної (рН водної суспензії – 6,9).

Посівна площа ділянки – 84 м², облікова – 76,9 м². Польові досліді закладені за методом послідовних ділянок, систематичним способом. Повторність – триразова.

Попередник – чорний пар. Мінеральні добрива (N₆P₂₆) уносили під час сівби. Сівбу здійснювали сівалкою СН-16 в агрегаті з трактором Т-25. Спосіб сівби – суцільний рядковий із шириною міжрядь 15 см. Норми висіву насіння – 4,0 млн. шт./га. Глибина загортання насіння в ґрунт – 4–5 см. З метою покращення умов для його проростання проводили ущільнення ґрунту кільцями-шпоровими котками ЗКШ-6А.

Технологія вирощування – загальноприйнята для зернових культур у східній частині Північного Степу, крім поставлених на вивчення питань, і відповідала зональним і регіональним рекомендаціям. Уміст цукрів у рослинах визначали за ДСТУ 7969:2015 «Пшениця озима. Методи визначення вмісту розчинних вуглеводів у вузлах коущення».

Основний метод досліджень – польовий, який доповнювався аналітичними дослідженнями, вимірами, підрахунками й спостереженнями відповідно до загальноприйнятих методик і методичних рекомендацій у рослинництві [7]. Статистична оцінка виконана за допомогою ПКП «Statistica».

Для сівби використовували сорти пшениці озимої м'якої Вежа (*Lutescens*) (ПУ від 26.10.2021 № 210883) і Юзовська (*Erythrospermum*) (ПУ від 13.02.2018 № 180462) селекції Донецької ДДСДС НААН. Вежа (*Lutescens*) – середньоранній за строками дозрівання сорт (веgetаційний період – 292 дні). Юзовська (*Erythrospermum*) – скоростиглий сорт, тривалість веgetаційного періоду – 275 діб.

За результатами проведених досліджень, встановлено, що тривалість міжфазного періоду сівба-сходи була різною залежно від погодних умов, що склалися по роках досліджень, окремо взятого терміну сівби й особливостей сорту пшениці озимої (таблиця 1). Значний вплив на проростання насіння й появу сходів мала середньодобова температура повітря, особливо за останнього терміну сівби.

Таблиця 1. Тривалість періоду сівба – сходи сортів пшениці озимої різних різновидів залежно від термінів сівби, діб (середнє за 2021–2023 рр.)

Сорт	Показник	Термін сівби				
		15.09	25.09	05.10	15.10	25.10
Юзовська (<i>Erythrospermum</i>)	Тривалість періоду сівба-сходи	6	6	7	7	7
	Середньодобова температура повітря, °С	16,3	13,9	9,8	8,7	8,3
Вежа (<i>Lutescens</i>)	Тривалість періоду сівба-сходи	7	7	7	8	8
	Середньодобова температура повітря, °С	16,3	13,9	9,8	8,7	8,3

Аналіз тривалості міжфазних періодів сорту пшениці озимої Юзовська в роки проведення досліджень показав, що найкоротший період сівба-сходи був за перших термінів сівби (15 вересня та 25 вересня) і становив 6 діб. Починаючи з третього терміну сівби (05 жовтня), період сівба-сходи дорівнював 7 діб.

Сорт Вежа за сівби 15 вересня, 25 вересня й 5 жовтня мав тривалість міжфазного періоду сівба-сходи 7 діб. При більш пізніх строках сівби (15 жовтня та 25 жовтня) тривалість періоду сівба-сходи була найвищою в досліді і становила 8 діб.

Скорочення міжфазного періоду сівба-сходи дає змогу рослинам пшениці озимої сформувати більш розвинену вегетативну й кореневу системи через зменшення витрат поживних речовин насіння на процес дихання під час проростання. Пізні сходи пшениці озимої зазвичай потрапляють у температурні умови, які не відповідають їх біологічним потребам. Незважаючи на достатню кількість вологи в осінній період, рослини не встигають до припинення осінньої вегетації сформувати розвинену вегетативну та кореневу системи й накопичити достатню кількість пластичних речовин. У результаті вони менш стійкі до несприятливих умов зимового періоду.

Поступове зниження температури повітря і ґрунту призводить до уповільнення ростових процесів у рослин. Стійкий перехід середньодобових температур нижче за +5 °C визначає момент припинення осінньої вегетації пшениці озимої. Це є важливим індикатором для визначення тривалості осінньої вегетації рослин, особливо щодо термінів сівби (таблиця 2).

Таблиця 2. Тривалість періоду сходи-припинення осінньої вегетації сортів пшениці озимої різних різновидів залежно від термінів сівби, діб (середнє за 2021–2023 рр.)

Лапко О. Б.	Показник	Термін сівби				
		15.09	25.09	05.10	15.10	25.10
Юзовська (<i>Erythrospermum</i>)	Тривалість осіннього періоду вегетації	53,0	43,0	32,0	22,0	12,0
	Відхилення від середньобагаторічного	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0
Вежа (<i>Lutescens</i>)	Тривалість осіннього періоду вегетації	52,0	42,0	32,0	21,0	11,0
	Відхилення від середньобагаторічного	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Середньобагаторічна тривалість осіннього періоду вегетації		50	40	30	20	10

Середньобагаторічною датою припинення осінньої вегетації пшениці озимої в умовах Донецької області є 11 листопада. За роки досліджень тривалість осінньої вегетації рослин пшениці озимої різнилася й залежала від дати її припинення в окремо взятий рік. Так, за першого терміну сівби найтривалішим осінній період вегетації був у сорту Юзовська. При порівнянні із середньобагаторічною нормою цей показник був більшим на 3 доби.

У більш пізні терміни сівби тривалість осіннього періоду вегетації поступово зменшувалася незалежно від сорту. Проте в роки проведення досліджень за кількістю діб цей період перевищував середньобагаторічний показник незалежно від терміну сівби й сорту пшениці озимої.

Щодо стану рослин на час припинення осінньої вегетації в середньому за роки проведення досліджень при першому (15 вересня) і другому (25 вересня) термінах сівби в рослин відмічався перехід до III етапу органогенезу – фази кушіння (таблиця 3). Середня глибина залягання вузла кушіння становила 3–4 см.

Таблиця 3. Розвиток рослин пшениці озимої сортів Юзовська (*Erythrospermum*) і Вежа (*Lutescens*) на час припинення осінньої вегетації залежно від термінів сівби (2021–2023 рр.)

Сорт	Висота рослин, см	Глибина залягання вузла кушіння, см	Кількість на рослині, шт.		Уміст цукрів у рослинах, %
			стебел	вузлових коренів	
I термін сівби (15 вересня)					
Юзовська	15,5	2,9	2,5	1,9	36,07
Вежа	15,0	2,6	2,7	2,3	26,70
II термін сівби (25 вересня)					
Юзовська	12,5	4,7	1,6	0,9	27,96
Вежа	12,2	3,7	2,0	1,0	29,19
III термін сівби (05 жовтня)					
Юзовська	12,1	3,8	1,2	0,5	31,18
Вежа	12,0	5,2	1,1	-	29,40
IV термін сівби (15 жовтня)					
Юзовська	9,5	-	1,1	-	20,22
Вежа	9,7	-	0,8	-	19,77
V термін сівби (25 жовтня)					
Юзовська	6,3	-	0,5	-	19,12
Вежа	6,0	-	-	-	18,89

Найбільші значення кількості стебел і вторинних коренів на рослині серед сортів, що вивчалися, установлені в рослин сорту Вежа.

За четвертого (15 жовтня) і п'ятого (25 жовтня) термінів сівби в рослин відмічався перехід від I до II етапу органогенезу – фази сходів. Лише рослини сорту Юзовська в окремі роки формували 1 пагін, що відповідає II етапу органогенезу.

Після припинення осінньої вегетації проводився аналіз рослинних зразків на вміст цукрів. Із таблиці видно, що незалежно від сорту й терміну сівби рослини пшениці озимої накопичували достатню кількість поживних речовин для доброї перезимівлі. Найбільшу кількість поживних речовин, окрім другого терміну сівби, накопичили рослини пшениці озимої сорту Юзовська.

Наприкінці фази кушіння проводився аналіз рослинних зразків для визначення біометричних показників у цю фазу (таблиця 4).

Таблиця 4. Біометричні показники рослин пшениці озимої сортів Юзовська (*Erythrospermum*) і Вежа (*Lutescens*) наприкінці фази кушіння (2022–2024 рр.)

Сорт (В)	Висота рослин, см	Коефіцієнт кушіння	Кількість вузлових коренів на 1 рослині, шт.
I термін сівби (15 вересня) (А)			
Юзовська	46,0	2,77	3,1
Вежа	49,0	2,82	3,4
II термін сівби (25 вересня)			
Юзовська	45,7	2,13	3,2
Вежа	48,2	2,19	3,4
III термін сівби (05 жовтня)			
Юзовська	45,1	2,17	2,9
Вежа	46,6	2,12	3,1
IV термін сівби (15 жовтня)			
Юзовська	44,2	1,71	2,6
Вежа	46,2	2,10	2,9
V термін сівби (25 жовтня)			
Юзовська	44,0	1,68	2,4
Вежа	45,8	2,10	2,8
НІР ₀₅ А	0,4	0,1	0,2
В	0,8	0,3	0,2
АВ	0,6	0,2	0,3

Висота рослин – це сортова ознака, яка передусім від ґрунтово-кліматичних умов конкретного року, а також, як демонструють наші дослідження, від терміну сівби. Незалежно від сорту за перших трьох термінів сівби висота рослин була приблизно однаковою. Різке зниження цього показника відмічалось за останніх термінів сівби (15 жовтня та 25 жовтня). У сорту Юзовська висота зменшилася на 2,0 см, порівняно з першими строками, а в сорту Вежа – на 3,0 см відповідно. Тобто можна зробити висновок, що рослини сорту Вежа більш чутливі до строків сівби.

Коефіцієнт кушіння так само залежав від варіантів досліду. Так, найвищим цей показник був у сорту Вежа за сівби 15 вересня – 2,82. Рослини сорту Юзовська формували коефіцієнт кушіння на рівні 2,77.

За більш пізніх термінів сівби цей показник знижується незалежно від сорту. Найнижчим він був за сівби 25 жовтня та склав: у сорту Юзовська – 1,68; у сорту Вежа – 2,10.

Аналіз рослинних зразків для визначення кількості вторинних коренів на одній рослині демонструє різке зниження цього показника, починаючи із сівби 5 жовтня. Наприкінці вегетації рослин пшениці озимої проводився аналіз біометричних показників, який демонстрував вплив термінів сівби на формування рослинами продуктивного стеблостою (таблиця 5).

Біометричні показники рослин сорту Юзовська істотно змінювалися залежно від терміну сівби. За перший і третій терміни сівби кількість продуктивних стебел (494,5 і 454,5 шт./м²) була більшою порівняно з показниками сорту Вежа (484,5 і 430,0 шт./м²), причому загальна кількість стебел була більшою, ніж у сорту Вежа за другий і третій терміни сівби (509,5 і 538,5 шт./м² проти 481,5 і 520,5 шт./м²). В інших випадках спостерігалася більша кількість загальних і продуктивних стебел у сорту Вежа.

Найвищі коефіцієнти загального кушіння (2,77 і 2,17) і продуктивного кушіння (2,15 та 1,83) формували рослини сорту Юзовська за сівби 15 вересня й 5 жовтня відповідно.

Найкращі біометричні показники рослин сорту Вежа формувалися за двох перших термінів сівби – 15.09 і 25.09, забезпечивши коефіцієнти загального й продуктивного кушіння на рівні – 2,82 і 2,19; 2,03 та 1,88 відповідно.

При порівнянні коефіцієнтів загального кушіння до продуктивного спостерігається мінімальна різниця між коефіцієнтами в рослин пізніх термінів сівби, які формують вищий відсоток продуктивних пагонів. Це є важливим аспектом з агротехнічного погляду, оскільки такі рослини ефективніше використовують поживні речовини для формування зерна, а не вегетативної маси, як це характерно для рослин ранніх термінів сівби.

Таблиця 5. Біометричні показники рослин пшениці озимої сортів у фазі воскової стиглості Юзовська (*Erythrospermum*) і Вежа (*Lutescens*) залежно від термінів сівби (2022–2024 рр.)

Сорт (В)	Висота рослин, см	Кількість стебел, шт./м²		Коефіцієнт кушіння	
		загал.	прод.	загал.	прод.
І термін сівби (15 вересня) (А)					
Юзовська Вежа	81,9	638,5	494,5	2,77	2,15
	96,4	674,0	484,5	2,82	2,03
ІІ термін сівби (25 вересня)					
Юзовська Вежа	81,5	509,5	398,5	2,13	1,67
	80,0	481,5	413,6	2,19	1,88
ІІІ термін сівби (05 жовтня)					
Юзовська Вежа	84,4	538,5	454,5	2,17	1,83
	85,0	520,5	430,0	2,12	1,76
ІV термін сівби (15 жовтня)					
Юзовська Вежа	74,2	462,5	370,5	1,71	1,37
	79,4	526,5	389,0	2,10	1,55
V термін сівби (25 жовтня)					
Юзовська Вежа	72,0	454,5	365,5	1,68	1,35
	79,1	525,0	389,0	2,10	1,55
НІР ₀₅ А В АВ	0,5	9,4	7,3	0,1	0,1
	1,6	11,2	8,6	0,1	0,2
	1,4	10,5	7,9	0,1	0,1

Аналізуючи ступінь розвитку рослин за біометричними показниками залежно від строку сівби й сортових особливостей, можемо зробити висновок, що рослини пшениці озимої сорту Юзовська (*Erythrospermum*) формують вищі біометричні показники за більш ранні терміни сівби (15.09 та 25.09) з різким зниженням значень цих показників при пізніх. Рослин сорту Вежа (*Lutescens*) також формували кращі біометричні показники при ранніх термінах сівби, проте за більш пізні терміни сівби зниження величин біометричних показників було меншим порівняно із сортом Юзовська (*Erythrospermum*).

Висновки. Дослідженнями встановлено, що за терміни сівби 15 жовтня та 25 жовтня міжфазний період сівба-сходи подовжується порівняно з ранніми термінами в середньому на одну добу незалежно від сорту.

За першого терміну сівби (15 вересня) найтриваліший осінній період вегетації був у сорту Юзовська (*Erythrospermum*). Порівняно із середньобагаторічним цей показник був більшим на 3 доби.

Біометричні показники рослин пшениці озимої наприкінці фази кушіння залежали як від терміну сівби, так і від сорту, що вивчався. У більшості випадках спостерігалася більша кількість загальних і продуктивних стебел у сорту Вежа. Найвищий коефіцієнт кушіння в сорту Вежа (*Lutescens*) формувалася за сівби 15 вересня – 2,82. Рослини сорту Юзовська (*Erythrospermum*) за цього терміну сівби формували коефіцієнт кушіння на рівні 2,77. Аналіз рослинних зразків для визначення кількості вторинних коренів на одній рослині демонструє різке зниження цього показника, починаючи із сівби 5 жовтня, незалежно від сорту.

Визначено, що найвищі коефіцієнти продуктивного кушіння у фазі воскової стиглості (2,15 та 1,83) рослини сорту Юзовська (*Erythrospermum*) формували за сівби 15 вересня й 5 жовтня відповідно, рослини сорту Вежа (*Lutescens*) – 15.09 та 25.09, забезпечивши коефіцієнти продуктивного кушіння на рівні – 2,03 та 1,88 відповідно.

За результатами трирічних досліджень встановлено, що незалежно від сорту найкращі біометричні показники мали рослини першого терміну сівби (15 вересня).

Список використаних джерел

- Вінюков О.О., Вискуб Р.С., Чугрій Г.А. Формування продуктивності рослин пшениці озимої залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 47–57. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.6>.
- Гирка А.Д. Зимостійкість рослин озимої пшениці залежно від строків сівби. *Бюлетень Інституту зернового господарства УАН*. 2009. № 36. С. 45–49.
- Гирка А. Д., Педаш О. О., Кулик І. О., Вінюков О. О., Іщенко В. А. Продуктивність пшениці озимої залежно від строку сівби та норми висіву після ріпаку озимого в умовах Степу. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. № 7(1). Р. 30–36. <http://dx.doi.org/10.15421/201703>
- Желдубовський М.С., Ярошук С.В., Дубовик І.І. Вплив строків сівби на формування показників структури врожаю пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 67–72. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.9>.
- Кривенко А.І., Почколіна С.В., Безеде Н.Г. Урожайність та якість зерна перспективних сортів озимої пшениці за різними строками сівби в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 78–85. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.10>.
- Науково-обґрунтована система ведення агропромислового виробництва Донецької області. Донецьк : Регіон, 2007. 511 с.
- Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко та ін. Вінниця : ПП «ТД Едельвейс і К», 2014. 332 с.
- Ткачук В.П., Тимошук Т.М. Вплив строків сівби на продуктивність пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 3 (804). С. 38–44. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-05>.

9. Черенков А. В., Солодушко М. М., Ярошенко С. С., Гасанова І. І., Педаш О. О., Дудка М. І. Особливості вирощування пшениці озимої в Степу України: монографія. Київ: Аграрна наука, 2021. 184 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-521-4>
10. Чутрій Г. А., Вискуб Р. С., Поплевко В. І., Шульц П., Скиппа Н. Л. Наукові принципи підбору сортів пшениці м'якої озимої за адаптивними ознаками. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 60–67. doi: 10.31210/visnyk2022.02.01
11. Чутрій Г.А. Оцінка ефективності вирощування пшениці озимої за трьома технологіями: інтенсивна, органо-адаптивна та органічна. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 112. С. 166–173. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.24>.
12. Чутрій Г.А. Ріст та розвиток рослин пшениці озимої залежно від строку сівби в умовах північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 122. С. 139–144. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.20>.
13. Чутрій Г.А. Формування врожайності пшениці озимої залежно від елементів технології вирощування в умовах північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 152–157. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.21>.
14. Ярчук І.І., Мельник Т.В. Строки сівби і норми висіву пшениці твердої озимої. *Зернові культури*. 2018. Т 2. № 1. С. 94–100. DOI: 10.31867/2523- 4544/0013.
15. Diachenko G., Laktionov I., Vinyukov O., Likhushyna H. A Decision Support System for Wheat Powdery Mildew Risk Prediction Using Weather Monitoring, Machine Learning and Explainable Artificial Intelligence. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2025. 230. 109905. DOI:10.1016/j.compag.2025.109905
16. Intsar H.H., Wahid S.A., Al-Abodi H.M.K., Abdullah S., Mahamud R., Hossain B. Grain yield and quality of wheat as affected by cultivars and seeding rates. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*. 2019. № 3 (1). P. 8–12. DOI: 10.26480/mjsa.01.2019.08.12.
17. Karpenko O., Butenko Y., Rozhko V., Sykalo O., Chernega T., Kustovska A., Onychko V., Tymchuk D., Filon V., Novikova A. Influence of Agricultural Systems on Microbiological Transformation of Organic Matter in Wheat Winter Crops on Typical Black Soils. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23 (9). P. 181–186. <https://doi.org/10.12911/22998993/151885>.
18. Korkhova M., Smirnova I., Panfilova A., Bilichenko O. Productivity of winter wheat depending on varietal characteristics and pre-sowing treatment of seeds with biological products. *Scientific Horizons*. 2023. № 26 (5). P. 65–75. DOI: 10.48077/scihor5.2023.65.
19. Twizerimana A., Niyigaba E., Mugenzi I., Ngnadong W. A., Li C., Hao T.Q., Hai J.B. The Combined Effect of Different Sowing Methods and Seed Rates on the Quality Features and Yield of Winter Wheat. *Agriculture*. 202. № 10 (5). 153 p. DOI: 10.3390/agriculture10050153.
20. Vinyukov O., Vyskub R. Development of the concept of a productive adaptive model cultivation of winter wheat in conditions of insufficient moisture supply of the Steppe of Ukraine. *Danish scientific journal*. 2020. № 35. С. 9–16.

Viniukov O. O.

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director,
Donetsk State Agricultural Science Station of the National Academy of Agrarian Sciences
Pokrovsk, Ukraine*

E-mail: alex.agronomist@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2957-5487

Lapko O. B.

*Junior Researcher at the Department of Breeding, Seed Production and Agricultural Production Technologies,
Donetsk State Agricultural Science Station of the National Academy of Agrarian Sciences
Pokrovsk, Ukraine*

E-mail: lapkoaleksey@gmail.com

ORCID: 0009-0006-4687-6114

RESPONSE OF WINTER WHEAT VARIETIES OF *LUTESCENS* AND *ERYTHROSPERMUM* TO SOWING TIMES IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE

Abstract

To obtain high and stable grain yields, favorable weather conditions are necessary throughout the entire vegetation period of plants, but the latter depend on natural factors that cannot be adjusted. By changing the sowing dates within acceptable limits, it is possible to influence the provision of plants with heat and solar radiation, that is, indirectly optimize the biotic and abiotic factors of the vital activity of grain crops. Winter wheat plants of different varieties have genetic differences in their needs for sowing dates, therefore, establishing the most favorable dates is of scientific and practical importance. The purpose of the research was to establish the most favorable sowing dates for winter wheat varieties *Erythrospermum* and *Lutescens* in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. The varieties of winter wheat *Vezha* (*Lutescens*) and *Yuzovska* (*Erythrospermum*) were used for the research. It was found that at later sowing dates (October 15 and October 25), the interphase period sowing-seedlings is extended compared to early dates by an average of one day, regardless of the variety. It was found that at the first sowing date (September 15), the longest autumn vegetation period was in the *Yuzovska* variety. When compared with the average multi-year norm, this indicator was 3 days longer. At later sowing dates, the duration of the autumn vegetation period gradually decreased regardless of the variety. Biometric indicators of winter wheat plants at the end of the tillering phase depended on both the sowing date and the variety under study. The highest tillering coefficient in the *Vezha* (*Lutescens*) variety was formed when sowing on September 15 – 2.82. Plants of the *Yuzovska* variety (*Erythrospermum*) at this sowing date formed a tillering coefficient of 2.77. The highest coefficients of productive tillering at the end of the growing season

(2.15 and 1.83) of the Yuzovska variety (*Erythrospermum*) were formed by plants sown on September 15 and October 5, respectively. The best biometric indicators of plants of the Vezha variety (*Lutescens*) at the end of the growing season were formed during the first two sowing dates – September 15 and September 25, providing coefficients of productive tillering at the level of 2.03 and 1.88, respectively. Thus, it was established that the varieties of both varieties had the best biometric indicators for the sowing date of September 15.

Key words: winter wheat, variety, sowing date, biometric indicators, interphase period.

References

1. Vinyukov, O.O., Vyskub, R.S., & Chuhrii, H.A. (2021). Formuvannya produktyvnosti roslyn pshehytsi ozymoyi zalezno vid strokiv sivby [Formation of productivity of winter wheat plants depending on the terms of sowing]. *Taurida Scientific Herald*, 118, 47–57. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.6> [in Ukrainian].
2. Gyrka, A.D. (2009). Zymostyikist roslyn ozymoyi pshehytsi zalezno vid strokiv sivby [Winter hardiness of winter wheat plants depending on sowing dates]. *Bulletin of the Institute of Grain Farming of the Ukrainian Academy of Agricultural Sciences*, 36, 45–49 [in Ukrainian].
3. Gyrka, A.D., Pedash, O.O., Kulyk, I.O., Viniukov, O.O., & Ischenko, V.A. (2017). Produktyvnist pshehytsi ozymoyi zalezno vid stroku sivby ta normy vysivu pislya ripaku ozymoho v umovakh Stepu [Productivity of winter wheat after winter rape regards sowing time and seeding rate in Ukrainian Step conditions]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (1), 30–36. <http://dx.doi.org/10.15421/201703> [in Ukrainian].
4. Zheldubovskiy, M.S., Yaroshchuk, S.V., & Dubovyk, I.I. (2024). Vplyv strokiv sivby na formuvannya pokaznykiv struktury vrozhayu pshehytsi ozymoyi [The influence of sowing dates on the formation of indicators of the structure of the winter wheat harvest]. *Agrarian Innovations*, 24, 67–72. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.9> [in Ukrainian].
5. Krivenko, A.I., Pochkolina, S.V., & Bezede, N.G. (2019). Urozhaynist ta yakist zerna perspektyvnykh sortiv ozymoyi pshehytsi za riznymi strokami sivby v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Productivity and quality of grain of promising varieties of winter wheat at different sowing periods in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Taurida Scientific Herald*, 107, 78–85. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.10> [in Ukrainian].
6. Naukovo-obgruntovana systema vedennya ahropromyslovoho vyrobnytstva Donechchyny [Scientifically based system of management of agro-industrial production of Donetsk region]. (2007). Donetsk: «Region» [in Ukrainian].
7. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.G., Kostogryz, P.V., & Opryshko, V.P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomiyi [Fundamentals of Scientific Research in Agronomy]. Vinnytsia: PP «TD Edelweiss and K» [in Ukrainian].
8. Tkachuk, V., & Tymoshchuk, T. (2020). Vplyv strokiv sivby na produktyvnist pshehytsi ozymoyi [Influence of terms of sowing on the productivity of winter wheat]. *Bulletin of Agricultural Science*, 3 (804), 38–44. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003-05> [in Ukrainian].
9. Cherenkov A.V., Solodushko M.M., Yaroshenko S.S., Hasanova I.I., Pedash O.O., & Dudka M.I. (2021). Osoblyvosti vyroshchuvannya pshehytsi ozymoyi v Stepu Ukrainy: monohrafiya [Peculiarities of growing winter wheat in the Steppe of Ukraine: monograph]. Kyiv: Agrarna nauka. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-521-4> [in Ukrainian].
10. Chuhrii H.A., Vyskub R.S., Poplevko V.I., Szulc P., & Sknypa N.L. (2022). Naukovi pryntsyipy pidboru sortiv pshehytsi m'yakoyi ozymoyi za adaptyvnyimi oznakamy [Scientific principles of selection of soft winter wheat varieties according to adaptive characteristics]. *Agrarian Innovations*, 11, 60–67. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.01 [in Ukrainian].
11. Chuhrii, H.A. (2020). Otsinka efektyvnosti vyroshchuvannya pshehytsi ozymoyi za troma tekhnolohiyamy: intensyvna, orhano-adaptyvna ta orhanichna [Evaluation of the effectiveness of growing winter wheat by three technologies: intensive, organo-adaptive and organic]. *Taurida Scientific Herald*, 111, 152–157. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.21> [in Ukrainian].
12. Chuhrii, H.A. (2021). Rist ta rozvytok roslyn pshehytsi ozymoyi zalezno vid stroku sivby v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Growth and development of winter wheat plants depending on sowing dates under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Taurida Scientific Herald*, 122, 139–144. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.122.20> [in Ukrainian].
13. Chugriy, A.A. (2020). Formuvannya vrozhaynosti pshehytsi ozymoyi zalezno vid elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [The formation of winter wheat productivity depending on the elements of growing technology in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Taurida Scientific Herald*, 111, 152–157. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.21> [in Ukrainian].
14. Yarchuk, I., & Melnik, T. (2018). Stroky sivby i normy vysivu pshehytsi tverdoyi ozymoyi [Sowing terms and norms of winter hard wheat]. *Grain Crops*, 1 (1), 94–100. DOI: 10.31867/2523-4544/0013 [in Ukrainian].
15. Diachenko, G., Laktionov, I., Vinyukov, O., & Likhushyna, H.A. (2025). Decision Support System for Wheat Powdery Mildew Risk Prediction Using Weather Monitoring, Machine Learning and Explainable Artificial Intelligence. *Computers and Electronics in Agriculture*, 230, 109905. DOI: 10.1016/j.compag.2025.109905 [in English].
16. Intsar, H.H., Wahid, S.A., Al-Abodi, H.M.K., Abdullah, S., Mahamud, R., & Hossain, B. (2019). Grain yield and quality of wheat as affected by cultivars and seeding rates. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*, 3 (1), 8–12. DOI: 10.26480/mjsa.01.2019.08.12 [in English].
17. Karpenko, O., Butenko, Y., Rozhko, V., Sykalo, O., Chernega, T., Kustovska, A., Onychko, V., Tymchuk, D., Filon, V., & Novikova, A. (2022). Influence of Agricultural Systems on Microbiological Transformation of Organic Matter in Wheat Winter Crops on Typical Black Soils. *Journal of Ecological Engineering*, 23(9), 181–186. <https://doi.org/10.12911/22998993/151885> [in English].
18. Korkhova, M., Smirnova, I., Panfilova, A., & Bilichenko, O. (2023). Productivity of winter wheat depending on varietal characteristics and pre-sowing treatment of seeds with biological products. *Scientific Horizons*, 26(5), 65–75. DOI: 10.48077/scihor5.2023.65 [in English].
19. Twizerimana, A., Niyigaba, E., Mugenzi, I., Ngnadong, W. A., Li, C., Hao, T.Q., & Hai, J.B. (2020). The Combined Effect of Different Sowing Methods and Seed Rates on the Quality Features and Yield of Winter Wheat. *Agriculture*, 10 (5), 153. DOI: 10.3390/agriculture10050153 [in English].
20. Vinyukov, O., & Vyskub, R. (2020). Development of the concept of a productive adaptive model cultivation of winter wheat in conditions of insufficient moisture supply of the Steppe of Ukraine. *Danish scientific journal*, 35, 9–16 [in English].

УДК 619:614.31: 637

Ганзюк Т. О.

аспірант кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: vtl280726p@ukr.net

Приліпко Т. М.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: vtl280726p@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8178-207X

Шуляр А. Л.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури
Поліський національний університет,
Житомир, Україна
E-mail: alyonashulyar7@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8462-2135

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОВИХ ПРОГРАМ НА ПРОДУКТИВНІ І ВІДТВОРНІ ПОКАЗНИКИ ІНДИЧОК

Анотація

У статті наведено результати досліджень з вивчення впливу на продуктивні та відтворні показники індиків розробленого ресурсозберігаючого режиму освітлення при застосуванні різних рівнів освітленості. Тривалість періоду досліджень склала 24 тижні. Протягом періоду досліджень не було відмічено загибелі та вибракування птиці, пов'язаного з досліджуваними параметрами світлових програм. У дорослої птиці у репродуктивний період відповідними світловими програмами стимулюється початок яйцекладки та підтримання в організмі необхідного рівня гонадотропних гормонів, які посилюють функції органів розмноження. Встановлено, що при недостатніх тривалості світлового дня та рівня освітленості утворення гонадотропних гормонів зменшується, і як наслідок слабшає функція органів розмноження, знижується яйцекладка, а діяльність щитовидної залози і виділення нею гормону тироксину в цей період підвищується, що стимулює линьку пера. Більшу кількість яєць розрахунку на 1 індичку було отримано в групі, в якій застосовувалася дослідна програма освітлення (52,6 шт.) За нормативного режиму у розрахунку на середню індичку було отримано яєць на 12,6% менше (46,7 шт.), ніж при застосуванні дослідного. Вихід інкубаційних яєць у всіх групах був достатньо високим – в межах 79,8 у контрольній групі і 89,9% у дослідній, що вказує на перевагу останньої. Відмічено, що у розрахунку на середню несучку найвищий вихід виведених індиченят спостерігається у дослідній групі, в якій застосовувався експериментальний режим освітлення. У цій групі він був вищий на 4,9%, ніж при застосуванні типових параметрів світлової програми. При цьому у дослідній групі на 28,7% більше отримано молодняку в розрахунку на 1 індичку. Параметри світлових програм (спектр світла, інтенсивність освітлення та тривалість фотоперіодів) є суттєвим фактором впливу на ріст, розвиток, продуктивні та відтворні показники індиків.

Ключові слова: світлові програми, індички, дослідна група, генетичний потенціал, відтворні показники.

Вступ. Наша країна займає важливе місце на міжнародному ринку виробництва харчових продуктів. Через війну зупинили свою роботу багато підприємств, знизився експорт сировини. Тому після перемоги нам варто чекати масштабних іноземних інвестицій в аграрну галузь. Саме цього розвитку потребує галузь птахівництва. І мова йдеться не про курятину, бо вона і так перебуває у низці світових лідерів, а мова йдеться про індичатину [5, с. 18; 13, с. 98].

В Україні на даний час всі підприємства, що займаються промисловим виробництвом м'яса індиків, використовують імпортований гібридний молодняк.

Існуючі племенні господарства з розведення індиків забезпечують інкубаційними яйцями і молодняком в основному невеликі господарства (фермерські та селянські), а саме виникає необхідність збільшення кількості й розширення в регіональному масштабі мережі племенних і товарних підприємств з вирощування індичат для збільшення обсягів виробництва і реалізації продукції [3, с. 42; 4, с. 38].

Для розвитку індиківництва в Україні існують сприятливі умови, оскільки в регіонах є значна кількість тваринницьких приміщень, які можна переобладнати під вирощування індиків з дотриманням всіх вимог сучасних технологій [6, с. 23; 8, с. 245; 11, с. 16].

Реалізація генетичного потенціалу продуктивності індиків неможлива без створення для них оптимальних умов утримання, у тому числі збалансованого світлового режиму. Залежно від інтенсивності, спектра і тривалості дії світла може чинитися його позитивний або негативний вплив на фізіологічний стан та продуктивні показники птиці [1, с. 550; 9, с. 43; 10, с. 17].

У дорослої птиці в репродуктивний період відповідними світловими програмами стимулюється початок яйцекладки та підтримання в організмі необхідного рівня відповідних гормонів [2, с. 9; 4, с. 38].

За даними наукових досліджень, для реалізації потенціалу яєчної продуктивності індиків необхідна тривалість світлового дня складає 12 годин [6, с. 13; 7, с. 32].

Проте більшість племінних індиківницьких господарств застосовують світлові програми з тривалістю світлового дня 14–18 годин, а за даними інших досліджень, збільшення тривалості світлового дня з 15 до 18 годин при утриманні індичок-несучок сприяло значному збільшенню кількості отримуваних яєць. В той же час, суперечливість даних щодо оптимальної тривалості фотоперіодів при вирощуванні ремонтного молодняку і утриманні дорослих індиків свідчить про недостатню вивченість і цього питання [12, с. 11].

Мета дослідження. Метою досліджень, результати яких наведено у цій статті, було вивчення впливу на продуктивні та відтворні показники індиків розробленого ресурсозберігаючого режиму освітлення при застосуванні різних програм. Для вивчення впливу застосування експериментальних параметрів світлових програм на продуктивні та відтворні показники індичок було сформовано 2 групи індичок батьківського стада лінії кросу «Big-6», по 70 гол. у кожній групі.

Виклад основного матеріалу дослідження. У дорослої птиці у репродуктивний період відповідними світловими програмами стимулюється початок яйцекладки та підтримання в організмі необхідного рівня гонадотропних гормонів, які посилюють функції органів розмноження. При недостатній тривалості світлового дня та рівня освітленості утворення гонадотропних гормонів зменшується, і, як наслідок, слабшає функція органів розмноження, знижується яйцекладка, а діяльність щитовидної залози і виділення нею гормону тироксину в цей період підвищується, що стимулює линьку пера [7, с. 34].

Для вивчення впливу застосування експериментальних параметрів світлових програм на продуктивні та відтворні показники індичок було сформовано 2 групи індичок батьківського стада лінії кросу «Big-6», по 70 гол. у кожній групі. 1 група – група дослідний режим освітлення при утриманні індичок, 2 група – типовий режим освітлення при утриманні індичок батьківського стада.

Таблиця 1. Дослідний режим освітлення при утриманні індичок

Вік птиці, тижнів	Час вмикання світла	Час вимикання світла	Тривалість періодів світла, год-хв.	Тривалість періодів темряви, год
26–34	4-00 7-30 13-00	5-30 11-30 18-30	11-00	13-00
35	3-30 7-30 13-00	5-30 11-30 18-30	11-30	12-30
36–39	3-30 7-30 13-00	5-30 11-30 19-00	12-00	12-00
40	3-00 7-30 13-00	5-00 12-00 19-00	12-30	11-30
41–46	3-00 7-00 13-00	5-00 12-00 19-00	13-00	11-00
47	2-30 7-00 13-00	4-30 12-00 19-30	13-30	10-30
48–51	2-30 7-00 13-00	4-30 12-00 20-00	14-00	10-00
52 і старші	2-30 7-00 13-00	4-30 12-00 21-00	15-00	9-00

Світлова програма вирощування та утримання самок передбачає зменшення світлового дня до 6–7 год в період вирощування, фотостимуляцію індичок у віці 29–30 тижнів – шляхом збільшення тривалості світлового

дня до 14 год, збільшення тривалості світлового дня до 15–16,5 год протягом продуктивного періоду. Інтенсивність освітлення підтримується на достатньо високому рівні як в період вирощування (50–100 лк), так і особливо в період яйцекладки (100–120 лк).

Особливості світлових програм утримання індиків різних груп наведено в таблицях 1,2 (експериментальний режим освітлення в таблиці 1, типовий – в таблиці 2).

Таблиця 2. Типовий режим освітлення при утриманні індичок батьківського стада

Вік птиці, тижнів	Час вмикання світла	Час вимикання світла	Тривалість періодів світла за добу, год-хв.	Тривалість періодів темряви, год
26–34	4-00	18-00	14-00	10-00
35–41	3-30	19-00	14-30	9-30
41–46	3-00	19-00	15-00	9-00
47–51	2-30	19-30	16-00	8-00
52 і старші	2-30	20-00	16-30	7-00

Тривалість періоду досліджень склала 24 тижні. Протягом періоду досліджень не було відмічено загибелі та вибракування птиці, пов'язаного з досліджуваними параметрами світлових програм.

Основні зоотехнічні показники утримання птиці наведено в таблиці 3

Таблиця 3. Вплив параметрів світлових програм на продуктивні і відтворні показники індичок

Показники	Контрольна	Дослідна
Отримано яєць у розрахунку на 1 індичку, шт.	46,7±0,11	52,6±0,09
Вихід інкубаційних яєць, %	79,9±0,08	89,9±0,07
Вивід молодняку, %	80,1±0,13	84,1±0,15
Отримано молодняку в розрахунку на 1 індичку, гол.	28,5±23	36,7±28

У птахів, що утримувались при скороченому світловому режимі, спостерігалось прискорене зростання та набір маси на ранніх етапах. Однак на більш пізніх етапах було відзначено, що ці птахи стали менш активними у порівнянні з тими, що утримувались при переривчастому світловому режимі.

За однакових умов годівлі і утримання з різницею в програмах освітлення більшу кількість яєць розрахунку на 1 індичку було отримано в групі, в якій була застосована дослідна програма освітлення (52,6 шт.) За нормативного режиму і у розрахунку на середню індичку було отримано яєць на 12,6% менше (46,7 шт.), ніж при застосуванні дослідного.

Вихід інкубаційних яєць в усіх групах був достатньо високим – в межах 79,8 у контрольній групі і 89,9% дослідній, що вказує на перевагу останньої.

У розрахунку на середню несучку найвищий вихід виведених індиченят відмічено в дослідній групі, в якій застосовувався експериментальний режим освітлення. У цій групі він був вищий на 4,9%, ніж при застосуванні типових параметрів світлової програми.

Необхідно відмітити, що у дослідній групі на 28,7 % більше отримано молодняку в розрахунку на 1 індичку.

Висновки. Параметри світлових програм (спектр світла, інтенсивність освітлення та тривалість фотоперіодів) є суттєвим фактором впливу на ріст, розвиток, продуктивні та відтворні показники індиків.

Список використаних джерел

1. Ведмеденко О.В. Роль світла в бройлерному птахівництві. *Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»*: зб.наук. праць. Переяслав, 2020. Вип. № 55. С. 550–552.
2. Ведмеденко О.В., Тихонюк О. Вплив різних програм освітлення на продуктивність курчат-бройлерів. *Таврійський науковий вісник ХДАЕУ: Науковий журнал*. 2019. Вип. № 110. С. 9–15. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.110-2.2.
3. Вербицький С. Умови для індиків. *Наше птахівництво*. 2016. № 2. С. 42–44.
4. Жейнова Н. Індичка любить світло. *Наше птахівництво*. 2014. № 3. С. 38–39.
5. Карпенко С. Птахівництво розвивається. *Agrotimes*. 11.08.2022. URL: <https://agrotimes.ua/interview/ptahivnyctvo-rozvyvayetsya/>
6. Мельник В. О. Породи і кроси індиків. *Державна дослідна станція птахівництва НААН*. URL: <http://avianua.com/index.php/statyi-z-ptakhivnitstva/tehnologiya-ptakhivnitstva/27-porody-i-krosy-indykiv>
7. Мельник В. Яке світло треба індикам. *Наше птахівництво*. 2016. № 1. С. 32–35.
8. Шуляр Альона Л., Шуляр Аліна Л. Перспективи подальшого розвитку органічного виробництва в Україні. *Органічне виробництво і продовольча безпека: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф.*, 30 квіт.–1 трав. 2020 р. Житомир: Вид.-во Поліського національного університету, 2020. С. 245–250.
9. Ярошко М. Розведення індиків. *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 6.
10. Aviagen Turkeys. Feeding Guidelines for Nicholas and B.U.T. Heavy Lines. 2015. URL: <https://www.aviagenturkeys.com/uploads/2015/11/20/NU06%20Feeding%20Guidelines%20for%20Nicholas%20&%20BUT%20Heavy%20Lines%20EN.pdf>.

11. Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAOSTAT Statistics Database. 2022. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>
12. Poholsky, C.M., Erb, L.S., Lyons, A.M., Rohlf, P., & Boney, J.W. Improving pellet quality enhances Nicholas Select turkey performance in targeted phases of production. *Journal of Applied Poultry Research*, 2023, article number 100340. doi: 10.1016/j.japr.2023.100340.
13. Prylipko, T., Koval, T., Kostash, V., Tocarchuk T. & Tsvihun, A. (). Optimization of recipe turkey meat pate. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 2020.12(4), 98–112.

Hanziuk T. O.

Postgraduate Student at the
Department of Food Technologies of Food Production and Standardization,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: vtl280726p@ukr.net

Prylipko T. M.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Food Technologies of Food Production and Standardization,
Higher educational institution “Podillia State University”
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: vtl280726p@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8178-207X

Shuliar A. L.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Bioresources, Livestock and Aquaculture,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: alyonashulyar7@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8462-2135

INFLUENCE OF PARAMETERS OF LIGHT PROGRAMS ON PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF TURKEYS

Abstract

The article provides the results of research on the study of the impact on the productive and reproductive indicators of turkeys of the developed resource -saving lighting mode when applying different levels of illumination. The duration of the research period was 24 weeks. During the study period, the death and culling of a bird related to the parameters of light programs under study was not noted. In an adult bird in the reproductive period, the relevant light programs stimulate the beginning of oviposition and maintain the required level of gonadotropic hormones in the body, which enhance the function of reproduction organs. It is established that with insufficient light duration and light levels of gonadotropic hormones, the function of reproduction organs decreases, the oviposition is reduced, and the activity of the thyroid gland and the release of thyroxine hormone during this period increases, which stimulates the molting. More eggs of calculation per 1 turkey was obtained in a group, which used the experimental lighting program (52.6 pcs.) Under the normative regime, eggs were obtained at the average turkey by 12.6% less (46.7 pieces) than when applying the experimental. The exit of incubation eggs in all groups was high enough – within 79.8 in the control group and 89.9% experimental indicating the advantage of the latter. It was noted that the highest output of the output of the outputs was observed in the experimental group, which used the experimental lighting mode. In this group, it was 4.9% higher than when applying the typical parameters of the light program. In the experimental group, 28.7 % more was obtained by young animals per 1 turkey. Parameters of light programs (light spectrum, light intensity and duration of photoperiods) are a significant factor in influencing growth, development, productive and reproductive turkeys.

Key words: light programs, turkeys, research group, genetic potential, reproductive indicators.

References

1. Vedmedenko, O.V. (2020). Rol svitla v broilernomu ptakhivnytstvi [The role of light in broiler poultry]. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii «Tendentsii ta perspektivy rozvytku nauky i osvity v umovakh hlobalizatsii»: zb.nauk. prats – Proceedings of the International Scientific and Practical Internet Conference «Trends and Prospects for the Development of Science and Education in the Conditions of Globalization»: Collected Science. works.* Pereiaslav, 55, 550–552 [in Ukrainian].
2. Vedmedenko, O.V., & Tykhoniuk, O. (2019). Vplyv riznykh prohram osvitlennia na produktyvnist kurchat-broileriv [The influence of various lighting programs on the performance of broiler chickens]. *Tavriiskyi naukovi visnyk KhDAEU: Naukovi zhurnal. – Tavriysk Scientific Bulletin of KDAEU: Scientific Journal.* iss. № 110. pp. 9–15. DOI:10.32851/2226-0099.2019.110-2.2. [in Ukrainian].

3. Verbytskyi, S. (2016). Umovy dla indykiv [Conditions for turkeys]. *Nashe ptakhivnytstvo – Our poultry*, 2, 42–44 [in Ukrainian].
4. Zheinova, N. (2014). Indychka liubyt svitlo [Turkey loves light]. *Nashe ptakhivnytstvo – Our poultry*, 3, 38–39 [in Ukrainian].
5. Karpenko S. (2022). Ptakhivnytstvo rozvyvaetsia [Poultry farming is developing]. *Agrotimes*. Retrieved from: <https://agrotimes.ua/interview/ptahivnyctvo-rozvyvayetsya/> [in Ukrainian].
6. Melnyk, V. O. Porody i krosy indykiv [Breeds and crosses]. *Derzhavna doslidna stantsiia ptakhivnytstva NAAN- State Research Station of NAAS Poultry breeding*. Retrieved from: <http://avianua.com/index.php/statti-z-ptakhivnytstva/tekhnologiya-ptakhivnytstva/27-porody-i-krosy-indykiv> [in Ukrainian].
7. Melnyk, V. (2016). Yake svitlo treba indykam [What light is the turkeys]. *Nashe ptakhivnytstvo – Our poultry*, 1, 32–35 [in Ukrainian].
8. Shuliar, Alona L., & Shuliar, Alina L. (2020). Perspektyvy podalshoho rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Prospects for further development of organic production in Ukraine]. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: materialy VIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf. – Organic production and food safety: materials VIII International. scientific-practical. Conf.* 30 kvit. – 1 trav. 2020 r. Zhytomyr: Vyd.-vo Poliskoho natsionalnoho universytetu, pp. 245–250 [in Ukrainian].
9. Iaroshko, M. (2014). Rozvedennia indykiv [breeding turkeys]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*, 6 [in Ukrainian].
10. Aviagen Turkeys (2015). Feeding Guidelines for Nicholas and B.U.T. Heavy Lines. Retrieved from: <https://www.aviagenturkeys.com/uploads/2015/11/20/NU06%20Feeding%20Guidelines%20for%20Nicholas%20&%20BUT%20Heavy%20Lines%20EN.pdf>. [in English].
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAOSTAT Statistics Database. 2022. Retrieved from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL> [in English].
12. Poholsky, C.M., Erb, L.S., Lyons, A.M., Rohlf, P., & Boney, J.W. (2023). Improving pellet quality enhances Nicholas Select turkey performance in targeted phases of production. *Journal of Applied Poultry Research*. article number 100340. doi: 10.1016/j.japr.2023.100340. [in English].
13. Prylipko, T., Koval, T., Kostash, V., Tocarchuk T. & Tsvihun, A. (2020). Optimization of recipe turkey meat pate. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 12(4), 98–112 [in English].

УДК 636.03.614.9

Григораш П. Б.*аспірант кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»**Кам'янець-Подільський, Україна***E-mail:** vettsy@gmail.com**ORCID:** 0009-0005-5216-6381**Горюк Ю. В.***доктор ветеринарних наук, доцент,
професор кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»**Кам'янець-Подільський, Україна***E-mail:** goriky@ukr.net**ORCID:** 0000-0002-7162-8992**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**Горюк В. В.***кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»**Кам'янець-Подільський, Україна***E-mail:** horiuky@ukr.net**ORCID:** 0000-0002-1633-7287

МІКРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА БІОАЕРОЗОЛЮ В БОКСАХ ДЛЯ ВІДГОДІВЛІ СВИНЕЙ

Анотація

Загальновідомо, що для комфортного самопочуття тварин у приміщеннях необхідно, щоб параметри мікроклімату явно не відрізнялися від атмосферного. Однак висока концентрація тварин на невеликій площі та зберігання протягом деякого часу відходів (гною, сечі) у ваннах під підлогою створюють умови, які негативно впливають на якість мікроклімату. У зв'язку із цим запроваджують різні сучасні системи оптимального забезпечення мікроклімату шляхом комп'ютеризованого регулювання завдяки подачі свіжого повітря із зовнішнього середовища. Дане дослідження мало на меті провести мікробіологічне оцінювання біоаерозолі в боксах для відгодівлі свиней із метою розроблення стратегій щодо покращення умов мікроклімату ферми.

Установлено, що показники вмісту МАФАНМ та грибів у біоаерозолі свинарників на відгодівлі залежали від пори року та тривалості відгодівлі. У зимові місяці кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників протягом усього періоду відгодовування свиней була у 8,0 та 2,8 рази більша, ніж у літній й осінній місяці. Зокрема, узимку кількість МАФАНМ і грибів у біоаерозолі через 2,5 місяця відгодовування становила $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ та $1,3 \pm 0,08 \times 10^3$ КУО/м³ відповідно, а влітку – $1,1 \pm 0,09 \times 10^5$ та $8,1 \pm 0,2 \times 10^2$ КУО/м³ відповідно. Виявлено відносно низьку родову й видову варіацію складу мікрофлори біоаерозолі свинарників протягом року. Основні представники мікробіоти біоаерозолі протягом року були незмінні та склалися зі стафілококів, мікрококів і стрептококів, на частку яких припадало 50–60% від усіх ідентифікованих бактерій. Від 20 до 26% у складі біоаерозолі протягом року становлять грамнегативні форми бактерій. З біоаерозолі приміщень для відгодівлі свиней у літній і зимовий періоди виділяються в незначній кількості умовно патогенні види стафілококів (*S. aureus*), псевдомонад (*P. aeruginosa*), які можуть бути збудниками різних запальних процесів.

Отже, для забезпечення комфортного середовища у приміщенні для відгодівлі свиней необхідно налагодити відповідну систему вентиляції, яка має бути добре спроектована та керована, оскільки вона суттєво впливає на концентрацію біоаерозолів у свинарнику.

Ключові слова: мікроклімат у свинарниках, біоаерозоль, МАФАНМ, гриби, мікробіота повітря.

Вступ. Зростання попиту на харчові продукти стимулює інтенсивний розвиток тваринництва, що спричинює негативний вплив на навколишнє середовище. У різних частинах світу тваринництво є висококонцентрованим, тобто збільшується кількість тварин і, відповідно, зростає забруднення води, ґрунтів і атмосферного повітря. Свинарство належить до тваринницької галузі, яка суттєво впливає на екосистему через накопичення значної кількості відходів із неприємним запахом [24; 27]. Забруднювачі повітря, які утворюються на тваринницьких фермах, можуть безпосередньо впливати на здоров'я тварин, працівників господарств і осіб, які проживають у навколишній місцевості [10; 29].

Поряд із забруднювачами хімічної природи на свинофермах формується динамічне середовище з асоційованими мікробними спільнотами, які мають природні резервуари серед компонентів цієї екосистеми [9; 19]. Через розмаїття мікроорганізмів у такому середовищі застосування належних гігієнічних практик, рекомендованих європейським і українським законодавством, не завжди гарантує належні санітарно-гігієнічні умови.

Біоаерозолі на свинофермах є важливою біологічною частиною в повітрі та містять бактерії, гриби, віруси, ендотоксини [3; 7; 24]. Біоаерозолі, які забруднюють повітря, здатні спричиняти алергію, онкологічні, респіраторні й інфекційні захворювання як у людей, так і у тварин [4; 12; 25]. Серед мікроорганізмів, що переносяться повітрям, багато видів нині ідентифіковано як патогени [11; 13]. Тому розуміння формування хімічного та мікробіологічного складу біоаерозолів на свинофермах має велике значення для розроблення та впровадження різних профілактичних заходів щодо зменшення поширення неприємних запахів і патогенних мікроорганізмів. У закритих приміщеннях висока концентрація бактерій, яка є наслідком аерозоляції фекалій, кормів, фрагментів шкіри, під час переміщення тварин є досить небезпечною [5].

В Україні відсутні стандарти щодо нормування кількості мікроорганізмів у повітрі свинарників, хоча існує багато даних про небезпечність високого рівня мікроорганізмів для здоров'я людей, які працюють у галузі тваринництва [15; 26]. Згідно з нормативними документами Інституту сільського здоров'я в Любліні (Польща), для робочого середовища, яке забруднене органічним пилом, рекомендується, щоб кількість МАФАНМ не перевищувала 2×10^5 КУО/м³, грамнегативних бактерій – 2×10^4 КУО/м³ і грибів – до 5×10^4 КУО/м³ [22]. Перевищення даних значень збільшує ризик потенційних шкідливих наслідків у працівників, які зазнають впливу.

Дослідники повідомляють, що кількість мікроорганізмів у повітрі приміщень тваринницьких ферм може становити від $4,4 \times 10^4$ до $1,5 \times 10^7$ КУО/м³ [14]. За даними [24], у свинарниках для відгодівлі свиней, які утримувалися на солом'яній підстилці, загальна кількість бактерій (мезофільних) в 1 м³ повітря в зимовий сезон становила $3,6 \times 10^6$ КУО, тоді як улітку – $4,6 \times 10^6$ КУО.

Отже, з огляду на те, що промислове висококонцентроване свинарство в Україні активно розвивається, а дослідження щодо показників мікроклімату у приміщеннях є досить обмеженими, наявна наукова потреба у визначенні мікробіологічних загроз і розробленні профілактичних заходів щодо забезпечення належного гігієнічного й епідеміологічного стану середовища ферми та запобігання значному викиду біоаерозолів в атмосферне повітря.

Мета дослідження. Метою роботи було проведення мікробіологічного оцінювання біоаерозолів в боксах для відгодівлі свиней для розроблення стратегій щодо покращення умов мікроклімату ферми.

Виклад основного матеріалу дослідження. Лабораторні дослідження виконані у ЗВО «Подільський державний університет», а виробничі – у ПП «Аграрна компанія 2004» протягом 2023–2024 рр. У господарстві свиней утримують на решітчастій підлозі у приміщенні на 850 голів, яке розділено на бокси по 50 голів. Дослідження проведено у приміщеннях із відгодівлі свиней із 76 по 160 добу. У даних свинарниках установлена сучасна автоматизована система забезпечення оптимальних показників мікроклімату “Big Dutchman”, яка контролює такі показники залежно від кількості голів у приміщенні, як вологість, температуру, швидкість руху повітря, притоки вентиляції.

Дослідження повітря в боксах для відгодівлі свиней проводили загальновизнаним седиментаційним методом «способом конверта». Для цього підготовлені чашки Петрі із селективними середовищами для виділення різних видів бактерій розставляли на висоті 1 м від підлоги (чотири чашки по кутах, а п'ята – у центрі). Після 30 хвилин експозиції чашки Петрі закривали кришками та ставили в сумку-холодильник і доставляли в мікробіологічну лабораторію протягом 2 годин для дослідження. Визначення кількості МАФАНМ у біоаерозолі свинарників проводили на м'ясопептонному агарі (далі – МПА), стафілококів і мікрококів – на кров'яному агарі з 5% крові та 7% натрію хлориду, коринебактерій і стрептококів – на кров'яному агарі, *Streptococcus Selective Agar*, лактобацил – на *MRS*-середовищі, виділення псевдомонад проводили на ацетамідному середовищі, інші неферментуючі бактерії (*Acinetobacter spp.* і *Alcaligenes spp.*) – на МПА за інкубації чашок за температури +10 °С – 7 діб, ентеробактерії – на Ендо-середовищі, гриби – на Сабуро-середовищі (HiMedia, India). Час і температуру інкубації чашок із посівами вибирали з урахуванням оптимальної біохімічної активності для кожного виду мікроорганізмів [1; 17]. Ідентифікацію ізольованих культур мікроорганізмів проводили за мікроскопічною картиною та метаболічною активністю, за допомогою комерційних API-тестів (bioMérieux, Польща).

Усі результати досліджень характеризували за допомогою методів варіаційної статистики з використанням програми *Statistica 9.0* (StatSoft Inc., USA). Застосовували непараметричні методи досліджень (критерії Вілкоксона, Манна – Вітні). Визначали середнє арифметичне (М), стандартну похибку середньої величини ($M \pm m$). Різницю між порівнюваними величинами вважали достовірною за $P < 0,05$.

Щоби всебічно схарактеризувати мікробіоту біоаерозолу приміщення для відгодівлі свиней, було визначено кількісні мікробіологічні показники протягом періоду відгодівлі залежно від пори року. У таблиці 1 наведено дослідження забруднення повітря МАФАНМ та грибами у свинарнику для відгодівлі.

Таблиця 1. Мікробна контамінація повітря у свинарнику за відгодівлі свиней і забезпечення мікроклімату за допомогою системи “Big Dutchman”, $M \pm m$, $n = 45$

Пара року	Період утримання свиней у приміщенні	Вміст мікроорганізмів, КУО/м ³	
		КМАФАНМ	Гриби
Зима	10 діб	$1,3 \pm 0,1 \times 10^5$	$2,1 \pm 0,1 \times 10^2$
	1 міс.	$5,5 \pm 0,2 \times 10^{5**}$	$8,9 \pm 0,3 \times 10^2$
	2,5 міс.	$8,8 \pm 0,3 \times 10^{5**}$	$1,3 \pm 0,08 \times 10^{3**}$
Весна	10 діб	$1,0 \pm 0,08 \times 10^5$	$3,3 \pm 0,1 \times 10^2$
	1 міс.	$2,0 \pm 0,1 \times 10^{5*}$	$5,4 \pm 0,2 \times 10^2$
	2,5 міс.	$5,7 \pm 0,2 \times 10^{5**}$	$7,9 \pm 0,3 \times 10^{2*}$
Літо	10 діб	$5,2 \pm 0,2 \times 10^4$	$4,2 \pm 0,2 \times 10^2$
	1 міс.	$8,0 \pm 0,3 \times 10^4$	$7,5 \pm 0,3 \times 10^2$
	2,5 міс.	$1,1 \pm 0,09 \times 10^{5*}$	$8,1 \pm 0,2 \times 10^{2*}$
Осінь	10 діб	$7,2 \pm 0,2 \times 10^4$	$4,3 \pm 0,2 \times 10^2$
	1 міс.	$9,3 \pm 0,3 \times 10^4$	$7,8 \pm 0,3 \times 10^2$
	2,5 міс.	$3,1 \pm 0,1 \times 10^{5**}$	$1,1 \pm 0,1 \times 10^{3*}$

Примітка: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$ – порівняно з кількістю на 10 добу.

З даних табл. 1 спостерігаємо закономірну тенденцію щодо найменшого вмісту бактеріальної та грибової мікробіоти в біоаерозолі свинарників на початку відгодівлі (10 доба) з поступовим збільшенням концентрації мікрофлори в повітрі в наступні місяці відгодовування. Зокрема, узимку протягом 1 місяця відгодівлі кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників зростала в 4,2 раза ($P < 0,01$), а впродовж 2,5 місяця – у 6,7 раза ($P < 0,01$), що становило $5,5 \pm 0,2 \times 10^5$ та $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ КУО/м³ відповідно.

У теплі періоди року динаміка забруднення повітря мікроорганізмами у свинарнику була нижча, ніж у холодні. Так, весною у визначені періоди дослідження біоаерозолу у свинарнику кількість МАФАНМ зростала у 2,0 раза ($P < 0,05$) та 5,7 раза ($P < 0,01$), відповідно до $5,7 \pm 0,2 \times 10^5$ КУО/м³. У літні й осінні місяці динаміка накопичення мікрофлори в біоаерозолі свинарників за відгодівлі свиней була ще нижча, ніж навесні. Зростання МАФАНМ протягом першого місяця відгодівлі літом і восени було в 1,5 та 1,2 раза, відповідно – до $8,0 \pm 0,3 \times 10^4$ та $9,3 \pm 0,3 \times 10^4$ КУО/м³. За 2,5 місяці відгодівлі кількість МАФАНМ у літні місяці в біоаерозолі збільшилася у 2,1 раза ($P < 0,05$), а в осінні – у 4,3 раза ($P < 0,01$), була найменша порівняно з іншими місяцями дослідження. До того ж встановлено, що в зимові місяці кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників протягом усього періоду відгодовування була у 8,0 та 2,8 раза більша, ніж у літні й осінні місяці.

Аналіз кількості грибової мікробіоти в біоаерозолі свинарників за відгодівлі свиней виявив таку ж тенденцію, як за динаміки МАФАНМ. Зокрема, початкова кількість грибів через десять діб відгодівлі становила $2,1\text{--}4,3 \times 10^2$ КУО/м³, з найбільшим зростанням узимку – у 6,1 раза ($P < 0,01$) протягом 2,5 місяці відгодівлі, у середньому у 2,5 раза ($P < 0,05$) у весняні й осінні місяці, водночас найменше збільшення вмісту грибів у повітрі свинарників реєстрували літом – в 1,5 раза ($P < 0,05$).

Отже, дослідження показує, що під час відгодівлі свиней у біоаерозолі поступово відбувається накопичення бактеріальної та грибової мікробіоти, яка може передаватися повітряно-крапельним шляхом. Тому забезпечення ефективної роботи системи мікроклімату є запорукою зниження концентрації мікроорганізмів у повітрі та негативного «тиску» на імунну систему тварин.

З наукового погляду для детального розуміння чинників і джерел формування біоаерозолу у свинарниках за сучасних способів відгодівлі свиней мають проводитися дослідження з визначення родового складу мікробіоти. На рис. 1 наведено дані з ідентифікації мікроорганізмів, виділених з біоаерозолу у свинарниках.

У результаті проведеного аналізу родового складу мікрофлори біоаерозолу приміщення для утримання свиней на відгодівлі (рис. 1) відзначаємо, що стафілококи становлять найбільшу частку ідентифікованої мікробіоти – 35,0%. Приблизно в 1,8 раза менше становили у складі мікробіоти біоаерозолу бактерії роду *Micrococcus* – 19,5%, у 5,4 раза менше, ніж стафілококи, були представлені стрептококи – 6,5%. Сумарно ці три роди грампозитивних коків становили більшу частину мікрофлори біоаерозолу свинарників у літній період – 61%. Серед грампозитивних паличкоподібних бактерій найпоширенішим був рід *Lactobacillus*, частка якого у складі мікробіоти біоаерозолу становила 7,4%, а роду *Bacillus* – 4,8%.

Необхідно відзначити, що досить значну частку мікробіоти біоаерозолу свинарників становили грамнегативні бактерії – 19,8%, серед них на рід *Acinetobacter* припадала половина від цих бактерій. Інші ідентифіковані у складі повітря свинарників бактерії мали незначну частку – до 3%.

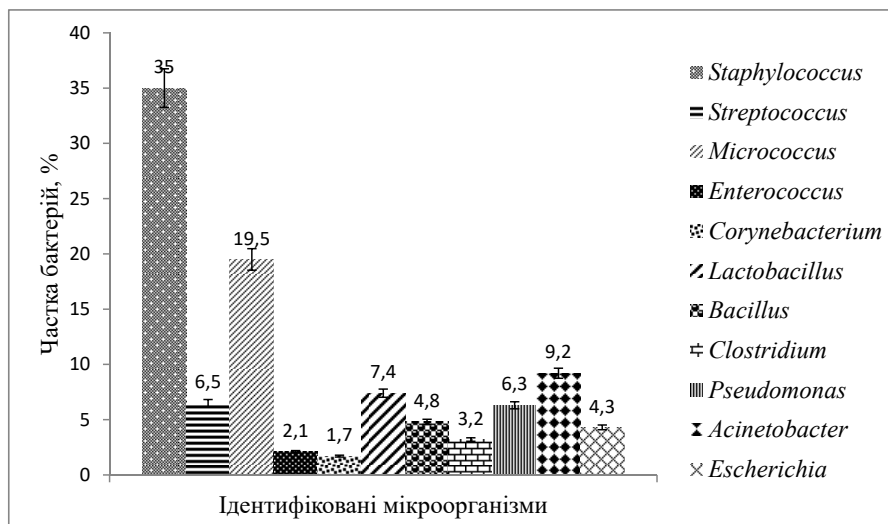


Рис. 1. Відсотковий склад ідентифікованої мікробіоти біоаерозолі свинарників для відгодівлі у літній період

Отже, біоаерозоль приміщень за відгодівлі свиней у літній період в основному представлений грампозитивними бактеріями, серед яких стафілококи, мікрококи та стрептококи є панівною мікробіотою, у складі яких можуть бути повітряно-крапельні збудники.

Дослідження складу мікробіоти біоаерозолі свинарників у зимовий період наведено на рис. 2.

З рис. 2 спостерігаємо, що загалом відсотковий склад основних морфологічних груп бактерій біоаерозолі в зимовий період не змінився порівняно з літнім періодом, водночас відмічаємо деякі особливості. А саме, зменшення частки грампозитивної мікробіоти в біоаерозолі та збільшення грамнегативних бактерій. Так, зазначено сумарне зростання псевдомонад, коліформних бактерій і ацінобактерій – до 26,8%, зменшення кокової групи (стафілококи, мікрококи, стафілококи) – до 25,1%. Усі інші ідентифіковані роди не зазнавали вірогідних змін щодо відсоткової частки у складі біоаерозолі приміщень за відгодівлі свиней у зимовий період.

Отже, особливістю мікробіологічного складу біоаерозолі свинарників за використання сучасних систем забезпечення мікроклімату в зимовий період є збільшення частки грамнегативної мікрофлори.

Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, ідентифіковано п'ять родів патогенних мікроорганізмів, що здатні інфікувати людей через біоаерозоль і спричиняти захворювання (*Pseudomonas*, *Escherichia-Shigella*, *Acinetobacter*, *Streptococcus* і *Staphylococcus*). Оскільки працівники ферм перебувають у постійному контакті із тваринами, необхідно оцінити ризик їх інфікування. Тому нами було проведено ідентифікацію найбільш значущих умовно патогенних видів бактерій біоаерозолі приміщень за відгодівлі свиней у різні періоди року.

З рис. 3 видно, що в літній період у складі біоаерозолі свинарників бактерії роду *Staphylococcus* у 88,7% випадків були представлені коагулазонегативними видами стафілококів (далі – КНС), які зазвичай вважаються

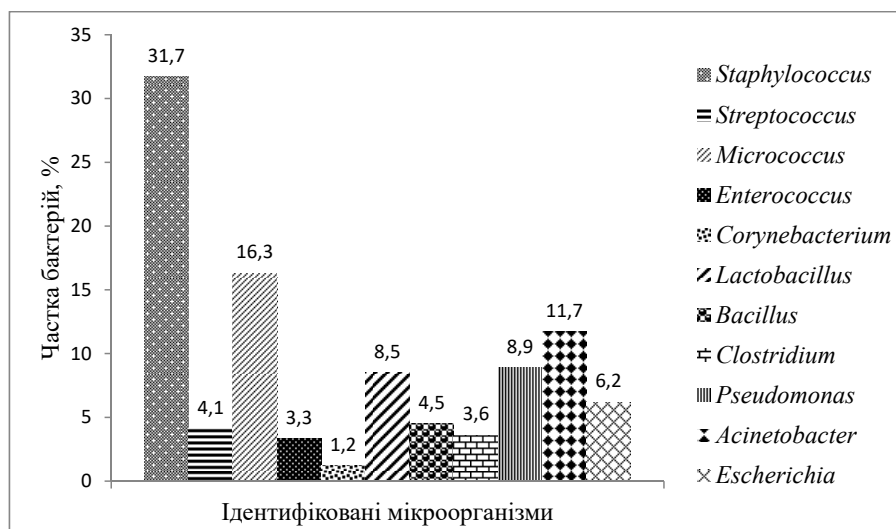


Рис. 2. Відсотковий склад ідентифікованої мікробіоти біоаерозолі свинарників для відгодівлі в зимовий період

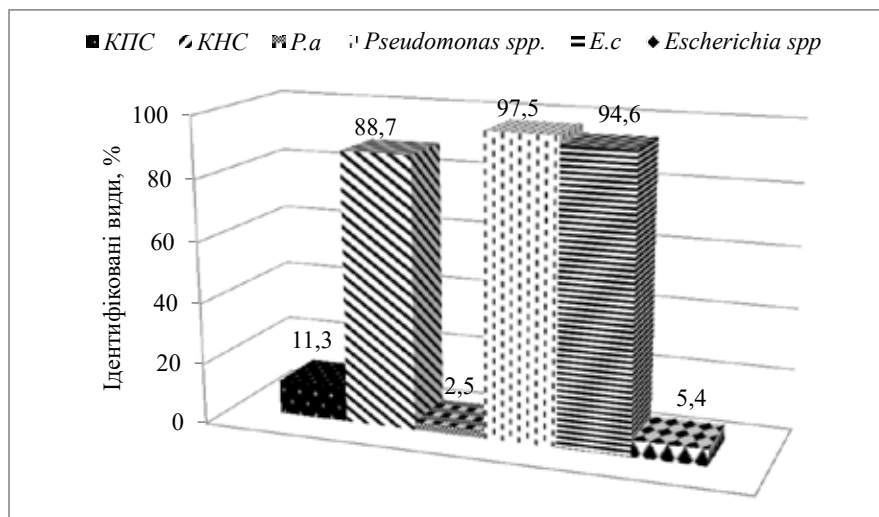


Рис. 3. Ідентифікація найбільш значущих умовно патогенних видів бактерій мікробіоти біоаерозолі свинарників для відгодівлі в літній період

сапрофітними. Водночас на частку умовно патогенних, які є збудниками різних запальних процесів – коагулазопозитивних видів (далі – КПС) припадало 11,3% серед усієї стафілококової мікробіоти. Бактерії роду *Pseudomonas* у 2,5% були представлені умовно патогенним видом *P. aeruginosa*, який вважається потенційно небезпечним для людей і тварин. Ідентифіковані з біоаерозолі свинарників *Escherichia* були представлені в 94,6% видом *E. coli*.

Отже, з біоаерозолі приміщень для відгодівлі свиней у літній період виділяються, хоч і не у значній кількості, умовно патогенні види стафілококів, псевдомонад, які можуть бути збудниками різних запальних процесів.

Ідентифікація складу трьох родів бактерій, виділених із біоаерозолі в зимовий період, наведена на рис. 4.

Відмічаємо збільшення на 4,6% КПС і в середньому удвічі *P. aeruginosa* у складі біоаерозолі в зимовий період, порівняно з біоаерозолем, дослідженим у літній період (рис. 4).

Загалом можна відзначити, що в біоаерозолі свинарників навіть за використання сучасної системи регулювання мікроклімату присутні умовно патогенні бактерії, які можуть передаватися повітряно-крапельним шляхом. Тому поряд із застосуванням ефективної системи контролю мікроклімату необхідно запроваджувати інші санітарно-гігієнічні заходи із прибирання та біодеградації гною, оскільки це прямий шлях формування мікробіоти біоаерозолі.

Загальновідомо, що для комфортного самопочуття тварин у приміщеннях необхідно, щоб параметри мікроклімату явно не відрізнялися від атмосферного. Однак висока концентрація тварин на невеликій площі та зберігання протягом деякого часу відходів (гною, сечі) у ваннах під підлогою створюють умови, які негативно впливають на якість мікроклімату. У зв'язку із цим запроваджують різні сучасні системи оптимального забезпечення мікроклімату шляхом комп'ютеризованого регулювання завдяки подачі свіжого повітря із зовнішнього

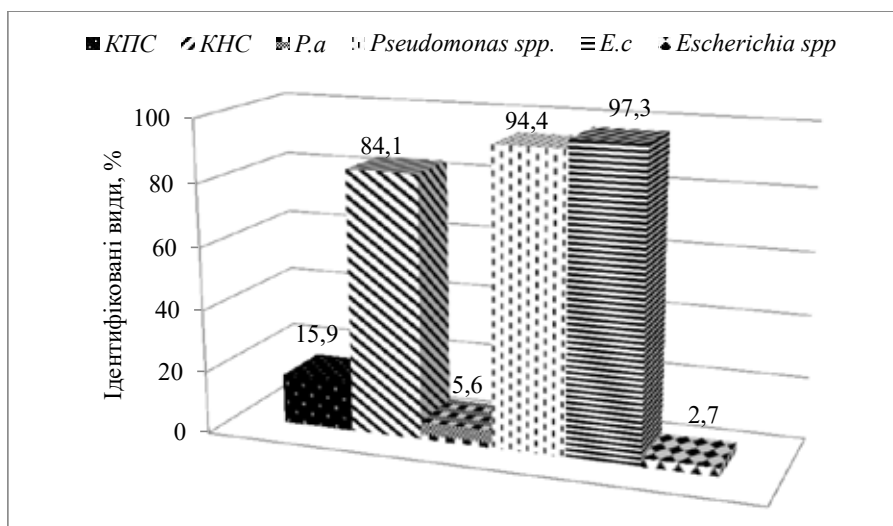


Рис. 4. Ідентифікація найбільш значущих умовно патогенних видів бактерій мікробіоти біоаерозолі свинарників для відгодівлі в зимовий період

середовища. Дане дослідження мало на меті проведення мікробіологічного оцінювання біоаерозолі в боксах для відгодівлі свиней для розроблення стратегій щодо покращення умов мікроклімату ферми.

Установлено, що показники вмісту МАФАНМ і грибів у біоаерозолі свинарників на відгодівлі залежали від пори року та тривалості відгодівлі. Найбільшу кількість мікроорганізмів у біоаерозолі виявляли взимку та наприкінці терміну відгодівлі (2,5 місяця), порівняно з літом і першими 10 днями відгодівлі. У зимові місяці кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників протягом усього періоду відгодовування свиней була у 8,0 та 2,8 рази більша, ніж у літні й осінні місяці. Зокрема, взимку кількість МАФАНМ і грибів у біоаерозолі через 2,5 місяця відгодовування становила $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ та $1,3 \pm 0,08 \times 10^3$ КУО/м³ відповідно, а літом – $1,1 \pm 0,09 \times 10^5$ та $8,1 \pm 0,2 \times 10^2$ КУО/м³ відповідно. Тобто в літні місяці показники мікроклімату у свинарниках за вмістом МАФАНМ відповідали гігієнічним нормативам, які рекомендують у Польщі [22], протягом усього періоду відгодовування, а взимку – тільки протягом перших 10 днів відгодовування. У дослідженнях, проведених на невеликих свинокомплексках, з поголів'ям до 100 тварин, автори реєстрували такі мікробіологічні параметри мікроклімату: у зимовий сезон кількість МАФАНМ становила $3,6 \times 10^6$ КУО/м³, $4,6 \times 10^6$ КУО/м³ – улітку, тобто дослідники не виявили залежності протягом року [24]. Водночас система вентиляції в даному відгодівельному цеху була заснована на природно-механічній вентиляції з термодатчиком. Вентилятори автоматично вмикалися, якщо температура у приміщенні піднімалася до 18 °С. За низьких температур повітрообмін здійснювався тільки природним шляхом. Отримані значення більше як на один порядок перевищували гігієнічні нормативи, орієнтовані на здоров'я людини ($2,0 \times 10^5$ КУО/м³) для цього сектору [24; 29], що є також свідченням дуже низького санітарного стану приміщень.

На нашу думку, на кількість мікроорганізмів у повітрі біоаерозолі виробничих приміщень суттєвий вплив має запровадження ефективної системи контролю мікроклімату та заходів щодо видалення гною та роздачі кормів. У невеликих господарствах не завжди є матеріальна зацікавленість у запровадженні такої системи, а наявна зазвичай не є автоматизованою. Застосована в нашому господарстві система контролю мікроклімату "Big Dutchman" контролює показники залежно від кількості голів у приміщенні та постійно підтримує сталу вологість, температуру, швидкість руху повітря, притоки вентиляції. Очевидно, завдяки сучасним технологіям контролю мікроклімату навіть на великих свинокомплексках можна краще забезпечувати оптимальні умови мікроклімату. Про високий рівень мікробного забруднення повітря у свинарниках повідомлялося й в інших країнах [6; 16]. У нашому дослідженні ми вважаємо, що підвищена концентрація мікроорганізмів у повітрі взимку є результатом зниження швидкості руху повітря, про таку динаміку повідомляють також інші автори у своїх дослідженнях [21; 23].

Наші дослідження узгоджуються з даними [8] про те, що органічний пил, що походить переважно з кормів, фекалій і шкіри тварин, є основним чинником формування біоаерозолі, що відбувається у тваринницьких приміщеннях. Дослідники [20] вказують, що збільшення концентрації пилу в повітрі призводить не тільки до збільшення вмісту аміаку, алергенних сполук, але й загальної кількості мікроорганізмів, що потрапляють у повітря.

Отримані нами результати дослідження показують відносно низьку родову й видову варіацію складу мікрофлори біоаерозолі свинарників протягом року. Основні представники мікробіоти біоаерозолі протягом року були незмінні та складалися зі стафілококів, мікрококів і стрептококів, на частку яких припадало 50–60% усіх ідентифікованих бактерій. Від 20 до 26% у складі біоаерозолі протягом року становлять грамнегативні форми бактерій. Ці результати узгоджуються з даними [18; 24; 29] про те, що грампозитивні бактерії з роду *Staphylococcus* та *Micrococcus* становлять високий відсотковий внесок у загальну кількість мікроорганізмів повітря тваринницьких приміщень. Хоча існують і протилежні дані [28], що мікробне розмаїття у свинарнику було вищим взимку, ніж улітку. Цю різницю можна пояснити різною практикою ведення тваринництва в різних країнах, зокрема й будовою приміщень, системою вентиляції, технологіями утримання тварин, годівлі й обробки гною. Тому ми вважаємо, що загальна мікробіота біоаерозолі на свинокомплексках формується з одних джерел – фекалій, корми, шкірний покрив.

Наші дослідження також виявили, що в біоаерозолі свинарників циркулюють умовно патогенні бактерії, як-от КПС, синьогнійна та кишкова палички, тобто бактерії, які є збудниками різних запальних процесів і небезпечні для людей. Водночас дослідники [2] виявляли велику частку *Lactobacillus* і *Aerococcus* у носі свиней і на їхній шкірі, що могло б після випадання та потенційної аерозоляції пояснити збільшення їхньої частки в повітрі свиноферми. Отже, отримані нами результати щодо бактеріального забруднення повітря свиноферм викликають занепокоєння та підкреслюють необхідність більш глибоких досліджень складу мікробіоти біоаерозолів. Особливо щодо того, чи може біоаерозоль свиноферм бути джерелом передачі антибіотикостійких бактерій працівникам ферм і через інші предмети навколишнього середовища.

Тому ми вважаємо, незважаючи на застосування сучасної системи забезпечення мікроклімату, велике значення має дотримання санітарних умов у приміщенні. У разі утримання свиней на решітчастій підлозі – ще й застосування біодеструкторів для розкладання гною та сечі у ваннах під підлогою. Використання біодеструкторів має базуватися на врахуванні технології утримання свиней і способів компостування відходів, оскільки склад мікробних препаратів різний, мікроорганізми та додані ензими є активними за визначених умов (температура, рН, вологість тощо).

Отже, для забезпечення комфортного середовища у приміщенні для відгодівлі свиней необхідно налагодити відповідну систему вентиляції, яка має бути добре спроектована і керована, оскільки вона суттєво впливає на концентрацію біоаерозолів у свинарнику. До того ж необхідно підтримувати санітарний стан у приміщеннях з одночасним застосуванням біодеструкторів.

Висновки. 1. Установлено, що показники вмісту МАФАНМ та грибів у біоаерозолі свинарників на відгодівлі залежали від пори року та тривалості відгодівлі. У зимові місяці кількість МАФАНМ у біоаерозолі свинарників протягом усього періоду відгодовування свиней була у 8,0 та 2,8 раза більша, ніж у літні й осінні місяці. Зокрема, узимку кількість МАФАНМ і грибів у біоаерозолі через 2,5 місяця відгодовування становила $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ і $1,3 \pm 0,08 \times 10^3$ КУО/м³ відповідно, а літом – $1,1 \pm 0,09 \times 10^5$ і $8,1 \pm 0,2 \times 10^2$ КУО/м³ відповідно.

2. Виявлено відносно низьку родову й видову варіацію складу мікрофлори біоаерозолу свинарників протягом року. Основні представники мікробіоти біоаерозолу протягом року були незмінні та склалися зі стафілококів, мікрококів і стрептококів, на частку яких припадало 50–60% усіх ідентифікованих бактерій. Від 20 до 26% у складі біоаерозолу протягом року становлять грамнегативні форми бактерій.

3. З біоаерозолу приміщень для відгодівлі свиней у літній і зимовий періоди виділяються в незначній кількості умовно патогенні види стафілококів (*S. aureus*), псевдомонад (*P. aeruginosa*), які можуть бути збудниками різних запальних процесів.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні нових способів для забезпечення комфортного середовища у приміщенні для відгодівлі свиней – необхідно налагодити відповідну систему вентиляції, яка має бути добре спроектована та керована, оскільки вона суттєво впливає на концентрацію біоаерозолів у свинарнику.

Список використаних джерел

1. Кухтин М.Д., Кравченко Х.Ю. Лабораторний практикум з мікробіології молока і молочних продуктів : навчальний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 157 с.
2. A detailed investigation of the porcine skin and nose microbiome using universal and *Staphylococcus* specific primers / M.L. Strube et al. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. № 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30689-y>.
3. A systematic review of the public health risks of bioaerosols from intensive farming / P. Douglas et al. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2018. Vol. 221. № 2. P. 134–173. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.019>.
4. Antibiotics, Bacteria, and Antibiotic Resistance Genes: Aerial Transport from Cattle Feed Yards via Particulate Matter / A. D. McEachran et al. *Environmental Health Perspectives*. 2015. Vol. 123. № 4. P. 337–343. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408555>.
5. Arfken A.M., Song B., Sung J.-S. Comparison of Airborne Bacterial Communities from a Hog Farm and Spray Field. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2015. Vol. 25. № 5. P. 709–717. <https://doi.org/10.4014/jmb.1408.08005>.
6. Banhazi T.M., Rutley D.L., Pitchford W.S. Identification of Risk Factors for Sub-Optimal Housing Conditions in Australian Piggeries : Part 4. Emission Factors and Study Recommendations. *Journal of Agricultural Safety and Health*. 2008. Vol. 14. № 1. P. 53–69. <https://doi.org/10.13031/2013.24123>.
7. Bioaerosol is an important transmission route of antibiotic resistance genes in pig farms / L. Song et al. *Environment International*. 2021. Vol. 154. P. 106559. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106559>.
8. Bottcher R.W. An Environmental Nuisance: Odor Concentrated and Transported by Dust. *Chemical Senses*. 2001. Vol. 26. № 3. P. 327–331. <https://doi.org/10.1093/chemse/26.3.327>.
9. Brouček J., Čermák B. Emission of Harmful Gases from Poultry Farms and Possibilities of Their Reduction. *Ekologia*. 2015. Vol. 34. № 1. <https://doi.org/10.1515/eko-2015-0010>.
10. Buoi E., Cialini C., Costa A. Air Quality Assessment in Pig Farming: The Italian Classyfarm. *Animals*. 2023. Vol. 13. № 14. P. 2297. <https://doi.org/10.3390/ani13142297>.
11. Characteristics of aerosols from swine farms: A review of the past two-decade progress / T. Liu et al. *Environment International*. 2023. P. 108074. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108074>.
12. Concentration and composition of bioaerosol emissions from intensive farms: Pig and poultry livestock / T.L. Gladding et al. *Journal of Environmental Management*. 2020. Vol. 272. P. 111052. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111052>.
13. Concentration, Size Distribution, and Infectivity of Airborne Particles Carrying Swine Viruses / C. Alonso et al. *PLOS ONE*. 2015. Vol. 10. № 8. P. e0135675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135675>.
14. Concentrations and Emissions of Airborne Endotoxins and Microorganisms in Livestock Buildings in Northern Europe / J. Seedorf et al. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1998. Vol. 70. № 1. P. 97–109. <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0281>.
15. Diversity of tetracycline- and erythromycin-resistant bacteria in aerosols and manures from four types of animal farms in China / M. Chen et al. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26. № 23. P. 24213–24222. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05672-3>.
16. Eduard W. Do farming exposures cause or prevent asthma? Results from a study of adult Norwegian farmers. *Thorax*. 2004. Vol. 59. № 5. P. 381–386. <https://doi.org/10.1136/thx.2004.013326>.
17. Effect of lactic acid microorganisms on the content of nitrates in tomato in the process of pickling / M. Kukhtyn et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. № 11 (91). P. 69–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120548>.
18. Exposure of Workers to Airborne Microorganisms in Open-Air Swine Houses / C.W. Chang et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 2001. Vol. 67. № 1. P. 155–161. <https://doi.org/10.1128/aem.67.1.155-161.2001>.
19. Forcada F., Abecia J.A. How Pigs Influence Indoor Air Properties in Intensive Farming: Practical Implications – A Review. *Annals of Animal Science*. 2019. Vol. 19. № 1. P. 31–47. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0030>.

20. Grigorash P.B., Horiuk Y.V. Characterization of harmful gases and bioaerosols of pig farms: a review of the existing literature. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. 2024. Vol. 26. № 113. P. 24–29. <https://doi.org/10.32718/nvivet11304>.
21. Influence of microclimate conditions on the cumulative exposure of nursery pigs to swine influenza A viruses / J. B. Ferreira et al. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2017. Vol. 65. № 1. P. e145 – e154. <https://doi.org/10.1111/tbed.12701>.
22. Krzysztolik B. Mikrobiologia Powietrza. Warsaw : Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, 1992.
23. Mielcarek-Bocheńska P., Rzeźnik W. The Impact of Microclimate Parameters on Odour Emissions from Pig Production in Spring. *Ecological Chemistry and Engineering S*. 2019. Vol. 26. № 4. P. 697–707. <https://doi.org/10.1515/eces-2019-0050>.
24. Occupational exposure level of pig facility workers to chemical and biological pollutants / A. Chmielowiec-Korzeniowska et al. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2018. Vol. 25. № 2. P. 262–267. <https://doi.org/10.26444/aaem/78479>.
25. Respiratory diseases and allergy in farmers working with livestock: a EAACI position paper / T. Sigsgaard et al. *Clinical and Translational Allergy*. 2020. Vol. 10. № 1. <https://doi.org/10.1186/s13601-020-00334-x>.
26. Spread of airborne antibiotic resistance from animal farms to the environment: Dispersal pattern and exposure risk / H. Bai et al. *Environment International*. 2022. Vol. 158. P. 106927. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106927>.
27. Succession of organics metabolic function of bacterial community in swine manure composting / K. Wang et al. *Journal of Hazardous Materials*. 2018. Vol. 360. P. 471–480. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.032>.
28. The Indoor-Air Microbiota of Pig Farms Drives the Composition of the Pig Farmers' Nasal Microbiota in a Season-Dependent and Farm-Specific Manner / J.G. Kraemer et al. *Applied and Environmental Microbiology*. 2019. Vol. 85. № 9. <https://doi.org/10.1128/aem.03038-18>.
29. Zinc-binding proteins in stallion seminal plasma as potential sperm function regulators / M. Mogielnicka-Brzozowska et al. *Annals of Animal Science*. 2022. Vol. 22. № 1. P. 89–107. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0015>.

Grigorash P. B.

Postgraduate Student at the Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: vettsv@gmail.com
ORCID: 0009-0005-5216-6381

Horiuk Y. V.

Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Professor at the Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: goruky@ukr.net
ORCID: 0000-0002-7162-8992

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

Horiuk V. V.

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: horiuky@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1633-7287

MICROBIOLOGICAL EVALUATION OF BIOAEROSOL IN PIG FATTENING PENS

Abstract

It is well known that for the comfort of animals in the premises, it is necessary that the microclimate parameters do not differ significantly from the atmospheric one. However, the high concentration of animals in a small area and the storage of waste (manure, urine) in the baths under the floor for a certain time create conditions that negatively affect the quality of the microclimate. In this regard, various modern systems are being introduced to optimally ensure the microclimate, through computerized regulation by supplying fresh air from the outside environment. This study aimed to conduct a microbiological assessment of bioaerosol in pig

fattening pens to develop strategies for improving the microclimate conditions of the farm. It was established that the content of MAFAnM and fungi in the bioaerosol of pig fattening pens depended on the season and duration of fattening. In the winter months, the number of MAFAnM in the bioaerosol of pig farms during the entire period of pig fattening was 8,0 and 2,8 times higher than in the summer and autumn months. In particular, in winter, the number of MAFAnM and fungi in the bioaerosol after 2,5 months of fattening was $8,8 \pm 0,3 \times 10^5$ and $1,3 \pm 0,08 \times 10^3$ CFU/m³, respectively, and in summer $1,1 \pm 0,09 \times 10^5$ and $8,1 \pm 0,2 \times 10^2$ CFU/m³, respectively. A relatively low genus and species variation in the composition of the microflora of the bioaerosol of pig farms during the year was found. Since the main representatives of the bioaerosol microbiota during the year were unchanged and consisted of staphylococci, micrococci and streptococci, which accounted for 50–60% of all identified bacteria. Gram-negative forms of bacteria make up from 20 to 26% of the bioaerosol composition throughout the year. From the bioaerosol of pig fattening premises in the summer and winter periods, conditionally pathogenic species of staphylococci (*S. aureus*), pseudomonads (*P. aeruginosa*), which can be causative agents of various inflammatory processes, are released in small quantities.

Therefore, to ensure a comfortable environment in a pig fattening facility, it is necessary to establish an appropriate ventilation system, which must be well designed and managed, since it significantly affects the concentration of bioaerosols in the pig house.

Key words: microclimate in pig houses, bioaerosol, MAFAnM, fungi, air microbiota.

References

1. Kukhtyn, M.D., & Kravchenuk, K.Yu. (2023). Laboratornyi praktykum z mikrobiolohii molka i molochnykh produktiv: Navchalnyi posibnyk [Laboratory practical on microbiology of milk and dairy products: training manual]. Ternopil: Ternopilskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet imeni Ivana Puliuia [in Ukrainian].
2. Strube, M.L., Maru, G., Gharibi, R., Ellington, A.D., & Zimmer, J. (2018). A detailed investigation of the porcine skin and nose microbiome using universal and Staphylococcus-specific primers. *Scientific Reports*, 8 (1), 30689. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30689-y> [in English].
3. Douglas, P., Keene, W., Finch, R., & Bell, R. (2018). A systematic review of the public health risks of bioaerosols from intensive farming. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 221 (2), 134–173. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.019> [in English].
4. McEachran, A.D., Blackwell, B.R., Hanson, J.D., Wooten, K.J., Mayer, G.D., Cox, S.B., & Smith, P.N. (2015). Antibiotics, bacteria, and antibiotic resistance genes: Aerial transport from cattle feed yards via particulate matter. *Environmental Health Perspectives*, 123 (4), 337–343. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408555> [in English].
5. Arfken, A.M., Song, B., & Sung, J.-S. (2015). Comparison of airborne bacterial communities from a hog farm and spray field. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25 (5), 709–717. <https://doi.org/10.4014/jmb.1408.08005> [in English].
6. Banhazi, T.M., Rutley, D.L., & Pitchford, W.S. (2008). Identification of risk factors for sub-optimal housing conditions in Australian piggeries: Part 4. Emission factors and study recommendations. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 14 (1), 53–69. <https://doi.org/10.13031/2013.24123> [in English].
7. Song, L., Zhang, M., Zhang, D., & Jiang, Y. (2021). Bioaerosol is an important transmission route of antibiotic resistance genes in pig farms. *Environment International*, 154, 106559. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106559> [in English].
8. Bottcher, R.W. (2001). An environmental nuisance: Odor concentrated and transported by dust. *Chemical Senses*, 26 (3), 327–331. <https://doi.org/10.1093/chemse/26.3.327> [in English].
9. Brouček, J., & Čermák, B. (2015). Emission of harmful gases from poultry farms and possibilities of their reduction. *Ekologia*, 34 (1). <https://doi.org/10.1515/eko-2015-0010> [in English].
10. Buio, E., Cialini, C., & Costa, A. (2023). Air quality assessment in pig farming: The Italian Classyfarm. *Animals*, 13 (14), 2297. <https://doi.org/10.3390/ani13142297> [in English].
11. Liu, T., Li, H., Zhang, Z., & Xu, X. (2023). Characteristics of aerosols from swine farms: A review of the past two-decade progress. *Environment International*, 108074. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108074> [in English].
12. Gladding, T.L., Yu, Z., & Zhang, L. (2020). Concentration and composition of bioaerosol emissions from intensive farms: Pig and poultry livestock. *Journal of Environmental Management*, 272, 111052. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111052> [in English].
13. Alonso, C., Medina, R., & Santos, E. (2015). Concentration, size distribution, and infectivity of airborne particles carrying swine viruses. *PLOS ONE*, 10 (8), e0135675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135675> [in English].
14. Seedorf, J., Otten, L., & Brus, P. (1998). Concentrations and emissions of airborne endotoxins and microorganisms in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70 (1), 97–109. <https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0281> [in English].
15. Chen, M., Qiu, T., Sun, Y., Song, Y., Wang, X., & Gao, M. (2019). Diversity of tetracycline- and erythromycin-resistant bacteria in aerosols and manures from four types of animal farms in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (23), 24213–24222. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05672-3> [in English].
16. Eduard, W. (2004). Do farming exposures cause or prevent asthma? Results from a study of adult Norwegian farmers. *Thorax*, 59 (5), 381–386. <https://doi.org/10.1136/thx.2004.013326> [in English].
17. Kukhtyn, M., Kravchenuk, X., & Luchyk, M. (2018). Effect of lactic acid microorganisms on the content of nitrates in tomato in the process of pickling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11), 69–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120548> [in English].
18. Chang, C.W., Hsieh, J., & Tsai, S. (2001). Exposure of workers to airborne microorganisms in open-air swine houses. *Applied and Environmental Microbiology*, 67 (1), 155–161. <https://doi.org/10.1128/aem.67.1.155-161.2001> [in English].
19. Forcada, F., & Abecia, J.A. (2019). How pigs influence indoor air properties in intensive farming: Practical implications – A review. *Annals of Animal Science*, 19 (1), 31–47. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0030> [in English].
20. Grigorash, P.B., & Horiuk, Y.V. (2024). Characterization of harmful gases and bioaerosols of pig farms: A review of the existing literature. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 26 (113), 24–29. <https://doi.org/10.32718/nvlvet11304> [in English].

21. Ferreira, J.B., Gomes, M.F., & Macedo, S. (2017). Influence of microclimate conditions on the cumulative exposure of nursery pigs to swine influenza A viruses. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65 (1), e145 – e154. <https://doi.org/10.1111/tbed.12701> [in English].
22. Krzysztofik, B. (1992). *Mikrobiologia Powietrza [Microbiology of the Atmosphere]*. Warsaw: Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej [in Polish].
23. Mielcarek-Bocheńska, P., & Rzeźnik, W. (2019). The impact of microclimate parameters on odour emissions from pig production in spring. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 26 (4), 697–707. <https://doi.org/10.1515/eces-2019-0050> [in English].
24. Chmielowiec-Korzeniowska, A., Kowalski, J., & Zajac, M. (2018). Occupational exposure level of pig facility workers to chemical and biological pollutants. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25 (2), 262–267. <https://doi.org/10.26444/aaem/78479> [in English].
25. Sigsgaard, T., Jensen, P., & Korsgaard, J. (2020). Respiratory diseases and allergy in farmers working with livestock: A EAACI position paper. *Clinical and Translational Allergy*, 10 (1). <https://doi.org/10.1186/s13601-020-00334-x> [in English].
26. Bai, H., Li, Z., & Zhang, Y. (2022). Spread of airborne antibiotic resistance from animal farms to the environment: Dispersal pattern and exposure risk. *Environment International*, 158, 106927. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106927> [in English].
27. Wang, K., Zhang, Y., & Li, H. (2018). Succession of organics metabolic function of bacterial community in swine manure composting. *Journal of Hazardous Materials*, 360, 471–480. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.032> [in English].
28. Kraemer, J.G., Dewhirst, D., & Yang, P. (2019). The indoor-air microbiota of pig farms drives the composition of the pig farmers' nasal microbiota in a season-dependent and farm-specific manner. *Applied and Environmental Microbiology*, 85 (9). <https://doi.org/10.1128/aem.03038-18> [in English].
29. Mogielnicka-Brzozowska, M., & Zielinska, J. (2022). Zinc-binding proteins in stallion seminal plasma as potential sperm function regulators. *Annals of Animal Science*, 22(1), 89–107. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0015> [in English].

УДК 633.16:632.9

Грицюк Н. В.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри здоров'я фітоценозів і трофології,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: ngritsyuk78@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4185-7495

ЕФЕКТИВНІСТЬ БАКОВИХ СУМІШЕЙ ПРОТИ КОМПЛЕКСУ ШКІДЛИВОЇ БІОТИ В ПОСІВАХ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

Анотація

Протруєння насіння є обов'язковим екологічно й економічно вигідним заходом у сучасних технологіях вирощування ячменю ярого. Протруйники насіння виявляють високу ефективність до шкідливої біоти на початковому етапі органогенезу культури – від появи сходів до фази куцання. Мета роботи полягає в підвищенні ефективності захисту ячменю шляхом застосування бакових сумішей інсектицидних, фунгіцидних та інсекто-фунгіцидних протруйників з мікродобривами. Дослідження проводилося в посівах ячменю ярого сорту Геліос на навчально-дослідному полі Поліського національного університету. Установлено, що інсекто-фунгіцид Селест Топ 312.5 FS, ТН (1,5 л/м) і бакова суміш інсектициду Гаучо ЕВО 275 FS, ТН (2,0 л/м) з фунгіцидом Максим Стар 0,25 FS, ТН (1,5 л/м) при протруєнні насіння ячменю ярого були досить ефективні проти пліснявих грибів видів *Penicillium viridicatum* Westling., *Aspergillus glaucus* L., *Mucor mucedo* Fresen, збудника гельмінтоспориозної кореневої гнилі, цикадок, злакових мух.

Застосування мікродобрив Бактолайв Сід, ЗП (0,1 кг/м) і Вертибіомаг-М, р. (6 л/м) з досліджуваними пестицидами збільшило польову схожість насіння ячменю ярого в середньому на 5–6% порівняно з контрольним варіантом. Додавання мікродобрив підвищило ефективність пестицидів до гельмінтоспориозної кореневої гнилі ячменю у фазу виходу в трубку на 1,3–5,9% (Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/м + добриво) і на 15,6–17% (Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/м + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/м + добриво); у фазі воскової стиглості – на 4,9–8,5% і 14–16,8% відповідно, порівняно з варіантом без добрив.

Результати оцінювання інсекто-фунгіциду Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/м та інсектицидно-фунгіцидної суміші (Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/м + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/м) окремо й у комплексі з мікродобривами виявили позитивний вплив на формування елементів структури врожаю й урожайності ячменю ярого. Сумісне застосування пестицидів і добрив сприяло достовірному збільшенню врожайності ячменю в середньому на 1,2–1,36 т/га порівняно з контрольним варіантом.

Ключові слова: ячмінь ярий, гельмінтоспориозна коренева гниль, шкідники, бакова суміш, мікродобрива, ефективність.

Вступ. Нині в Україні потенційні втрати врожаю зернових культур від шкідливої біоти становлять близько 10 млн тонн, що еквівалентно 20% від загального врожаю зернових. За сучасних умов господарювання продуктивність новітніх сортів знаходиться в межах 8–12 т/га, тоді як елементи структури посівів і формування врожаю зерна здійснюється тільки на 30–40% [14, с. 22–23; 4, с. 20–21].

У фазу сходів ячменю ярого постійну загрозу становлять комплекси сисних шкідників, особливо злакові мухи, злакові попелиці й цикадки. Шкоду від них часто недооцінюють, оскільки вона на перший погляд не помітна. Однак, висмоктуючи поживні речовини, комахи-фітофаги можуть порушувати обмінні процеси, пригнічувати ріст і розвиток рослин, а також уносити токсичні сполуки, які погіршують посухостійкість. Крім того, злакові попелиці й листовійки є переносниками вірусних захворювань сільськогосподарських культур [3, с. 25]. Чисельність, видовий склад, домінування та шкідливість фітофагів в агроценозах ячменю ярого постійно змінюються, це зумовлено дією абіотичних і біотичних факторів середовища, які впливають на ріст, розвиток комах [16, с. 232–233].

Коливання врожайності ячменю ярого нерідко зумовлено ураженням хворобами грибної етіології, серед яких кореневі гнилі належать до найбільш шкідливих. Утрати врожаю можуть сягати 30%, ознаки ураження кореневими гнилями можуть виявлятися в усіх фазах органогенезу, водночас ступінь (інтенсивність) розвитку хвороби значно варіює по роках залежно від екологічних та агротехнічних умов [2, с. 6]. Діагностика корневих гнилей пшениці озимої ускладнюється тим, що ці хвороби викликає комплекс збудників, які можуть бути неоднаковими в різних ґрунтово-кліматичних зонах. За результатами наших багаторічних досліджень, залежно від району обстежень, виявлено всі шість типів корневих гнилей – офіобольозну, фузаріозну, гельмінтоспориозну, питіозну кореневі гнилі й церкоспориозну, ризоктоніозну прикореневі гнилі. Але найбільш поширеними є фузаріозна та гельмінтоспориозна кореневі гнилі [9, с. 10–11].

Таким чином, постає необхідність постійно проводити моніторинг шкідливої біоти агроценозів зернових культур, у тому числі ячменю ярого, для контролю її розвитку, поширення й чисельності, це є основою для вдосконалення технології системи захисту культур від шкідливих організмів і їх адаптації до сучасних екосистем [13, с. 112–115].

Протруювання насіння є обов'язковим екологічно й економічно вигідним заходом у сучасних технологіях вирощування ячменю ярого. Цей прийом дає змогу захистити висіяне насіння й проростки від ґрунтових патогенів і пліснявіння, крім того, знижує пошкодження сходів шкідниками, які зимують у ґрунті [8, с. 58–59].

Протруйники насіння виявляють високу ефективність до хвороб і шкідників на початковому етапі розвитку культури – від появи сходів до фази кущіння. У цей період обробка насіння ефективно допомагає захистити посіви зернових культур від злакових мух (*Oscinella pusilla* Mg., *Oscinella frit* L., *Phorbia fumigata* Meig. та інших видів), хлібної жулички (*Zabrus tenebrioides* Goeze.), хлібних смугастих блішок (*Phyllotreta vittula* Redt.), а також пліснявіння насіння (комплекс грибів роду *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Mucor mucedo* Fresen. та ін), гельмінтоспоріозної й фузаріозної кореневої гнилі (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker та *Fusarium* spp.) та інших шкідливих організмів [11, с. 227; 14, с. 230; 18, с. 49–50].

Для кращої технічної й економічної ефективності актуальним є застосування складних бакових сумішей, до складу яких входять фунгіциди, інсектициди, мікродобрива й регулятори росту рослин [15, с. 35].

При використанні таких сумішей потрібна попередня перевірка на сумісність їх компонентів, на відсутність фітотоксичності для рослин зернових культур та інших негативних наслідків [1, с. 23–34; 5, с. 13–14].

Останніми роками створені інсекто-фунгіциди – складні препарати, до складу яких входять речовини інсектицидної та фунгіцидної дії. Вивчення ефективності застосування бакових сумішей інсекто-фунгіцидів з мікродобривами й регуляторами росту рослин для протруювання насіння є якісно новим напрямом у захисті зернових культур, у тому числі ярого ячменю [6, с. 10; 12, с. 85].

Мета роботи – вивчення ефективності захисту ячменю ярого, застосування бакових сумішей нових інсектицидних, фунгіцидних та інсекто-фунгіцидних протруйників з мікродобривами.

Завдання дослідження: 1) вивчити технічну ефективність інсектицидних, фунгіцидних та інсекто-фунгіцидних протруйників і їх бакових сумішей з мікродобривами; 2) визначити вплив інсектицидних, фунгіцидних та інсекто-фунгіцидних протруйників і їх бакових сумішей з мікродобривами на формування елементів урожаю й урожайність ярого ячменю.

Виклад основного матеріалу дослідження. Упродовж 2022–2023 років в умовах Полісся України (навчально-дослідне поле Поліського національного університету) проведені дослідження щодо технічної ефективності сумісного застосування інсекто-фунгіцидних протруйників і мікродобрив. Ґрунт дослідної ділянки ясно-сірий лісовий легкосуглинковий з низьким умістом гумусу (1,55%) та азоту (8,6 мг/100 г ґрунту); середнім умістом рухомого фосфору (16,3 мг/100 г ґрунту) й обмінного калію (8,5 мг/100 г ґрунту).

Обробку насіння ячменю ярого проводили в день посіву за такою схемою:

1. Контроль (обробка водою).
2. Гаучо EBO 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т.
3. Гаучо EBO 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т + Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т.
4. Гаучо EBO 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т + Вертибіомаг-М, р. 6 л/т.
5. Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т.
6. Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т + Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т.
7. Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т + Вертибіомаг-М, р. 6 л/т.

Характеристика препаратів:

Гаучо EBO 275 FS, ТН – інсектицид (ТОВ «Bayer»), д. р. – імідаклоприд, 175 г/л + клотіанідин, 100 г/л;

Максим Стар 0,25 FS, ТН – фунгіцид (ТОВ «Сингента»), д. р. – флудіоксоніл, 25 г/л;

Селест Топ 312.5 FS, ТН, – інсектицид-фунгіцид (ТОВ «Сингента»), д. р. – флудіоксоніл 25 г/л + дифенокназол 25 г/л + тіаметоксам 262,5 г/л;

Бактолайв Сід, ЗП – добриво (ТОВ «Хімагромаркетинг»), д. р. N – 1%, P₂O₅ – 0,5%, K₂O – 18%; мікроелементи: S, CaO, Na₂O, B, Co, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo; органічна речовина – не менше ніж 50% (*Trichoderma harzianum*, *Bacillus* spp.);

Вертибіомаг-М, р. – добриво (ТОВ Перфект Агро, ТЗОВ «Гербіком»), д. р. – N – 0–46,0%, P₂O₅ – 0–26,0%, K₂O – 0–35,0%, S – не більше ніж 75 г/л, Na₂O – не більше ніж 100,0 г/л, B – не більше ніж 8,0 г/л, Co – не більше ніж 1,0 г/л, I – не більше ніж 1,0 мг/л, Cu – не більше ніж 15,0 г/л, Zn – не більше ніж 14,0 г/л, Br – не більше ніж 44,0 мг/л, Fe – не більше ніж 15,0 г/л, Mn – не більше ніж 24,0 г/л, Mg – не більше ніж 32,0 г/л, Mo – не більше ніж 2,0 г/л, Ti – не більше ніж 0,5 мг/л, гумінові речовини – 0–20,0 г/л. Досліди закладали на сорті Геліос (оригіналь: селекційно-генетичний інститут м. Одеси). Розмір дослідних ділянок становив 30 м². Розміщення варіантів – у чотирьох рендомізованих повтореннях. Обробка насіння ячменю ярого була проведена на малогабаритному протруйнику Hege 11 перед посівом згідно з регламентами застосування досліджуваних препаратів. Норму робочої рідини – 10 л/т насіння.

У лабораторії кафедри здоров'я фітоценозів і трофології Поліського національного університету вивчена ефективність препаратів до пліснявіння насіння методом «вологої камери» [7, с. 65–66].

Польову схожість насіння визначали у фазі повних сходів ярого ячменю. Густиоту стояння рослин урахували перед обмолотом на 1 м² кожної ділянки.

Облік личинок злакових мух проводили методом їх підрахунку в 4 пробах 0,5 м погонного рядка в кожній повторності. У пробах переглядали всі рослини й заселені стебла, розкриваючи їх препаративною голкою.

Обліки чисельності шкідників і пошкодження ними рослин, визначення ефективності препаратів і їх сумішей здійснювали згідно з методичними вказівками [10, с. 251–254].

Обліки кореневих гнилі проводили у фазі виходу в трубку (ВВСН 30–39) і воскової стиглості (ВСН 83–89) рослин ярого ячменю. На кожній дослідній ділянці брали дві облікові ділянки по 0,1 м² (2 суміжні рядки по 0,33 м погонної довжини). Ступінь ураження визначали за такою шкалою (у балах): 0 – ознак ураження немає; 1 – поодинокі штрихи на колеоптилі чи підземному міжвузлі; 2 – слабе побуріння колеоптилю або підземного міжвузля; 3 – сильне побуріння колеоптилю або підземного міжвузля; 4 – повне відмирання проростка.

Показники розвитку хвороб, ступеня ураженості й технічну ефективність досліджуваних фунгіцидів і їх сумішей визначали згідно з відомими методиками [7, с. 64–65].

Облік структури врожаю проводили методом відбору пробних снопів (25 рослин) із кожної дослідної ділянки.

У лабораторних умовах методом «вологої камери» встановлено зараженість зерна ячменю ярого комплексом пліснявих грибів родів *Penicillium viridicatum* Westling., *Aspergillus glaucus* (L.), *Mucor mucedo* Fresen. (табл. 1).

При обробці насіння ячменю інсекто-фунгіцидом Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т і баковою сумішшю Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т зараженість насіння пліснявими патогенами становила 92,1–94,8%, що на 58,5–61,2% менше, ніж на контрольному варіанті. Додавання добрив суттєво не вплинуло на фунгіцидну активність досліджуваних препаратів проти комплексу пліснявих грибів.

Таблиця 1. Технічна ефективність бакових сумішей при протруюванні насіння ячменю ярого (сорт Геліос, 2022–2023 роки)

Варіанти	Польова схожість, %	Технічна ефективність, %				
		пліснявиння насіння	гельмінтоспоріозна коренева гниль		пошкодження рослин	
			ВВСН 30–39	ВВСН 83–89	цикадки	злакові мухи
Контроль (обробка водою)	81,1	33,6	11,6	27,5	14,2	27,6
Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т	82,3	94,8	64,2	48,4	93,0	89,4
Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т + Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т	87,6	96,0	79,8	65,2	93,0	90,0
Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т + Вертибіомаг-М, р. 6 л/т	86,8	95,1	81,2	62,4	92,5	90,3
Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т	81,8	92,1	62,7	47,6	86,6	83,4
Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т + Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т	87,4	93,0	68,6	56,1	86,7	83,8
Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т + Вертибіомаг-М, р. 6 л/т	86,5	92,7	64,0	52,5	86,2	84,0

Польова схожість насіння ячменю ярого залежно від варіанта дослідів варіювала від 82,3 до 87,6%, при цьому в контрольному варіанті вона становила 81,1%. При обробці насіння баковими сумішами з добривами польова схожість була вищою на 5,7–5,8% і на 5,4–6,3% порівняно з контрольним варіантом при протруюванні Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т з додаванням добрив.

Ефективність препаратів Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т і бакової суміші Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т проти гельмінтоспоріозної кореневої гнилі була майже однаковою: у фазу виходу в трубку становила 62,7% та 64,2%, у фазу воскової стиглості – 47,6% та 48,4% відповідно. При сумісному застосуванні пестицидів і мікродобрив фунгіцидна активність щодо хвороби була вищою, у фазі виходу в трубку – на 1,3–5,9% (Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т + добриво) і на 15,6–17% (Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т + добриво); у фазу воскової стиглості на – 4,9–8,5% та 14–16,8% відповідно. Суттєвої різниці в ефективності проти шкідників при протруюванні хімічними препаратами як окремо, так і з додаванням до них мікродобрив не виявлено. Але значно зменшилася пошкодженість цикадками й злаковими мухами порівняно з контрольним варіантом.

Протруювання насіння ячменю ярого пестицидами окремо й із додаванням добрив у середньому за 2022–2023 роки підвищило кількість продуктивних стебел на 11–21%, кількість зерен у колосі – 6,4–10,7%, масу 1000 зерен – 9,9–15,4% порівняно з контрольним варіантом (таблиця 2).

Найвищі показники структури врожаю отримали при застосуванні бакових сумішей з мікродобривами. Так, при додаванні Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т у композицію Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т число продуктивних стебел зросло на 102 шт./м²; кількість зерен у колосі – на 1,7 шт.; маса 1000 зерен – на 6,2 г порівняно з контрольним варіантом. Аналогічні результати отримані при додаванні мікродобрива до Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т.

Таблиця 2. Структура врожаю ячменю ярого залежно від сумісного застосування пестицидів з мікродобривами (сорт Геліос, 2022–2023 роки)

Варіанти	Кількість продуктивних стебел		Кількість зерен у колосі		Маса 1000 зерен	
	шт./м ²	% до контролю	шт.	% до контролю	г	% до контролю
Контроль (обробка водою)	483	100	15,8	100	36,4	100
Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т	541	112,0	17,0	107,6	40,5	11,3
Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т + Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т	585	121,1	17,5	110,7	42,6	117,0
Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т + Вертибіомаг-М, р. 6 л/т	579	119	17,1	108,2	41,9	115,1
Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т	537	11,2	16,8	106,4	40,0	109,9
Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т + Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т	577	119,5	17,4	110,1	42,0	115,4
Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т + Вертибіомаг-М, р. 6 л/т	573	118,6	17,6	108,2	41,3	113,5

У середньому за два роки з усіх варіантів дослідів отримано достовірний приріст урожаю зерна ячменю ярого від 0,94 до 1,36 т/га щодо контролю (таблиця 3).

Таблиця 3. Урожайність ячменю ярого при застосування бакових сумішей (сорт Геліос, 2022–2023 роки)

Схема дослідів	Урожайність, т/га			Приріст врожаю, т/га
	2022	2023	середня за 2 роки	
Контроль (обробка водою)	4,28	4,43	4,35	–
Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т	5,24	5,46	5,36	+1,01
Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т + Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т	5,60	5,83	5,71	+1,36
Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т + Вертибіомаг-М, р. 6 л/т	5,72	5,55	5,66	+1,31
Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т	5,26	5,32	5,29	+0,94
Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т + Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т	5,51	5,66	5,58	+1,23
Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т + Вертибіомаг-М, р., 6 л/т	5,60	5,50	5,55	+1,20
НІР ₀₅	0,15	0,11		

Суттєвої різниці в урожайності при обробці пестицидами Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т і Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т не виявлено.

Проте застосування при протруєнні бакових сумішей пестицидів з мікродобривами сприяло підвищенню врожайності. Так, при сумісному застосуванні пестицидів з добривами Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т і Вертибіомаг-М, р. 6 л/т приріст становив 1,36 т/га та 1,31 т/га відповідно, а при застосуванні інсекто-фунгіциду Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т плюс Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т і Вертибіомаг-М, р. 6 л/т урожайність збільшилася на 1,23 і 1,20 т/га порівняно з варіантом без обробки (контроль).

Висновки. Бакова суміш пестицидів Гаучо ЕВО 275 FS, ТН, 2,0 л/т + Максим Стар 0,25 FS, ТН, 1,5 л/т, Селест Топ 312.5 FS, ТН, 1,5 л/т з додаванням мікродобрив Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т, Вертибіомаг-М, р. 6 л/т при протруєнні насіння ячменю ярого були ефективні щодо комплексу шкідливих організмів: збудників хвороб, які викликають пліснявіння насіння, гельмінтоспориозної кореневої гнилі, сисних шкідників – злакових мух, цикадок. Застосування пестицидів з мікродобривами підвищило польову схожість ячменю на 5,0–6,5%, технічну ефективність до гельмінтоспориозної кореневої гнилі у фазу виходу в трубку на 6–15% і 1,3–17% у фазу воскової стиглості на 8,5–16,8% і 4,9–14,0% відповідно порівняно з варіантом без додавання добрив. Додавання до пестицидів добрив майже не вплинуло на інсектицидну ефективність і пліснявіння насіння. Сумісне застосування пестицидів і мікродобрив Бактолайв Сід, ЗП, 0,1 кг/т, Вертибіомаг-М, р. 6 л/т сприяло збільшенню врожайності ячменю ярого на 1,36–1,23 т/га й 1,31–1,20 т/га порівняно з контрольним варіантом.

Список використаних джерел

1. Андрейченко О.Г., Корнічева Г.І. Вплив біостимулятора росту на продуктивність ячменю ярого залежно від способу використання в умовах північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 139 (1). С. 22–26. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.3>.
2. Бакалова А.В., Грицюк Н.В., Дереча О.А. Комплексний захист пшениці озимої від шкідливих організмів агроценозу у зоні Полісся України. *Карантин і захист рослин*. 2019. № 1–2. С. 5–10.
3. Воевода Л. І., Красноштан І. В., Михайловин Ю. М., Половинчук О. Ю. Видовий склад бур'янів і шкідників у посівах ячменю ярого та втрати врожаю зерна за різних попередників. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.256509>.
4. Гамаюнова В.В., Панфілова А.В. Наростання надземної маси та формування врожайності зерна ячменю ярого в умовах південного Степу України. *Наукові горизонти. Scientific Horizons*. 2019. № 2 (75). С. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-75-2-19-26>.
5. Горобець М. В., Писаренко П. В., Чайка Т. О., Міщенко О. В., Крикунова В. Ю. Вплив регуляторів росту рослин на онтогенез сортів ячменю ярого. *Вісник ПДАА*. 2021. № 1. С. 106–115. DOI: 10.31210/visnyk2021.01.12.
6. Горшар О.А., Горшар В.І. Окселекно О.М. Вплив біопрепарату альбіт на розвиток хвороб в період вегетації ячменю ярого та його врожайності. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 92. С. 9–14.
7. Грицюк Н.В. Вплив комплексних препаратів для передпосівної обробки насіння на ураженість кореневими гнилями та продуктивність пшениці озимої. *Захист і карантин рослин*. 2013. № 59. С. 63–71.
8. Грицюк Н.В. Ефективність протруйників проти сисних шкідників в агроценозі пшениці озимої. *Фітосанітарна безпека*. 2022. Вип. 68. С. 57–66. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.57-66>.
9. Крючкова Л.О., Грицюк Н.В. Кореневі гнилі пшениці озимої – поширення в Північному Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 2 (211). С. 9–12.
10. Методика випробування і застосування пестицидів / за ред. С. Трибеля. Київ : Світ, 2001. 448 с.
11. Михайленко С.В. Обмеження розвитку хвороб листя ячменю ярого за допомогою протруйників. *Захист і карантин рослин*. 2014. № 60. С. 226–230.
12. Писаренко П. В., Матюха В. Л., Писаренко П. П., Антоненко Я. В. 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. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.09>.
13. Станкевич С.В., Забродіна І.В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур : навчальний посібник. Харків, 2016. 216 с.
14. Федоренко А. В., Бахмут О. О., Борисенко В. В., Неверовська Т. М. Основні шкідники зернових колосових культур та фітосанітарний стан у 2020–2021 рр. *Захист і карантин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 291–303. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.291-303>.
15. Чайка О.В., Лапа С. В., Тимошук Т. М., Грицюк Н. В. Дослідження ефективності застосування біопрепарату мікро-1 проти хвороб ячменю ярого в умовах Полісся. *ScienceRise: Biological Science*. 2017. № 2 (5). С. 34–37. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2017.99839>.
16. Чухрай Р.В. Екологічні чинники впливу на чисельність основних шкідників ячменю в правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 101. С. 231–236.
17. Шушківська Н.І., Кривенко А.І., Вакуленко В.В. Напівтвердокрилі (Hemiptera) на пшениці озимій у Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 188–123. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.18>.
18. Hrytsiuk N., Bakalova A., Ivaschenko I., Kotkova T. Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. № 26 (3). С. 48–57. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor3.2023.48>.

Hrytsiuk N. V.

Candidate of Agricultural Sciences,

Associate Professor at the Department of Phytocenosis Health and Trofology,

Polissia National University

Zhytomyr, Ukraine

E-mail: ngritsyuk78@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4185-7495

EFFECTIVENESS OF TANKS AGAINST THE COMPLEX OF HARMFUL BIOTA
IN SPRING BARLEY CROPS

Abstract

Seed treatment is a mandatory environmentally and economically beneficial measure in modern technologies for growing spring barley. Seed treatments are highly effective against harmful biota at the initial stage of crop organogenesis – from the emergence of seedlings to the tillering phase. The aim of the work is to increase the effectiveness of barley protection by using tank mixtures of insecticidal, fungicidal and insecto-fungicidal treatments with micronutrients. The study was conducted in spring barley crops of the Helios variety at the educational and research field of the Polissia National University. It was found that the insecticide-fungicide Celeste Top 312.5 FS, TN (1.5 l/t) and the tank mixture of insecticide Gaucho EVO 275 FS, TH (2.0 l/t) with fungicide Maxim Star 0.25 FS, TH (1.5 l/t) when treating spring barley seeds were quite effective against mold fungi of the species *Penicillium viridicatum* Westling., *Aspergillus glaucus* L., *Mucor mucedo* Fresen, the causative agent of helminthic root rot, leafhoppers, and cereal flies.

The use of microfertilizers Bactolive Seed, ZP (0.1 kg/t) and Vertibiomag-M, r. (6 l/t) with the test pesticides increased the field germination of spring barley seeds by an average of 5–6% compared to the control variant. The addition of microfertilizers increased the effectiveness of pesticides against helminthic root rot of barley in the tube phase by 1.3–5.9% (Celest Top 312.5 FS, TN, 1.5 l/t + fertilizer) and by 15.6–17% (Gaucho EVO 275 FS, TH, 2.0 l/t + Maxim Star 0.25 FS, TH, 1.5 l/t + fertilizer); in the waxy ripeness phase by – 4.9–8.5% and 14–16.8%, respectively, compared to the option without fertilizers.

The results of the evaluation of the insect-fungicide Celeste Top 312.5 FS, TH, 1.5 l/t and the insecticidal-fungicidal mixture (Gaucho EVO 275 FS, TH, 2.0 l/t + Maxim Star 0.25 FS, TH, 1.5 l/t) separately and in combination with microfertilizers revealed a positive effect on the formation of elements of the crop structure and yield of spring barley. The combined use of pesticides and fertilizers contributed to a significant increase in barley yield by an average of 1.2–1.36 t/ha compared to the control variant.

Key words: spring barley, helminthic root rot, pests, tanks, microfertilizers, efficiency.

References

1. Andreichenko, O.H., & Kornicheva, H.I. (2024). Vplyv biostymulatoru rostu na produktyvnist yachmeniu yarocho zalezhno vid sposobu vykorystannia v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [The influence of a growth biostimulant on the productivity of spring barley depending on the method of use in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, 139. (1), pp. 22–26 DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.1.3> [in Ukrainian].
2. Bakalova, A.V., Hrytsiuk, N.V., & Derecha, O.A. (2019). Kompleksnyi zakhyst pshenytsi ozymoi vid shkidlyvykh orhanizmiv ahrotsenozu u zoni Polissia Ukrainy [Comprehensive protection of winter wheat from harmful organisms of agroecosis in the Polissya zone of Ukraine]. *Karantyn i zakhyst Roslyn – Quarantine and plant protection*, 1–2, pp. 5–10 [in Ukrainian].
3. Voievoda, L.I., Krasnoshtan, I.V., Mykhailovyn, Yu.M., & Polovynchuk, O.Yu. (2021). Vydovy sklad burianiv i shkidnykiv u posivakh yachmeniu yarocho ta vtraty vrozhaui zerna za riznykh poperednykiv [Species composition of weeds and pests in spring barley crops and grain yield losses under different predecessors]. *Novitni ahrotekhnologii – New agricultural technologies*, 9. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.9.2021.256509> [in Ukrainian].
4. Hamaiunova, V.V., & Panfilova, A.V. (2019). Narostannia nadzemnoi masy ta formuvannia vrozhaivosti zerna yachmeniu yarocho v umovakh pivdennoho Stepu Ukrainy [Growth of above-ground mass and formation of spring barley grain yield in the conditions of the southern Steppe of Ukraine]. *Scientific Horizons*, 2 (75), pp. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-75-2-19-26> [in Ukrainian].
5. Horobets, M.V., Pysarenko, P.V., Chaika, T.O., Mishchenko, O.V., & Krykunova, V.Yu. (2021). Vplyv rehulatoriv rostu roslyn na ontogenezu sortiv yachmeniu yarocho [The influence of plant growth regulators on the ontogenesis of spring barley varieties]. *Visnyk PDAA – Bulletin of the Poltava Ukrainian Agricultural Academy*, 1, pp. 106–115. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.12> [in Ukrainian].
6. Horshchar, O.A., Horshchar, V.I., & Okselenko, O.M. (2015). Vplyv biopreparatu albit na rozvytok khvorob v period vehetatsii yachmeniu yarocho ta yoho vrozhaivist [The influence of the biological preparation albite on the development of diseases during the vegetation period of spring barley and its yield]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, 92, pp. 9–14 [in Ukrainian].
7. Hrytsiuk, N.V. (2013). Vplyv kompleksnykh preparativ dlia peredposivnoi obrobky nasinnia na urazhenist korenevymy hnyliamy ta produktyvnist pshenytsi ozymoi [The effect of complex preparations for pre-sowing seed treatment on root rot infestation and winter wheat productivity]. *Zakhyst i karantyn roslyn – Plant Protection and Quarantine*, 59, pp. 63–71 [in Ukrainian].
8. Hrytsiuk, N.V. (2022). Efektyvnist protruinykiv proty sysnykh shkidnykiv v ahrotsenozii pshenytsi ozymoi [The effectiveness of pesticides against sucking pests in the agroecosis of winter wheat]. *Fitosanitarna bezpeka – Phytosanitary Safety*, iss. 68, pp. 57–66. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2022.68.57-66> [in Ukrainian].
9. Kriuchkova, L.O., & Hrytsiuk, N.V. (2014). Korenevi hnyli pshenytsi ozymoi – poshyrennia v Pivnichnomu Lisostepu Ukrainy [Root rots of winter wheat – distribution in the Northern Forest-Steppe of Ukraine]. *Karantyn i zakhyst roslyn – Quarantine and plant protection*, 2 (211), pp. 9–12 [in Ukrainian].
10. Trybel, S. (ed.). (2001). Metodyka vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv [Methodology of testing and application of pesticides]. Kyiv: Svit 448 p. [in Ukrainian].
11. Mykhailenko, S.V. (2014). Obmezhenia rozvytku khvorob lystia yachmeniu yarocho za dopomohoiu protruinykiv [Limiting the development of spring barley leaf diseases using pesticides]. *Zakhyst i karantyn roslyn – Plant Protection and Quarantine*, (60), pp. 226–230 [in Ukrainian].
12. Pysarenko, P.V., Matiukha, V.L., Pysarenko, P.P., & Antonenko, Ya.V. (2021). Efektyvnist bakovykh sumishei pestytsydiv proty shkidnykiv ta khvorob u tekhnologii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi v Pivnichnomu Stepu Ukrainy. [The effectiveness of tank mixtures of pesticides against pests and diseases in the technology of growing winter wheat in the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, pp. 80–89. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.09> [in Ukrainian].
13. Stankevych, S.V., & Zabrodina, I.V. (2016). Monitorynh shkidnykiv silskohospodarskykh kultur [Monitoring of crop pests]: navch. posibnyk. Kharkiv, 216 p. [in Ukrainian].
14. Fedorenko, A., Bakhmut, O., Borysenko, V., & Neverovska, T. (2021). Osnovni shkidnyky zernovykh kolosovykh kultur ta fitosanitarnyi stan u 2020–2021 rr. [Main pests of grain crops and phytosanitary condition in 2020–2021]. *Zakhyst i karantyn Roslyn – Plant protection and quarantine*, 67, pp. 291–303. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.291-303> [in Ukrainian].
15. Chaika, O.V., Lapa, S.V., Tymoshchuk, T.M., & Hrytsiuk, N.V. (2017). Doslidzhennia efektyvnosti zastosuvannia biopreparatu mikro-1 proty khvorob yachmeniu yarocho v umovakh Polissia [Research on the effectiveness of the use of the biological product Mikro-1 against spring barley diseases in the conditions of Polissya]. *ScienceRise: Biological Science*, 2 (5), pp. 34–37. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2017.99839> [in Ukrainian].
16. Chukhray, R.V. (2018). Ekologichni chynnyky vplyvu na chyselnist osnovnykh shkidnykiv yachmeniu v pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Ecological factors influencing the number of major barley pests in the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavria Scientific Bulletin*, 101, pp. 231–236 [in Ukrainian].

-
17. Shushkivska, N.I., Kryvenko, A.I., & Vakulenko, V.V. (2024). Napivtverdokryli (Hemiptera) na pshenytsi ozymii u Lisostepu Ukrainy [Hemiptera on winter wheat in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*, 25, pp. 188–123. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.18>. [in Ukrainian].
18. Hrytsiuk, N., Bakalova, A., Ivaschenko, I., & Kotkova, T. (2023). Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(3), pp. 48–57. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor3.2023.48> [in English].

УДК 633.584.3

Данюк Ю. С.

доктор філософії (20 Аграрні науки і продовольство),
завідувач відділу науково-організаційної роботи,
Український інститут експертизи сортів рослин
Київ, Україна

E-mail: danyuk.yura@ukr.net
ORCID: 0000-0001-8698-2161

Данюк В. О.

завідувач відділу внутрішнього аудиту,
Український інститут експертизи сортів рослин
Київ, Україна

E-mail: vikaropelna@ukr.net
ORCID: 0009-0004-0985-4480

Кирильчук А. М.

кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник лабораторії показників якості сортів рослин,
Український інститут експертизи сортів рослин
Київ, Україна

E-mail: angelakyrylchuk@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3948-5810

Ковальчук Є. С.

старший науковий співробітник відділу науково-організаційної роботи,
Український інститут експертизи сортів рослин
Київ, Україна

E-mail: 5916706@ukr.net
ORCID: 0009-0008-2931-3541

Линчак Н. Б.

старший науковий співробітник відділу науково-організаційної роботи,
Український інститут експертизи сортів рослин
Київ, Україна

E-mail: lynchaknadin@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3963-7319

Барбан О. Б.

науковий співробітник відділу науково-організаційної роботи,
Український інститут експертизи сортів рослин
Київ, Україна

E-mail: olyaveselovska@ukr.net
ORCID: 0000-0001-8819-3115

НАРОСТАННЯ ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ ДРУГОГО ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕРМІНУ ЗАГОТІВЛІ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ГЕЛЮ АБСОРБЕНТУ

Анотація

Стаття має на меті встановити особливості формування біометричних показників рослин двох видів енергетичної верби (*Salix L.*) у насадженнях другого року вегетації залежно від терміну заготівлі садивного матеріалу – пагонів та перед-садивного оброблення живців абсорбентом.

Дослідження проводили впродовж 2020–2022 рр. в умовах дослідного поля Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (Київська обл.), що знаходиться в зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Об'єктом дослідження слугували два види енергетичної верби: *Salix triandra* L. 'Панфільська' та *Salix viminalis* L. 'Збруч'. Щорічно, у третій декаді березня – першій декаді квітня, насадження закладали стандартними живцями завдовжки 20–25 см та діаметром 2,0–2,5 см із трьома-чотирма добре розвиненими бруньками.

Протягом вегетації щомісяця визначали такі біометричні показники: середню висоту рослин (см), діаметр стебел (мм), кількість стебел у кущі (шт.).

Статистичну обробку результатів проводили з використанням дисперсійного аналізу для встановлення достовірності відмінностей між варіантами досліду.

Дослідження показало, що термін заготівлі садивного матеріалу та застосування гелю-абсорбенту істотно впливали на формування біометричних показників енергетичної верби у насадженнях другого року вегетації. Кількість рослин, висота та діаметр стебел енергетичної верби в динаміці за вегетаційний період і в середньому за три роки залежали від сортових особливостей. Застосування гелю-абсорбенту сприяло приросту висоти рослин та діаметра стебел сорту 'Панфільська' при осінній заготівлі пагонів, тоді як у сорту 'Збруч' приріст був більшим за весняної заготівлі.

Ключові слова: *Salix triandra* L., *S. viminalis* L., терміни заготівлі пагонів, живці, абсорбент MaxiMarin, біометричні показники рослин, висота пагонів, діаметр стебел, кількість пагонів в одному кущі.

Вступ. Енергетичні культури є важливим напрямом біоенергетичного сектору. З початком нового століття в Україні значна увага приділяється використанню біопалива, що дає можливість зменшити залежність національної економіки від імпорту енергоносіїв, знизити її енергоємність і забезпечити стійкий економічний розвиток країни [7, с. 41–45].

Наразі, в Україні, в енергетичній політиці, помітні позитивні зміни, спрямовані на просування біомаси в якості біопалива, яка є сучасним поширеним заміном природного газу, та представлена в Україні пелетами і тріскою [5].

Енергія біомаси еквівалентна 2 млрд т у. п./рік, що становить приблизно 13–15% від всього використання первісних енергоресурсів світу. Частка України, приблизно становить близько 50 млн т у. п., але економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється в 27 млн т у. п./рік [3; 13].

Передовий досвід широко демонструють європейські країни, які почали активно впроваджувати вирощування енергетичної сировини [3; 10]. Серед енергетичних культур найбільші плантації вирощують тополі та верби, які є екологічно-відновлювальним джерелом енергії [12, с. 261–277]. З літературних джерел відомо що, в південних регіонах з недостатньою кількістю опадів тополя є продуктивнішою порівняно з вербою, оскільки паростки верби чутливі до літньої засухи.

Енергетична верба є перспективною культурою для України, оскільки вона стійка до морозів, шкідників і хвороб; може рости на ґрунтах різного типу, на заболочених і непродуктивних (таких, що потребують рекультивативної) землях. Хоча, на землях низької якості культура зростає не так швидко як за сприятливих умов, проте інтенсивному росту допомагає добре розвинена коренева система, що значно покращується за використання агро-технічних заходів, зокрема застосування гелів абсорбентів [9, с. 144].

В період інтенсивної вегетації, в залежності від щільності посадки, плантація верби може випаровувати 300–800 тис. л/га води, вирішуючи таким чином проблему осушення ґрунтів з великим обсягом підземних вод або заболоченням [8]. Крім того, культура здатна абсорбувати великі кількості металевих мікроелементів, очищуючи забруднені ґрунти та стічні води (за поливу плантації стічними водами).

Урожайність енергетичної верби прямо залежить від ґрунтово-кліматичних умов, її вирощування вважається доцільним для континентальної зони [11]. Культура має високі показники приросту по довжині – до 3–5 см на день, у середньому 1,5 м в рік. Насадження залишаються продуктивними 20–30 років. Середня врожайність верби становить 10–12 т сухої маси з га за рік; урожай збирають кожні 2–3 роки [1]. Найбільший урожай отримують на 4–5 рік вирощування – 16–20 т сухої маси з га. За сприятливих умов урожай може досягати 30–40 т сухої маси з га за рік.

Порівнюючи показники продуктивності, росту та розвитку *Salix eriocephala* та *S. discolor* виявлено, що врожайність біомаси енергетичної верби позитивно корелює з якісним ґрунтом ділянки та кущистістю рослин. Також встановлено, що середня висота трьох найвищих пагонів на кущі та їх середня товщина тісно корелюють з продуктивністю біомаси. В першому досліді коефіцієнт детермінації (R^2) був 0,813, а в другому – 0,781 [16, с. 419–425].

Вирощування енергетичної верби на засолених ґрунтах є перспективним напрямом, оскільки ця культура має високу стійкість до стресових умов і може використовуватися для фаторемедіації. Однак вибір конкретного виду є критичним для успішного вирощування. Один з найпоширеніших видів, який характеризується високою врожайністю та стійкістю до різних типів ґрунтів, включаючи помірно засолені – *S. viminalis*. Добре адаптується до вологих і засоленних місць, має потужну кореневу систему, яка допомагає зменшувати рівень засолення – *S. alba*. Володіє високою регенеративною здатністю та помірною толерантністю до засолення – *S. purpurea*. Ці види, разом з *S. interior* Rowlee досліджували щодо можливості їх наростання на засоленних ґрунтах. Особливість росту та формування наземної біомаси плантації *S. discolor* та *S. viminalis* без внесення добрив та поливу досліджували в околицях Монреалю. Було встановлено, що продуктивність деяких видів приблизно однакова і що дворічний цикл зрізування біомасу є продуктивнішим, за однорічний.

Рядом авторів доведено, що застосування абсорбенту за садіння маточних коренеплодів, ризом міскантусу забезпечує підвищення приживлюваності рослин, їх продуктивності та виходу садивного матеріалу [14, с. 261–277].

Дослідженнями в умовах Лісостепу українських науковців доведено, що строки заготівлі живців мають значний вплив на наростання вегетативної маси енергетичної верби. Восени живці акумулюють більше поживних речовин, що сприяє їхньому кращому вкоріненню. Весняна заготівля, хоча й менш продуктивна в середньому, іноді може забезпечувати швидке відновлення вегетації при ранньому висаджуванні. Вітчизняні агротехнічні дослідження свідчать, що обробка живців абсорбентами значно підвищує вологозабезпеченість рослин у ранні фази росту. Це особливо важливо в умовах нестійкого зволоження, яке характерне для Правобережного Лісостепу України. Абсорбенти покращують поглинання води, створюючи мікроклімат навколо кореневої системи, що сприяє кращому укоріненню живців та збільшенню біомаси [3, с. 221–229; 4]. Застосування абсорбентів значно підвищує посухостійкість рослин завдяки утриманню вологи у зоні кореневої системи. Це знижує ризик пересихання живців, особливо у весняний період, коли погодні умови можуть бути непередбачуваними [17, с. 4284–4294].

Рядом авторів активно досліджуються технології вирощування енергетичної верби (*Salix* spp.) як джерела біомаси. Встановлено, що осіння заготівля живців у поєднанні з передсадивним оброблянням стимуляторами чи абсорбентами підвищує виживаність рослин на 15–20% порівняно з необробленими варіантами [15, с. 114–121].

Вплив строків заготівлі та стимуляторів росту на продуктивність енергетичної верби вивчався в межах проєктів зі зменшення залежності від викопного палива. Згідно з дослідженням, оптимізація строків заготівлі та застосування гелів-абсорбентів дозволяє досягти приросту біомаси на 10–25% залежно від кліматичних умов і технологічних особливостей.

Комплексне застосування різних строків заготівлі садивного матеріалу та передсадивного обробляння живців гелем-абсорбентом є перспективним методом підвищення продуктивності енергетичної верби. Оптимізація умов для вкорінення живців, їх швидкого росту та стійкості до стресових факторів (посухи, нестачі поживних речовин) є актуальною [2, с. 19–26].

Мета роботи – установити особливості формування біометричних показників рослин двох видів енергетичної верби (*Salix* L.) у насадженнях другого року вегетації залежно від терміну заготівлі садивного матеріалу – пагонів та передсадивного обробляння живців абсорбентом.

Виклад основного матеріалу дослідження. Польові дослідження проводили впродовж 2020–2022 рр. в умовах дослідного поля Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (с. Ксаверівка друга, Білоцерківський р-н, Київська обл.), що знаходиться в зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Грунт дослідного поля – чорнозем типовий вилугуваний, середньоглибокий, малогумусний, грубопилувато-легкосуглинковий на карбонатному лесі. Уміст гумусу (за Тюрнімом) становить 2,64%, азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом), – 280 мг/кг, рухомих форм фосфору та обмінного калію (за Чиріковим) – 180 та 160 мг/кг ґрунту відповідно. Кислотність ґрунту (рН) – 6,6. Глибина гумусового горизонту – 100–120 см.

Вегетаційний період 2020 р. за погодними умовами був жарким. Зокрема, середня добова температура повітря на 3,6 °C вища, ніж середнє багаторічне значення та становила 16,2 °C, а за вологозабезпеченістю погодні умови були засушливі, дефіцит вологи становив менші показники, за середнє багаторічне значення і становив 28 мм.

За місяцями вегетаційного періоду середня добова температура була вищою за середнє багаторічне значення, а відхилення від багаторічного показника коливалася від -2,4 °C (травень) до 5,4 °C (березень). Період садіння живців (березень) був теплим, середня добова температура перевищувала середнє багаторічне значення на 5,4°C, за незначного дефіциту вологи, опадів випало на 9,8 мм менше середнього багаторічного показника.

За місяцями вегетації дефіцит опадів розподілявся майже рівномірно, крім травня, який характеризувався надмірним зволоженням – опадів випало на 35,7 мм більше за середнє багаторічне значення. Аналогічні результати спостерігалися за декадами вегетаційного періоду [6].

Вегетаційний період 2021–2022 рр. за температурним режимом були наближені до середньої багаторічної температури повітря з невеликими відхиленнями як його перевищування, так і зниження, але був холоднішим, ніж 2020 р. Середня добова температура становила 13,6°C і була вищою від середнього багаторічного показника лише на 1,0 °C. За режимом волого забезпечення вони характеризувалися надмірним зволоженням, опадів випало на 14,1 мм більше, ніж за середнє багаторічне значення.

У період садіння живців другий квартал року середня добова температура повітря перевищувала середнє багаторічне значення на 1,8 °C, що свідчить про достатнє забезпечення рослин енергетичної верби теплом але незначний дефіцит вологи, який становив 9,6 мм, вплинув на приживлюваність живців.

За місяцями середня добова температура повітря була наближеною до середнього багаторічного показника, перевищення її коливалася від -1,4 °C (вересень) до 2,6 °C (червень). Доцільно зазначити, що за чотири місяці (квітень, травень, вересень та жовтень) характеризувалися нижчою температурою повітря за середнє багаторічне значення.

Дослідження проводили з двома видами верби – тритичинковою (*Salix triandra* L.) та прутівидною (*S. viminalis* L.).

Верба тритичинкова 'Панфільська'. Сорт включено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2014 р. Оригінація – Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН». Рекомендовані зони вирощування – Полісся та Лісостеп. Урожайність сирової біомаси – 70,4 т/га, вихід сухої речовини – 34,5 т/га. Термін використання плантації – 15 років, періодичність збирання сировини – 2 роки.

Верба прутковидна 'Збруч'. Сорт включено до Держреєстру у 2018 р. Оригінація – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Рекомендовані зони вирощування – Степ, Лісостеп та Полісся. Урожайність сирової біомаси – 32,0 т/га, вихід сухої речовини – 17,6 т/га. Термін використання плантації – 30 років, періодичність збирання сировини – 3 роки [11].

Дослідні насадження верби щорічно закладали у третій декаді березня – першій декаді квітня. Садивний матеріал – пагони для нарізання живців заготовлювали у два терміни: восени – після припинення сокоруху (друга декада листопада) та весною – до початку сокоруху (перша декада березня). Пагони в обидва терміни заготовлювали на тих самих ділянках у дворічних насадженнях відповідних видів культури.

Заготовлений восени садивний матеріал закладали на зберігання у траншеї (2,0 × 1,5 × 1,0 м) із присипанням зверху шаром ґрунту 10–15 см. Восени пагони для нарізання живців зберігали у траншеях (розміри 2,0 × 1,5 × 1,0 м), присипаних шаром ґрунту товщиною 10–15 см, до весняного садіння. Це дозволяло забезпечити оптимальні умови для збереження садивного матеріалу під час зимового періоду. Весною ж заготовлені пагони зберігалися в подібних умовах, до моменту висаджування живців в умовах досліджень.

Різні умови зберігання та строки заготівлі пагонів (весна або осінь) можуть впливати на ефективність росту та розвитку рослин впродовж вегетаційного періоду, оскільки вегетативні процеси й умови зберігання можуть впливати на їх ріст і схожість. Термін заготівлі садивного матеріалу є важливим фактором, що визначає ефективність початкового розвитку енергетичної верби. Раннє висаджування забезпечує більш інтенсивний ріст вегетативної маси, що дозволяє рослинам краще адаптуватися до умов першого вегетаційного періоду.

У день закладання насаджень пагони нарізали на стандартні живці завдовжки 20–25 см та діаметром 2,0–2,5 см із щонайменше трьома-чотирма добре розвинутими бруньками. При нарізанні живців верхній і нижній зрізи робили на відстані 0,5–1,0 см від бруньки. Пагони були завдовжки не менше ніж 1,0 м.

Перед висаджуванням нижню частину живців, що розміщуватиметься безпосередньо в ґрунті (15–20 см), занурювали на дві-три хвилини у поживний гель (абсорбент) MaxiMarin.

Поживний гель MaxiMarin – це універсальний абсорбент, який застосовують для покращення умов зберігання садивного матеріалу, зокрема для живців рослин. Гель має здатність утримувати вологу, забезпечуючи рослини необхідною кількістю води та поживних речовин, що сприяє їх кращому вкорінюванню та адаптації після висаджування. Використання гелів абсорбентів у сільському господарстві дозволяє значно знизити потребу в частих поливах, покращуючи доступність води для рослин у посушливі періоди. Для енергетичної верби це забезпечує кращі умови для розвитку вегетативної маси, особливо в умовах мінливих кліматичних умов [14, с. 292–306].

MaxiMarin застосовують не тільки для зберігання пагонів до висаджування, але й для обробки садивного матеріалу перед посадкою, щоб забезпечити йому сприятливі умови для росту. Цей продукт часто використовують в аграрній практиці для поліпшення вкорінення рослин і підвищення їх стійкості до стресових умов.

Обліки і спостереження висоти, діаметру та кількості пагонів проводили з травня місяця з усіма висадженими живцями в динаміці до закінчення вегетації щорічно, згідно з методиками, викладеними в Методології дослідження енергетичних плантацій верб і тополь.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного й кореляційного аналізів за методом Фішера з використанням пакета прикладних програм Statistica 6.0.

Результати досліджень, проведених на першому році вегетації показали високий рівень приживлюваності живців. Загальна приживлюваність рослин досягла 92%, що свідчить про ефективність вибору терміну заготівлі садивного матеріалу та застосування абсорбенту для стимуляції коренеутворення. Проте впродовж другого року вегетації ми спостерігали певні зміни в ростових показниках, що, в свою чергу, вимагає детального аналізу.

Перехід до другого року вегетації продемонстрував, наскільки ефективно на подальший розвиток рослин впливають фактори, досліджувані в попередньому році. Спостереження показали, що застосування гелю у поєднанні з різними термінами заготівлі пагонів відіграє важливу роль у подальшому рості та розвитку рослин. В другому вегетаційному періоді енергетична верба демонструє активне наростання вегетативної маси, що обумовлено не тільки природними умовами, але й агротехнічними заходами, зокрема застосуванням гелів абсорбентів, які покращують водний режим ґрунту.

У другому році вегетації, під впливом досліджуваних факторів, рослини показали значний приріст. Зокрема, середня висота рослин, що отримали обробку поживним гелем MaxiMarin, збільшилася на 7,5 см порівняно з контрольними варіантами, де використання абсорбенту не застосовувалося. Для сорту 'Панфільська', при заготівлі пагонів восени, приріст висоти складав 23,4 см, в той час як при заготівлі весною він був на 3 см меншим (20,4 см). У сорті 'Збруч' ефект був менш вираженим, хоча весняна заготівля пагонів також сприяла кращому росту порівняно з осінньою (19,6 см проти 17,9 см відповідно).

Щодо діаметра стебел, спостерігалось збільшення на 4,2 мм у варіанті, де використовувався абсорбент. Приріст діаметра стебел був найбільшим у варіанті з осінньою заготовлею пагонів для сорту 'Панфільська', що становив 9,5 мм. Сорт 'Збруч' показав приріст у 7,1 мм при осінній заготовці, а при весняній – 6,2 мм.

Ці результати підтверджують, що правильне поєднання терміну заготовки пагонів та використання абсорбенту значно впливає на ріст та розвиток рослин енергетичної верби на другий рік вегетації. Одночасно спостерігається, що ефект застосування цих факторів є більш вираженим для сорту 'Панфільська' порівняно з 'Збручем'. Це може свідчити про сортову специфіку впливу досліджуваних умов на ріст верби.

Застосування гелю забезпечило приріст висоти рослин та діаметру стебел сорту 'Панфільська' при заготовці пагонів навесні, а 'Збруч' – восени (табл. 1) але закономірного збільшення висоти, діаметру стебел та їх кількості залежно від застосування абсорбенту не було. Так, в середньому за три роки за садіння пагонів верби тритичинкової сорту 'Панфільська', які заготовлені на весні діаметр стебел і їх кількість з гелем абсорбентом були вищими, ніж контроль, а у весняних пагонів – внесення гелю абсорбенту також забезпечило збільшення цих показників.

По вербі прутівидній сорту 'Збруч' отримана аналогічна залежність, але за садіння весняних пагонів застосування абсорбенту не сприяло підвищенню висоти, діаметру стебел і їх кількості, а осінні пагони – забезпечили достовірне збільшення кількості стебел. Закономірного збільшення діаметру стебел та їх кількості залежно від застосування абсорбенту не виявлено.

Таблиця 1. Біометричні показники рослин верби на кінець другого року вегетації залежно від факторів досліду (середнє за 2020–2022 рр.)

Строки заготівлі садивного матеріалу	Обробка живців абсорбентом	Середні показники (станом на 21.09)		
		висота рослин, см	діаметр стебел, мм	кількість стебел, шт./кущ
S. triandra ‘Панфільська’				
восени	контроль	361,89	20,55	1,58
	MaxiMarin	358,00	20,89	2,56
навесні	контроль	366,00	21,33	2,16
	MaxiMarin	378,00	20,68	2,38
S. viminalis ‘Збруч’				
восени	контроль	377,34	21,03	2,07
	MaxiMarin	387,67	21,24	2,13
весною	контроль	382,25	21,36	2,04
	MaxiMarin	361,89	21,32	2,11

Не було виявлено достовірного збільшення біометричних показників енергетичної верби обох сортів залежно від терміну заготовки садового матеріалу – восени чи навесні. За дослідження біометричних показників енергетичної верби залежно від сортових особливостей та елементів технології в динаміці обох сортів спостерігається аналогічна залежність як в середньому за три роки, так і окремо по роках.

Достовірного збільшення приросту вегетативної маси енергетичної верби – висоти рослин за використання гелю абсорбенту MaxiMarin при садінні пагонів не виявлено. Якщо приріст висоти рослин за садіння пагонів заготовлених восени та навесні верби прутівидної сорту 'Збруч' з внесенням гелю, спостерігалася тенденція збільшення цього показника, то верби тритичинкової сорту 'Панфільська' більшою була висота в контролі – без гелю.

Таблиця 2. Динаміка формування показника висоти стебел у насадженнях верби другого року вегетації залежно від досліджуваних факторів, см (середнє за 2020–2022 рр.)

Строки заготіввлі садивного матеріалу	Обробка живців абсорбентом	Дата обліку				
		20.05.	30.06.	27.07.	25.08.	21.09.
S. triandra ‘Панфільська’						
восени	контроль	251,39	289,89	329,39	354,14	361,89
	MaxiMarin	248,00	287,00	326,00	350,33	358,00
навесні	контроль	255,50	294,00	333,50	358,25	366,00
	MaxiMarin	267,50	306,00	345,50	370,25	378,00
S. viminalis ‘Збруч’						
восени	контроль	266,84	305,34	344,84	369,59	377,34
	MaxiMarin	275,67	313,33	353,67	379,00	387,67
навесні	контроль	271,75	310,25	349,75	374,50	382,25
	MaxiMarin	201,23	239,57	278,90	303,90	311,57
НІР _{0,05 заг.}		8,23	13,72	10,06	9,81	12,54
НІР _{0,05 сорт}		4,11	6,86	5,03	4,91	6,27
НІР _{0,05 строк заготіввлі, гелю}		4,11	6,86	5,03	4,91	6,27

У другий рік вегетації в середньому за три роки спостерігалася тенденція збільшення приросту висоти верби прутувидної сорту 'Збруч', порівняно з енергетичною вербою тритичинковою сорту 'Панфільська' в період з 20 травня по 21 вересня незалежно від строку заготівлі пагонів. Не виявлено достовірного збільшення приросту висоти рослин залежно від строку заготівлі пагонів та застосування гелю абсорбенту.

Аналіз факторів показав, що найбільший вплив на висоту рослин був фактору «сорт» – 23% та умови року – 16%. Вплив гелю становив 10% (рис. 1).

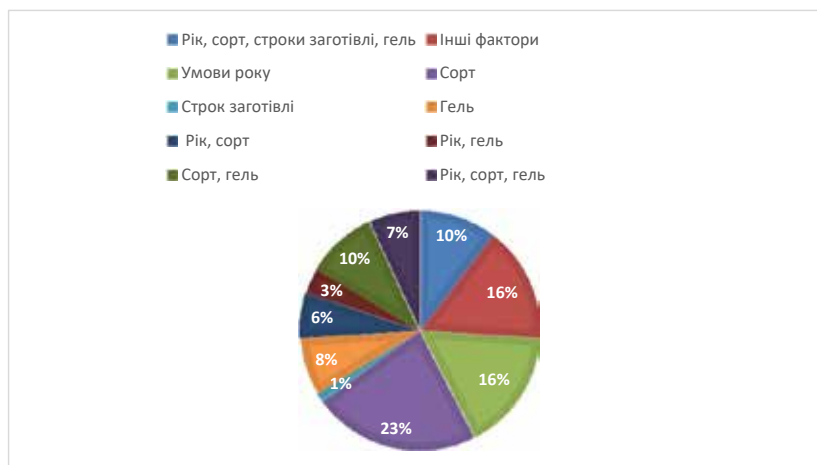


Рис. 1. Частки впливу факторів дослідження на формування показника висоти пагонів верби (середнє за 2020–2022 рр.)

Аналогічні результати отримані з наростання товщини пагонів енергетичної верби. На перші дати обліку в середньому за три роки діаметр стебел був приблизно однаковим верби прутувидної сорту 'Збруч', порівняно з сортом 'Панфільська' незалежно від строку заготівлі садивного матеріалу, а на останню дату обліку (21.09), більшим він був в сорту 'Збруч'.

Таблиця 3. Динаміка формування показника діаметра стебел у насадженнях верби другого року вегетації залежно від досліджуваних факторів, см (середнє за 2020–2022 рр.)

Строки заготівлі садивного матеріалу	Обробка живців абсорбентом	Дата обліку				
		20.05.	30.06.	27.07.	25.08.	21.09.
S. triandra ‘Панфільська’						
восени	контроль	17,96	18,84	19,32	19,83	20,55
	MaxiMarin	18,25	19,11	19,54	20,05	20,89
навесні	контроль	18,74	19,62	20,10	20,61	21,33
	MaxiMarin	18,09	18,97	19,45	19,96	20,68
S. viminalis ‘Збруч’						
восени	контроль	18,43	19,32	19,79	20,30	21,03
	MaxiMarin	18,76	19,63	20,16	20,64	21,24
навесні	контроль	18,77	19,65	20,13	20,64	21,36
	MaxiMarin	18,63	19,54	20,06	20,55	21,32
НІР _{0,05 заг.}		0,32	0,37	0,42	0,43	0,56
НІР _{0,05 сорт}		0,16	0,18	0,21	0,22	0,28
НІР _{0,05 строк заготівлі, гель}		0,16	0,18	0,21	0,22	0,28

Застосування гелю абсорбенту за садіння живців в перший рік вегетації не забезпечило збільшення діаметру стебел в другому році вегетації обох сортів незалежно від строку їх заготівлі, спостерігалася лише тенденція його збільшення або зменшення. Не виявлено достовірного збільшення діаметру стебел залежно від строку заготівлі садивного матеріалу.

На діаметр стебел також найбільший вплив був фактору «сорт» – 17% та умови року – 14%. Вплив гелю так як інших факторів та їх взаємодії був малим – лише 1% (рис. 2).

Аналогічні результати біометричних показників отримані з кількості стебел.

Застосування гелю абсорбенту за садіння пагонів, заготовлених навесні сорту 'Збруч' забезпечило достовірне збільшення стебел, порівняно як з контролем – без гелю. Сорт верби прутувидної 'Збруч' формував більше стебел з пагонів, які були заготовлені навесні, ніж сорт верби тритичинкової 'Панфільська', а сорти 'Панфільська' навпаки більшу кількість пагонів сформовано за садіння живців заготовлених з осені з застосуванням гелю

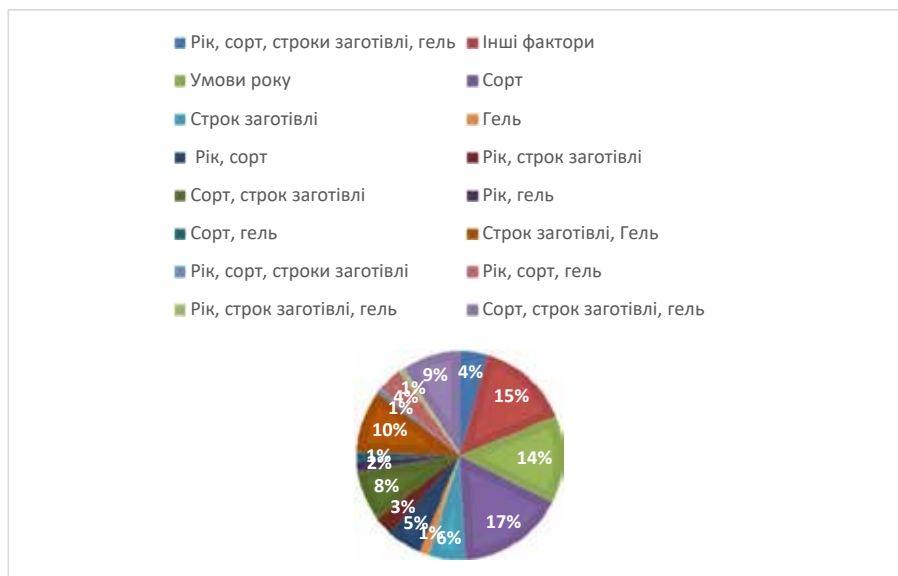


Рис. 2. Частки впливу факторів досліджу на формування показника діаметра пагонів верби (середнє за 2020–2022 рр.)

Таблиця 4. Динаміка формування показника кількості пагонів у насадженнях верби другого року вегетації залежно від досліджуваних факторів, шт./кущ (середнє за 2020–2022 рр.)

Строки заготівлі садивного матеріалу	Обробка живців абсорбентом	Дата обліку				
		20.05.	30.06.	27.07.	25.08.	21.09.
S. triandra ‘Панфільська’						
восени	контроль	1,22	1,47	1,58	1,58	1,58
	MaxiMarin	2,10	2,45	2,56	2,56	2,56
навесні	контроль	1,75	1,96	2,16	2,16	2,16
	MaxiMarin	1,90	2,15	2,38	2,38	2,38
S. viminalis ‘Збруч’						
восени	контроль	1,61	1,97	2,07	2,07	2,07
	MaxiMarin	1,58	1,92	2,13	2,13	2,13
навесні	контроль	1,50	1,91	2,04	2,04	2,04
	MaxiMarin	1,25	1,78	2,11	2,11	2,11
НІР _{0,05 заг.}		0,27	0,22	0,24	0,19	0,17
НІР _{0,05 сорт}		0,14	0,11	0,12	0,10	0,09
НІР _{0,05 строк заготівлі, гель}		0,14	0,11	0,12	0,10	0,09

абсорбенту порівняно з контролем та з прутувидною 'Збруч'. Залежно від строку заготівлі пагонів достовірної різниці з кількості стебел не виявлено в обох сортах.

Не виявлено достовірного збільшення біометричних показників – висоти рослин, товщини пагонів та кількості стебел залежно від строку заготівлі садивного матеріалу та застосування гелю абсорбенту. Тобто, для закладання великих плантацій енергетичної верби садивний матеріал необхідно заготовлювати восени, а не великих – навесні. Наростання вегетативної маси інтенсивніше проходило у верби прутувидної сорту 'Збруч', ніж тритичинкової сорту 'Панфільська'.

Висновки. Проведене дослідження показало, що застосування гелю-абсорбенту не мало визначального впливу під час висаджування енергетичної верби. За садіння живців сорту 'Збруч' приріст висоти рослин у всі дати обліку в другому році вегетації був вищим, ніж у сорту 'Панфільська'. У середньому за три роки другого року вегетації істотної різниці у товщині стебел та кількості пагонів залежно від сортових особливостей, виду садивного матеріалу та застосування гелю-абсорбенту не виявлено.

Застосування абсорбенту позитивно вплинуло на приріст висоти рослин та діаметру стебел сорту 'Панфільська' при заготівлі пагонів навесні, а сорту 'Збруч' – восени. Найвищий приріст висоти фіксувався при висаджуванні живців сорту 'Панфільська', заготовлених восени, та сорту 'Збруч', заготовлених навесні.

Список використаних джерел

1. Гелетука Г.Г., Желзна Т.А., Трибой О.В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Біоенергетична асоціація України. 2014. 33 с. <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-10-ua.pdf>

2. Данюк Ю. С., Балагура О. В. Наростання вегетативної маси верби залежно від сортових особливостей та періоду заготівлі садивного матеріалу. *Агробіологія*. 2022. № 2 (174). С. 19–26. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-174-2-19-26>
3. Данюк Ю. С. Формування продуктивності садивного матеріалу енергетичної верби залежно від умов заготівлі та зберігання: дис. ... д-ра філософ.: 201. Київ, 2023. 185 с.
4. Доронін В. А., Кравченко Ю. В., Дрига В. В., Доронін В. В. Формування садивного матеріалу міскантусу в другому році вегетації залежно від елементів технології його вирощування. *Біоенергетика*. 2018. № 2. С. 28–31. <https://doi.org/10.47414/be.2.2018.229253>
5. Кателевський В. М. Урожайність міскантусу гігантського залежно від застосування нових елементів технології вирощування в умовах Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. № 28. 221–229. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.244149>
6. Роїк М.В., Гументик М.Я., Мамайсур В.В. Перспективи вирощування енергетичної верби для вирощування твердого біопалива. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 18–19.
7. Сінченко В.М., Роїк М.В., Фучило Я.Д. та ін. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД». 2015. 340 с.
8. Сінченко В. М., Мельничук Г. А. Економічна ефективність вирощування енергетичної верби в Україні. *Біоенергетика*. 2021. № 1. С. 41–45. <https://doi.org/10.47414/be.1.2018.229204>
9. Фучило Я.Д., Зелінський Б.В., Іванюк І.Д., Зелінська Л.Г. Вирощування енергетичних плантацій верби на маргінальних землях Київського Полісся. Житомир : НОВОград. 2023. 144 с. <https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/9890/1/Vyroshchuvannya%20enerhetychnykh.pdf>
10. Фучило Я. Д. Плантаційне лісовирощування: теорія, практика, перспективи. Київ : Логос. 2011. 464 с.;
11. Фучило Я.Д., Сінченко В.М., Гументик М.Я. Особливості вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2016. №1(7). С. 11–13. <https://doi.org/10.47414/be.1.2016.253889>;
12. Alexopoulou E., Christou M., Eleftheriadis I. Role of 4F cropping in determining future biomass potentials, including sustainability and policy related issues. Biomass Department of CRES, 2010-2012. <https://www.semanticscholar.org/paper/Role-of-4F-cropping-in-determining-future-biomass-Alexopoulou-Christou/a8a248e758e6ffb891fb1b9219e50d70463915a7>
13. Christersson L. High technology biomass production by Salix clones on a sandy soil in southern Sweden. *Tree Physiology*. 1986. Vol. 2, Iss. 1–3. P. 261–277. <https://doi.org/10.1093/treephys/2.1-2-3.261>
14. N. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications. London ; Washington, DC : Earthscan, 2010. 544 p.
15. Krzyżaniak M., Stolarski M.J., Szczukowski S. et al. Willow biomass obtained from different soils as a feedstock for energy. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 75. P.114-121. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.030>
16. Labrecque M., Teodorescu T. I., Cogliastro A., Daigle S. Growth patterns and biomass productivity of two Salix species grown under short-rotation intensive culture in southern Quebec. *Biomass and Bioenergy*. 1993. Vol. 4, Iss. 6. P. 419–425. [https://doi.org/10.1016/0961-9534\(93\)90063-A](https://doi.org/10.1016/0961-9534(93)90063-A)
17. Zhang H., Zhang Z., Qi X. et al. Manganese Monoxide/Biomass-Inherited Porous Carbon Nanostructure Composite Based on the High Water-Absorbent Agaric for Asymmetric Supercapacitor. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2019. Vol. 7, Iss. 4. P. 4284–4294. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b06049>

Daniuk Yu. S.

*Doctor of Philosophy (Agricultural Sciences and Food),
Head of Department of Scientific and Organizational Work,
Ukrainian Institute for Plant Variety Examination
Kyiv, Ukraine*

E-mail: danyk.yura@ukr.net

ORCID: 0000-0001-8698-2161

Daniuk V. O.

*Head of Internal Audit Department,
Ukrainian Institute for Plant Variety Examination
Kyiv, Ukraine*

E-mail: vikapopelna@ukr.net

ORCID: 0009-0004-0985-4480

Kyrylchuk A. M.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher at the Laboratory of Quality Indicators of Plant Varieties,
Ukrainian Institute for Plant Variety Examination
Kyiv, Ukraine*

E-mail: angelakyrylchuk@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3948-5810

Kovalchuk Y. S.

Senior researcher at the Department of Scientific and Organizational Work,
Ukrainian Institute for Plant Variety Examination
Kyiv, Ukraine

E-mail: 5916706@ukr.net

ORCID: 0009-0008-2931-3541

Lynchak N. B.

Senior researcher at the Department of Scientific and Organizational Work,
Ukrainian Institute for Plant Variety Examination
Kyiv, Ukraine

E-mail: lynchaknadin@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3963-7319

Barban O. B.

Researcher at the Department of Scientific and Organizational Work,
Ukrainian Institute for Plant Variety Examination
Kyiv, Ukraine

E-mail: olyaveselovska@ukr.net

ORCID: 0000-0001-8819-3115

GROWTH OF VEGETATIVE MASS OF ENERGY WILLOW IN THE SECOND GROWING SEASON DEPENDING ON THE TERM OF HARVESTING OF PLANTING MATERIAL AND APPLICATION OF ABSORBENT GEL

Abstract

This study aimed to elucidate the specific patterns in the development of biometric parameters in two energy willow (*Salix L.*) species within second-year vegetation plantations. The investigation specifically focused on the influence of two key factors: the timing of planting material (shoot) harvesting and the pre-planting treatment of cuttings with an absorbent.

The research was conducted over a three-year period, from 2020 to 2022, at the experimental field of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, situated in the Kyiv region. This location falls within the zone of unstable moisture characteristic of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The object of the study was two types of energy willow: *Salix triandra L.* 'Panfilska' and *Salix viminalis L.* 'Zbruch'. Every year, in the third decade of March – first decade of April, the plantations were established with standard cuttings 20–25 cm long and 2.0–2.5 cm in diameter with three to four well-developed buds. During the growing season, the following biometric parameters were determined monthly: average plant height (cm), stem diameter (mm), number of stems per bush (pcs.).

Statistical processing of the results was carried out using analysis of variance to determine the reliability of differences between the experimental variants.

The findings of this investigation demonstrated a statistically significant impact of both the planting material harvesting period and the application of a gel-absorbent on the development of biometric characteristics of the energy willow plantations during their second year of vegetation.

The study revealed that the number of surviving plants, as well as the height and stem diameter of the energy willow, exhibited dependence on varietal characteristics when assessed dynamically throughout the growing season and averaged over the three-year study period. Furthermore, the application of the gel-absorbent exhibited a differential effect based on both the variety and the harvesting period. Specifically, the use of the gel-absorbent promoted an increase in plant height and stem diameter in the 'Panfilska' variety when shoots were harvested in autumn. Conversely, in the 'Zbruch' variety, a more pronounced growth in these parameters was observed with spring harvesting in conjunction with the gel-absorbent treatment.

Key words: *Salix triandra L.*, *S. viminalis L.*, terms of shoots harvesting, cuttings, MaxiMarin absorbent, biometric parameters of plants, shoot height, stem diameter, number of shoots in one bush.

References

1. Heletukha, H. H., Zheliezna, T. A., & Tryboi, O. V. (2014). Perspektyvy vyroshchuvannya ta vykorystannia enerhetychnykh kultur v Ukraini [Prospects for growing and using energy crops in Ukraine]. Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy. <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-10-ua.pdf> [in Ukrainian].
2. Danyuk, Yu., & Balagura, O. (2022). Narostannia vechetatyvnoi masy verby zalezno vid sortovykh osoblyvosti ta periodu zahotivli sadyvnoho materialu [Increase in willow vegetative weight depends on varietal characteristics and the period of planting material collection]. *Ahrobiolohiia*, 2, 19–26. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-174-2-19-26> [in Ukrainian].
3. Danyuk, Y. S. (2023). Formuvannia produktyvnosti sadyvnoho materialu enerhetychnoi verby zalezno vid umov zahotivli ta zberihannia [Formation of productivity of energy willow planting material depending on the conditions of harvesting and storage]. [Doctoral dissertation, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS] [in Ukrainian].
4. Doronin, V. A., Kravchenok, Yu. V., Dryha, V. V., & Doronin, V. V. (2018). Formuvannia sadyvnoho materialu miskantusu v druhomu rotsi vechetatsii zalezno vid elementiv tekhnolohii yoho vyroshchuvannya [Formation of planting material of

miscanthus in the second year of vegetation depending on the elements of its cultivation technology]. *Bioenerhetyka*, (2), 28–31. <https://doi.org/10.47414/be.2.2018.229253> [in Ukrainian].

5. Katelevskiy, V. M. (2020). Urozhainist miskantusu hihantskoho zalezno vid zastosuvannya novykh elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya v umovakh Lisostepu Ukrainy [Giant miscanthus yield in the Forest-Steppe of Ukraine under new cultivation practices]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*, (28), 221–229. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.244149> [in Ukrainian].

6. Roik, M. V., Humentyk, M. Ia., & Mamaisur, V. V. (2013). Perspektyvy vyroshchuvannya enerhetychnoi verby dlia vyroshchuvannya tverdogo biopalyva [Prospects for growing energy willow for growing solid biofuels]. *Bioenerhetyka*, (2), 18–19 [in Ukrainian].

7. Sinchenko, V. M., Roik, M. V., Fuchylo, Ya. D., ta in. (2015). Enerhetychna verba: tekhnolohiia vyroshchuvannya ta vykorystannia [Energy willow: technology of growing and using]. Nilan-LTD [in Ukrainian].

8. Sinchenko, V. M., & Melnychuk, H. A. (2021). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya enerhetychnoi verby v Ukraini [Economic efficiency of growing energy willow in Ukraine]. *Bioenerhetyka*, (1), 41–45. <https://doi.org/10.47414/be.1.2018.229204> [in Ukrainian].

9. Fuchylo, Ya. D., Zelinskyi, B. V., Ivaniuk, I. D., & Zelinska, L. H. (2023). Vyroshchuvannya enerhetychnykh plantatsii verby na marhinalnykh zemliakh Kyivskoho Polissia [Growing energy willow plantations on marginal lands of Kyiv Polissya]. NOVOhrad. Retrieved from: <https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/9890/1/Vyroshchuvannya%20enerhetychnykh.pdf> [in Ukrainian].

10. Fuchylo, Ya. D. (2011). Plantatsiine lisovyroshchuvannya: teoriia, praktyka, perspektyvy [Plantation afforestation: theory, practice, prospects]. Lohos [in Ukrainian].

11. Fuchylo, Ya. D., Sinchenko, V. M., & Humentyk, M. Ia. (2016). Osoblyvosti vyroshchuvannya enerhetychnoi verby [Features of growing energy willow]. *Bioenerhetyka*, 1, 11–13. <https://doi.org/10.47414/be.1.2016.253889> [in Ukrainian].

12. Alexopoulou, E., & Christou, M. (2010–2012). Role of 4F cropping in determining future biomass potentials, including sustainability and policy related issues. Biomass Department of CRES. Retrieved from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Role-of-4F-cropping-in-determining-future-biomass-Alexopoulou-Christou/a8a248e758e6ffb891fb1b9219e50d70463915a7> [in English].

13. Christersson, L. (1986). High technology biomass production by *Salix* clones on a sandy soil in southern Sweden. *Tree Physiology*, 2(1–3), 261–277. <https://doi.org/10.1093/treephys/2.1-2-3.261> [in English].

14. El Bassam, N. (2010). Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications. Earthscan [in English].

15. Krzyżaniak, M., Stolarski, M.J., Szczukowski, S. et al. (2015). Willow biomass obtained from different soils as a feedstock for energy. *Industrial Crops and Products*. Vol. 75. P. 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.030> [in English].

16. Labrecque, M., Teodorescu, T. I., Cogliastro, A., & Daigle, S. (1993). Growth patterns and biomass productivity of two *Salix* species grown under short-rotation intensive culture in southern Quebec. *Biomass and Bioenergy*, 4(6), 419–425. [https://doi.org/10.1016/0961-9534\(93\)90063-A](https://doi.org/10.1016/0961-9534(93)90063-A) [in English].

17. Zhang, H., Zhang, Z., Qi, X., Yu, J., Cai, J., & Yang, Z. (2019). Manganese Monoxide/Biomass-Inherited Porous Carbon Nanostructure Composite Based on the High Water-Absorbent Agaric for Asymmetric Supercapacitor. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7(4), 4284–4294. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b06049> [in English].

УДК 636:551.58(062.552)

Захарін В. В.

кандидат ветеринарних наук,
доцент кафедри внутрішньої патології та морфології,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: zakharin35@ukr.net
ORCID: 0000-0002-4157-644X

Трохименко В. З.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: trohimenkovita@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1763-3141

Ковальчук Т. І.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: tanyana72@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8682-3280

Безверха Л. М.

кандидат сільськогосподарських наук,
викладач спеціальних дисциплін,
Житомирський агротехнічний коледж
Житомир, Україна,
E-mail: lubov_bezverxa@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2518-972X

Пирожок М. А.

аспірант кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: maks.pirozhok777@gmail.com

ЗНАЧЕННЯ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО БЛАГОПОЛУЧЧЯ ТВАРИННИЦТВА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОГО РІВНЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИН І ЯКОСТІ ТВАРИННИЦЬКОЇ СИРОВИНИ

Анотація

У статті досліджується значення кліматично орієнтованого благополуччя тваринництва як ключового чинника забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських тварин і покращення якості тваринницької сировини. Кліматичні умови відіграють ключову роль у забезпеченні благополуччя тварин та ефективності виробництва в тваринництві. Зміни клімату, коливання температури, рівень вологості, швидкість вітру й інші екологічні фактори безпосередньо впливають на фізіологічний стан тварин, їхній ріст, відтворну здатність і продуктивність. Розглядаються основні екологічні й технологічні аспекти утримання тварин, зокрема вплив температурного режиму, вологості, якості повітря, освітлення та рівня шуму на фізіологічний стан і продуктивність тварин.

Особливу увагу приділено впливу кліматичних змін на добробут тварин й розробленню адаптивних підходів до їх утримання, що включають використання сучасних систем вентиляції, охолодження, утеплення приміщень, автоматизованого моніторингу параметрів мікроклімату й зниження теплового стресу. Забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов у тваринницьких комплексах сприяє зменшенню стресових факторів, які негативно впливають на здоров'я та продуктивність

тварин. Упровадження адаптаційних стратегій, таких як використання сучасних систем вентиляції, контроль рівня температури й вологості, застосування інноваційних підходів до годівлі й утримання, дає змогу мінімізувати вплив негативних кліматичних змін. Це сприяє підвищенню надоїв молока, приросту живої маси та покращенню якості м'ясної продукції тваринництва.

Проаналізовано переваги впровадження інноваційних технологій у сфері кліматичного менеджменту, що сприяють зниженню негативного впливу навколишнього середовища, підвищенню ефективності годівлі й збереженню здоров'я тварин. Також розглянуто аспекти оптимізації мікроклімату у тваринницьких комплексах, що дають змогу зменшити витрати на лікування й підвищити рентабельність виробництва. Висвітлено перспективи подальшого розвитку кліматично адаптованих систем утримання тварин, що відповідають сучасним вимогам сталого розвитку, біобезпеки й екологічної відповідальності.

Ключові слова: благополуччя тварин, мікроклімат, кліматично орієнтоване тваринництво, продуктивність тварин, якість тваринницької продукції, адаптивні технології, біобезпека.

Вступ. Сучасне тваринництво є важливим складником агропромислового комплексу, що забезпечує населення цінними харчовими продуктами й сировиною для переробної промисловості. Водночас інтенсивний розвиток галузі супроводжується численними викликами, серед яких особливе значення має вплив кліматичних умов на добробут і продуктивність сільськогосподарських тварин. Оптимальні параметри мікроклімату у тваринницьких приміщеннях є визначальним фактором, що впливає на рівень продуктивності, відтворювальні функції, здоров'я та якість отриманої продукції [14, с. 81; 17, с. 96; 18, с. 128].

Зміни клімату, зростання середньорічних температур, підвищення частоти екстремальних погодних явищ, таких як посухи й аномальні спеки, створюють додаткові ризики для тваринництва. Умови утримання тварин, включаючи температуру, вологість, якість повітря, рівень аміаку, освітленість і вентиляцію, суттєво впливають на їхнє фізіологічне та психоемоційне благополуччя. Негативний вплив несприятливих кліматичних умов може призводити до зниження продуктивності, погіршення якості тваринницької сировини, підвищення захворюваності та збільшення смертності серед тварин [14, с. 82; 16, с. 28; 17, с. 97; 18, с. 129].

Забезпечення кліматично орієнтованого благополуччя у тваринництві стає невід'ємною умовою для ефективного та стійкого ведення галузі. Використання адаптивних технологій, таких як автоматизовані системи моніторингу й регулювання мікроклімату, застосування екологічно безпечних методів охолодження й утеплення приміщень, оптимізація раціонів годівлі з урахуванням сезонних факторів сприяють зниженню стресу у тварин і підвищенню їхньої продуктивності [1, с. 26; 2, с. 57; 14, с. 82; 16, с. 4; 17, с. 98; 18, с. 127].

Розвиток сучасного тваринництва потребує комплексного підходу, що поєднує технологічні, біологічні й екологічні аспекти. Дотримання стандартів кліматично орієнтованого благополуччя є не лише засобом підвищення економічної ефективності тваринництва, а й важливим елементом екологічної відповідальності та сталого розвитку галузі. У зв'язку з цим актуальним є вивчення науково обґрунтованих методів підтримання оптимального мікроклімату у тваринницьких комплексах і розроблення ефективних заходів для мінімізації негативного впливу кліматичних змін на здоров'я та продуктивність тварин [1, с. 25; 10, с. 39; 12, с. 14; 13, с. 55; 14, с. 79; 16, с. 4; 17, с. 98; 18, с. 130].

Мета роботи – обґрунтування значення кліматично орієнтованого благополуччя тваринництва для підвищення продуктивності тварин і якості тваринницької сировини; аналіз впливу мікрокліматичних факторів на здоров'я та продуктивність тварин, а також вивчення сучасних технологій оптимізації умов утримання для забезпечення екологічної стійкості й ефективності галузі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кліматично орієнтоване благополуччя тварин є одним із ключових чинників, що впливають на їхню продуктивність, здоров'я та якість отриманої продукції. Сучасні дослідження свідчать, що несприятливі мікрокліматичні умови, зокрема високі або низькі температури, надмірна вологість, недостатня вентиляція та високий рівень газообміну (аміак, вуглекислий газ), можуть призводити до теплового стресу, зниження приросту маси, продуктивності молочних і м'ясних тварин, а також підвищення рівня захворюваності [2, с. 25; 4, с. 6; 10, с. 39; 12, с. 57; 14, с. 82; 16, с. 4; 18, с. 128] (таблиці 1–2).

Основними мікрокліматичними факторами, що впливають на благополуччя тварин, є такі: **температурний режим** – надмірне підвищення або зниження температури призводить до теплового або холодового стресу, що негативно впливає на обмін речовин, споживання корму та продуктивність; **вологість повітря** – високий рівень вологості в умовах високої температури посилює тепловий стрес, а в холодний період сприяє розвитку респіраторних захворювань; **вентиляція та якість повітря** – низький рівень кисню й накопичення аміаку, сірководню й вуглекислого газу можуть викликати проблеми з диханням, зниження імунітету й підвищення сприйнятливості до хвороб; **освітлення та рівень шуму** впливають на фізіологічний стан, репродуктивні функції та загальний комфорт тварин [1, с. 26; 2, с. 57; 10, с. 79; 16, с. 4; 17, с. 98; 18, с. 130].

Сучасні адаптивні технології управління мікрокліматом включають таке: використання **автоматизованих систем моніторингу** температури, вологості й рівня газообміну, що дають змогу оперативно регулювати умови утримання; **системи вентиляції та кондиціонування**, що забезпечують рівномірний розподіл повітря, запобігаючи перегріванню або переохолодженню тварин; **методи пасивного охолодження** – застосування ізоляційних матеріалів, водяного охолодження, затінених зон для зниження теплового навантаження; **адаптація раціонів годівлі** підбір кормових добавок, що допомагають тваринам легше переносити кліматичні зміни [12, с. 14; 14, с. 81; 17, с. 98].

Таблиця 1. Вплив мікрокліматичних факторів на продуктивність тварин

Фактор	Оптимальні значення	Наслідки відхилення від норми
Температура, °C	10–25 (для ВРХ)	Тепловий або холодний стрес, зниження продуктивності
Вологість, %	60–75	Підвищена захворюваність, тепловий стрес
Концентрація аміаку, ppm	< 10	Погіршення здоров'я, респіраторні захворювання
Вентиляція (обмін повітря, раз/год)	6–10	Акумуляція газів, погіршення якості повітря
Освітленість, лк	100–200	Порушення біоритмів, зниження репродуктивної функції

Таблиця 2. Ефективність заходів з оптимізації мікроклімату

Методи регулювання мікроклімату	Очікуваний ефект
Установлення автоматизованих систем вентиляції	Покращення якості повітря, зниження рівня газів
Використання водяного охолодження в спеку	Зменшення теплового стресу на 20–30%
Утеплення приміщень у зимовий період	Скорочення втрат енергії та покращення комфорту тварин
Оптимізація раціонів з урахуванням кліматичних умов	Підвищення засвоєння кормів, стабілізація приросту маси
Застосування біофільтрів для зменшення аміаку	Покращення здоров'я тварин, зниження викидів у довкілля

Оптимізація мікроклімату не лише підвищує продуктивність тварин, а й сприяє економічній ефективності виробництва за рахунок:

- зменшення витрат на лікування захворювань;
- підвищення приросту маси й надоїв;
- поліпшення якості м'яса, молока й інших тваринницьких продуктів;
- зниження негативного впливу тваринницьких комплексів на довкілля за рахунок зменшення викидів аміаку й парникових газів.

Кліматично орієнтоване благополуччя тваринництва є важливою умовою ефективного та сталого розвитку галузі. Упровадження сучасних технологій регулювання мікроклімату дає змогу мінімізувати стресові фактори для тварин, підвищити рівень їхньої продуктивності й забезпечити високу якість тваринницької сировини. Подальші дослідження в цій сфері мають бути спрямовані на розроблення інноваційних методів адаптації тваринницьких господарств до змін клімату й підвищення їхньої економічної ефективності [2, с. 57; 13, с. 55; 14, с. 82].

Тваринництво є важливим складником аграрної галузі, яка забезпечує людство харчовими продуктами, проте воно також має значний вплив на довкілля та клімат. В умовах зростаючих викликів, пов'язаних зі зміною клімату, виникає необхідність інтегрувати підходи, які водночас ураховують добробут тварин і зменшують негативний вплив тваринництва на екосистеми. У багатьох працях науковців наведені результати досліджень, як кліматично орієнтоване тваринництво й добробут тварин можуть гармонійно співіснувати й доповнювати одне одного [10, с. 125; 11, с. 167].

Добробут сільськогосподарських тварин стосується забезпечення їхніх фізіологічних, емоційних і соціальних потреб. Ключовими аспектами добробуту сільськогосподарських тварин є забезпечення вільного доступу до належної кількості їжі й води.

Також не менш важливими факторами є створення для тварин відповідного середовища з достатньою просторовою площею, вентиляцією та умовами утримання, убезпечення тварин від болю, травм і хвороб – своєчасне надання ветеринарної допомоги, можливість проявляти природну поведінку – доступ до середовища, де тварини можуть реалізувати свої природні інстинкти, такі як рух, дослідження, соціальна взаємодія, мінімізація таких явищ як страх і стрес, а саме забезпечення умов, які мінімізують стресові ситуації для тварин [1, с. 25; 14, с. 82; 16, с. 4; 18, с. 132].

Ці перелічені фактори й принципи є основою підходів до комфортного утримання тварин, що сприяють підвищенню їхнього добробуту.

На жаль, ведення тваринництва чинить вплив на довкілля й клімат. Тваринництво є одним зі значних джерел викидів парникових газів. За даними FAO, близько 14,5% усіх глобальних викидів парникових газів спричинені виробництвом м'яса, молока й інших продуктів тваринництва [1, с. 26].

Основними чинниками негативного впливу на довкілля та клімат є такі:

1. Викиди метану від ферментації в шлунках жуйних тварин.
2. Викиди оксиду азоту від використання добрив і розкладання органічних речовин.
3. Зміни у використанні земель для випасу худоби й вирощування кормів, що зумовлює вирубку лісів і втрату біорізноманіття.

Саме тому кліматично орієнтоване тваринництво має на меті зменшення негативного впливу на довкілля та клімат і водночас підвищення ефективності виробництва. Для забезпечення ефективного ведення галузі тваринництва з мінімізацією шкоди на довкілля та клімат вкрай необхідно дотримуватися правил і норм, зокрема зменшення викидів парникових газів через поліпшення годівлі, застосування кормових добавок, що зменшують викиди метану, упровадження технологій для утилізації органічних відходів. Оптимізація використання земель з

фокусом на агролісівництво й інтеграцію рослинництва і тваринництва, що дає змогу зберігати біорізноманіття й підвищувати продуктивність земель. Розвиток альтернативних джерел білка, наприклад, вирощування білків із комах або штучного м'яса, які мають менший екологічний вплив [1, с. 25; 14, с. 83; 16, с. 4; 18, с. 133].

Дотримання принципів добробуту тварин і впровадження кліматично орієнтованих практик можуть і повинні поєднуватися. Наприклад, вільний випас і доступ до природного середовища не лише покращують добробут тварин, а й сприяють зниженню викидів через кращу утилізацію кормів і природне відновлення пасовищ [1, с. 25; 2, с. 58; 16, с. 4].

Також із цією метою можна впроваджувати технології, що мінімізують стрес у тварин (наприклад, автоматизовані системи доїння або контролю стану здоров'я), дають змогу підвищити ефективність виробництва та знизити його екологічний вплив [12, с. 13].

Натомість зміна кліматичних умов значно великий вплив на продуктивність сільськогосподарських тварин, зокрема молочних корів. Зміни температури, вологості, кількості опадів та інших кліматичних факторів можуть значно вплинути на фізіологічні процеси в організмі тварин, їхнє здоров'я та загальну продуктивність [13, с. 55; 14, с. 80].

У багатьох працях учених наведені результати досліджень, як зміна кліматичних умов може позначатися на продуктивності корів і які заходи можна вжити для адаптації тварин до нових умов [3, с. 17; 4, с. 4].

Зокрема, температурний стрес є одним із найбільших викликів для молочних корів. Оптимальна температура для утримання корів становить приблизно від 5 до 25 °C. Коли температура піднімається вище за цей діапазон, корови можуть відчувати тепловий стрес, що негативно впливає на їхню продуктивність [16, с. 4; 17, с. 98; 18, с. 132].

Основними наслідками теплового стресу у тварин можуть бути зниження споживання корму. При підвищенні температури повітряного середовища корови зменшують споживання корму, що призводить до зниження виробництва молока [14, с. 83; 17, с. 98].

Також можна спостерігати зниження надоїв. Тепловий стрес спричиняє зменшення виробництва молока через порушення обміну речовин і зниження ефективності травлення [1, с. 25; 10, с. 39; 12, с. 14; 13, с. 55; 14, с. 79; 16, с. 4; 17, с. 98; 18, с. 130].

Можуть виникати проблеми з репродуктивною системою у тварин: високі температури можуть впливати на репродуктивну функцію корів, знижуючи їхню здатність до осіменіння й успішної тільності.

Варто зазначити також не менш важливий чинник впливу на добробут і продуктивність тварин – вологість і вентиляцію.

Висока вологість у поєднанні з високою температурою посилюють тепловий стрес у корів. В умовах підвищеної вологості тварини мають меншу здатність до охолодження через потовиділення, що ще більше підвищує ризик перегріву. Низька вологість, навпаки, може призводити до висушення слизових оболонок і підвищувати ризик респіраторних захворювань [1, с. 26; 10, с. 39; 12, с. 14; 13, с. 56; 14, с. 84; 16, с. 4; 17, с. 99; 18, с. 133].

Важливим фактором є також вентиляція. Погана вентиляція в приміщеннях, де утримуються корови, сприяє накопиченню тепла й вологи, що створює несприятливі умови для утримання тварин і знижує їхню продуктивність.

При зміні кліматичних умов необхідно коригувати раціон корів. У періоди високих температур необхідно забезпечити збалансоване харчування з підвищеним умістом енергії, що компенсує зниження споживання корму. Крім того, важливо стежити за водопостачанням. Корови потребують постійного доступу до свіжої та чистої води, оскільки під час теплового стресу їхня потреба у воді значно зростає [5, с. 66; 7, с. 74].

Отже, з вищенаведеного можна зробити висновки й надати рекомендації для ефективного ведення кліматично орієнтованого тваринництва та зміни клімату. Існує кілька підходів, які допомагають знизити негативний вплив зміни клімату на продуктивність корів. Покращення системи вентиляції та охолодження, використання вентиляторів, систем зрошення або охолоджувальних панелей допомагають знижувати температуру в корівниках. Забезпечення затінених місць на пасовищах: у разі випасу на відкритому просторі важливо забезпечити коровам доступ до затінених ділянок, де вони можуть охолоджуватися. Зміна графіку годівлі: у спекотні періоди рекомендується годувати корів рано-вранці або пізно ввечері, коли температура повітря нижча. Використання адаптованих порід: деякі породи корів краще адаптовані до певних кліматичних умов. Використання таких порід може підвищити продуктивність у несприятливих кліматичних зонах [1, с. 27; 10, с. 238; 12, с. 16; 13, с. 57; 14, с. 85; 16, с. 5; 17, с. 98; 18, с. 134].

Якість тваринницької сировини, як-от: м'яса, молока, вовни та яєць – значною мірою залежить від умов навколишнього середовища, у яких утримуються тварини. Стан екосистеми, кліматичні фактори, якість кормів і води, а також екологічна ситуація загалом впливають на кінцеву якість продукції, яка потрапляє на споживчий ринок. Тому не зайвим буде дослідити, як різні аспекти навколишнього середовища впливають на якість тваринницької сировини та які заходи можуть бути вжиті для її поліпшення [9, с. 225; 15, с. 64].

Першим фактором впливу можуть бути кліматичні фактори. Клімат відіграє ключову роль у впливі на якість тваринницької продукції. Температура, вологість, інтенсивність освітлення й сезонні зміни можуть впливати на продуктивність і фізіологічний стан тварин. Наприклад, тепловий стрес у корів та інших тварин можуть

знижувати вміст білка й жиру в молоці, що погіршує його якість. Низькі температури можуть уповільнювати приріст ваги в м'ясних порід через підвищені витрати енергії на підтримання нормальної температури тіла. Висока вологість сприяє розвитку патогенних мікроорганізмів, що може призводити до захворювань тварин, які впливають на якість м'яса й інших продуктів [1, с. 25; 10, с. 178; 14, с. 80; 16, с. 4; 17, с. 98; 18, с. 130].

Другим фактором впливу можна вважати якість кормів і води. Раціон і якість кормів прямо впливають на склад і поживну цінність тваринницької продукції. Дефіцит поживних речовин або забруднення кормів токсинами можуть призвести до погіршення якості м'яса (зниження вмісту білка, зміна текстури, кольору), зниження вмісту корисних речовин у молоці (вітаміни, мікроелементи), зменшення кількості та якості вовни у тварин [9, с. 19; 10, с. 39; 12, с. 14; 13, с. 55; 16, с. 4; 17, с. 98; 18, с. 130].

Крім того, чистота води є критичним фактором. Забруднена вода може містити шкідливі речовини, які накопичуються в організмі тварин і впливають на якість продукції, що отримується від них [6, с. 151; 14, с. 84; 18, с. 133].

Третій фактор – вплив забруднення навколишнього середовища. Екологічна ситуація в регіоні безпосередньо впливає на якість тваринницької сировини. Забруднення повітря, ґрунту й води промисловими відходами або пестицидами може призводити до накопичення токсичних речовин у продуктах тваринництва. Зокрема, накопичення важких металів у м'ясі й молоці, наявність пестицидів у молоці або яйцях, збільшення ризику захворювань у тварин, що безпосередньо впливає на якість і безпечність продукції [9, с. 156; 10, с. 39; 12, с. 14; 13, с. 55; 17, с. 98; 18, с. 130].

Четвертий фактор – умови утримання й гігієни. Гігієнічні умови утримання тварин мають великий вплив на якість продукції. Незадовільні умови, такі як тіснота в клітках, відсутність вентиляції, бруд або антисанітарія, сприяють поширенню інфекцій і підвищують рівень стресу у тварин. Це може призвести до забруднення молока або м'яса бактеріями, що знижує їхню якість і безпечність, погіршення органолептичних властивостей продуктів (смак, запах), зниження ефективності відгодівлі, що впливає на економічні показники виробництва [8, с. 87; 9, с. 134; 10, с. 143].

П'ятий фактор – генетика та стресові фактори. Генетичний потенціал тварин також залежить від умов навколишнього середовища. Навіть високопродуктивні породи можуть показувати нижчу якість продукції, якщо вони зазнають постійного стресу через несприятливі умови утримання або кліматичні зміни. Стресові фактори, такі як різкі зміни температури, погана вентиляція або шум, можуть негативно впливати на здоров'я тварин і, відповідно, на якість продукції [9, с. 137; 10, с. 146].

Отже, підсумовуючи вищенаведене, пропонуємо заходи для покращення якості тваринницької сировини.

Для мінімізації негативного впливу навколишнього середовища на якість тваринницької продукції можна вжити таких заходів:

1. Оптимізація умов утримання: покращення вентиляції, освітлення, санітарних умов, що дасть змогу знизити рівень стресу у тварин.
2. Забезпечення якісного корму й води: використання збалансованих кормів, контроль якості кормових добавок і води.
3. Упровадження технологій моніторингу здоров'я тварин: автоматизовані системи контролю параметрів середовища і стану тварин допоможуть оперативно реагувати на зміни.
4. Зниження впливу забруднювачів: вирощування кормів на екологічно чистих територіях і контроль джерел водопостачання.

Висновки. Отже, на основі викладеного вище можемо резюмувати таке:

1. Кліматично орієнтоване тваринництво й забезпечення високого рівня добробуту тварин не є взаємовичлючними цілями. Навпаки, їх інтеграція може створити більш стійку й етичну систему виробництва продуктів тваринництва, яка відповідає як потребам суспільства, так і викликам зміни клімату. Важливо, щоб фермери, виробники, політики та споживачі працювали разом задля досягнення цього балансу.

2. Зміна кліматичних умов безпосередньо впливає на продуктивність молочних корів. Тепловий стрес, висока вологість і неадекватна вентиляція є основними факторами, що знижують надої, погіршують здоров'я тварин та ускладнюють репродуктивні процеси. Адаптація до нових кліматичних умов вимагає застосування комплексних підходів, включаючи покращення умов утримання, коригування раціону й упровадження технологій охолодження. Завдяки таким заходам можна знизити негативний вплив кліматичних змін і забезпечити стабільну продуктивність корів навіть у складних умовах.

3. Умови навколишнього середовища мають визначальний вплив на якість тваринницької сировини. Клімат, якість кормів, стан екосистеми й умови утримання тварин впливають на всі аспекти продукції, від харчової цінності до безпеки для споживачів. Забезпечення оптимальних умов утримання, контролю за якістю кормів і води, а також моніторинг екологічного стану територій – ключові фактори, що дають змогу підтримувати високу якість тваринницької продукції навіть в умовах кліматичних змін та екологічних викликів.

4. Подальші дослідження будуть спрямовані на розроблення й удосконалення інноваційних методів адаптації тваринництва до змін клімату. Зокрема, перспективним напрямом є застосування штучного інтелекту для моніторингу й управління мікрокліматом у тваринницьких приміщеннях, удосконалення раціонів харчування з

урахуванням температурних змін, а також дослідження впливу різних кліматичних факторів на генетику та селекцію тварин. Реалізація таких підходів дасть змогу підвищити ефективність галузі, забезпечити високий рівень продуктивності й покращити якість кінцевої продукції.

Список використаних джерел

1. Біденко В. М., Трохименко В. З., Антонюк В. В., Галицький П. С. Зміни радіоактивності молока та продуктивності корів при застосуванні у годівлі комплексонатів мікроелементів міді, марганцю, цинку. *Вісник ШНАУ. Серія Тваринництво*. 2020. Вип. 2(41). С. 24–28.
2. Біденко В. М., Трохименко В. З., Маліцький В. О. та ін. Продуктивність, якісний склад та радіоактивність молока корів при підгодівлі їх комплексонатами мікроелементів. *Вісник ШНАУ. Серія Тваринництво*. 2021. Вип. 4(47). С. 55–60.
3. Бойко О. В., Гончар О. Ф., Гавриш О. М. та ін. Шляхи зменшення впливу об'єктів тваринництва на довкілля. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 13–22.
4. Вожегова Р. А. Вплив змін клімату на здоров'я, добробут і продуктивність сільськогосподарських тварин. *Вплив змін клімату на здоров'я, добробут і продуктивність сільськогосподарських тварин* : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. (18 травня 2023 р.). Одеса : Олді+, 2023. С. 4–6.
5. Козій В. І., Козій Н. В. Добробут тварин як основа превентивної ветеринарної медицини. *Наук. вісник вет. медицини* : зб. наук. праць / БНАУ. 2011. Вип. 8(87). С. 65–68.
6. Лихач А. В., Ярошук Д. А., Баркар Є. В. Благополуччя тварин (огляд). *Сучасні підходи гарантування безпечності та якості продуктів тваринництва* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 6-7 груд. 2022 р.). Одеса : Одеський держ. аграр. ун-т, 2022. С. 148–154.
7. Макогін В. В. Вплив показників мікроклімату приміщень закритого типу на відтворювальні якості кролів у літньо-осінній період. *Ефективне кролівництво і звірівництво*. 2017. Вип. 3. С. 70–81.
8. Недосеков В. В., Блах Т., Ситюк М. П. та ін. Основи біобезпеки та благополуччя тварин : монографія. Київ : Лисенко М.М., 2021. 231 с.
9. Недосеков В. В., Блах Т., Ситюк М. П. та ін. Основи біобезпеки та благополуччя тварин. Ніжин, 2021. 252 с.
10. Павлюк С. К., Трохименко В. З., Ковальчук Т. І. та ін. Безпека та якість продукції тваринництва : навч. Посібник. Житомир : Поліський університет, 2024. 257 с.
11. Славов В. П., Коваленко О. В., Данчук Л. П. та ін. ; за заг. ред. В. П. Славова, О. В. Коваленко. Екологічні основи формування функціональної системи безпеки і якості харчової сировини : навч. посібник / Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2021. 201 с.
12. Трохименко В. З., Дідух М. І., Ковальчук Т. І. та ін. Система управління безпекою продуктів харчування (НАССР) в умовах ТОВ «Еком'ясо Полісся». *The International Scientific Periodical Journal «Modern Scientific Researches»*. 2020. Issue 11, Part 2. P. 12–16.
13. Трохименко В. З., Ковальчук Т. І., Захарін В. В., Безверха Л. М. Управління якістю тваринницької сировини. *Вісник ШНАУ. Серія Тваринництво*. 2023. Вип. 1(52). С. 51–58.
14. Шеремета В. І., Трохименко В. З. Відтворювальна здатність корів залежно від впливу різних факторів у сухостійний період (стан питання). *Біоресурси і природокористування*. 2012. Т. 4, № 3/4. С. 78–86.
15. Яценко І. В., Ключев О. М., Угровецький О. П. та ін. Забезпечення благополуччя тварин, що використовуються для наукових цілей, та їх захист від жорстокого поводження в правовому полі Європейського Союзу та України. *Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft*. 2021. Vol. 4. P. 57–66.
16. Sheremeta V., Trohimenko V., Seba M., Lavrenchuk A. The methods of intensification of the cows' reproductive function. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2017. No. 8. P. 3–5.
17. Sheremeta V., Trohimenko V. The reproductive function and the metabolic state of cows organism after giving an injection of a neurotropic and metabolic preparation in the last ten-day period of pregnancy. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2017. № 6, part 1. P. 96–99.
18. Trokhymenko V., Kovalchuk T., Bidenko V. et al. The prolonged effect of GLUTAM 1M biologically active preparation on dairy productivity and milk quality of cows. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* vol. 2022. Vol. 16. P. 127–136.

Zakharin V. V.

Candidate of Veterinary Sciences,
Associate Professor at the Department of Internal Pathology and Morphology,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: zakharin35@ukr.net
ORCID: 0000-0002-4157-644X

Trokhymenko V. Z.

Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: trohimenkovita@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1763-3141

Kovalchuk T. I.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: tanyana72@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8682-3280*

Bezverkha L. M.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Teacher of Special Disciplines,
Zhytomyr Agricultural Technical College
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: lubov_bezverxa@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2518-972X*

Pyrozhok M. A.

*Postgraduate Student at the Department of Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: maks.pirozhok777@gmail.com*

THE IMPORTANCE OF CLIMATE-ORIENTED LIVESTOCK WELFARE FOR ENSURING HIGH LEVELS OF ANIMAL PRODUCTIVITY AND QUALITY OF ANIMAL RAW MATERIALS

Abstract

The article explores the importance of climate-oriented livestock welfare as a key factor in ensuring high productivity of farm animals and improving the quality of livestock raw materials. Climatic conditions play a key role in ensuring animal welfare and production efficiency in livestock production. Climate change, temperature fluctuations, humidity, wind speed and other environmental factors directly affect the physiological state of animals, their growth, reproductive capacity and productivity. The main environmental and technological aspects of animal husbandry are discussed, including the impact of temperature, humidity, air quality, lighting and noise on the physiological state and productivity of animals.

Particular attention is paid to the impact of climate change on animal welfare and the development of adaptive approaches to animal husbandry, including the use of modern ventilation, cooling, and insulation systems, automated monitoring of microclimate parameters, and reduction of heat stress. Ensuring optimal microclimatic conditions in livestock farms helps to reduce stress factors that negatively affect animal health and productivity. Implementation of adaptation strategies, such as the use of modern ventilation systems, temperature and humidity control, and innovative approaches to feeding and housing, minimizes the impact of negative climate change. This helps to increase milk yield, live weight gain and improve the quality of livestock meat products.

The article analyzes the benefits of introducing innovative technologies in the field of climate management, which help to reduce the negative impact of the environment, increase the efficiency of feeding and preserve animal health. The article also considers aspects of microclimate optimization in livestock farms, which can reduce treatment costs and increase production profitability. The prospects for further development of climate-adapted animal husbandry systems that meet modern requirements of sustainable development, biosafety and environmental responsibility are highlighted.

Key words: *animal welfare, microclimate, climate-oriented livestock production, animal productivity, quality of livestock products, adaptive technologies, biosafety.*

References

1. Bidenko, V. M., Trokhymenko, V. Z., Antoniuk, V. V., & Halytskyi, P. S. (2020). Zminy radioaktyvnosti moloka ta produktyvnosti koriv pry zastosuvanni u hodivli kompleksonativ mikroelementiv midi, marhantsiu, tsynku [Changes in milk radioactivity and cow productivity when using complexed trace elements of copper, manganese, and zinc in feeding]. *Visnyk SNAU. Ser. Tvarynystvo – Bulletin of the SNAU. Ser. Livestock*, 2 (41), 24–28. [in Ukrainian].
2. Bidenko, V. M., Trokhymenko, V. Z., Malitskyi, V. O., Malitska, A. S., Deineka, M. V., & Pieshkova, N. O. (2021). Produktyvnist, yakisnyi sklad ta radioaktyvnist moloka koriv pry pidhodivli yikh kompleksonatomy mikroelementiv [Productivity, qualitative composition and radioactivity of cows' milk when fed with trace element complexes]. *Visnyk SNAU. Ser. Tvarynystvo – Bulletin of the SNAU. Ser. Livestock*, 4 (47), 55–60. [in Ukrainian].
3. Boiko, O. V., Honchar, O. F., Havrysh, O. M., Nebylitsia, M. S., & Osokina, T. H. (2022). Shliakhy zmenshennia vplyvu obektiv tvarynyystva na dovkillia [Ways to reduce the impact of livestock facilities on the environment]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological Journal*, 1, 13–22. [in Ukrainian].
4. Vozhehova, R. A. (2023). Vplyv zmin klimatu na zdorovia, dobrobut i produktyvnist silskohospodarskykh tvaryn [The impact of climate change on the health, welfare and productivity of farm animals]. Vplyv zmin klimatu na zdorovia, dobrobut i produktyvnist silskohospodarskykh tvaryn: zb. materialiv Mizhnar. nauk.-prakt. konf. [The impact of climate change on the health,

welfare and productivity of farm animals: collection of materials of the International Scientific and Practical Conference]. (pp. 4–6). Odesa : Oldi+. [in Ukrainian].

5. Kozii, V. I., & Kozii, N. V. (2011). Dobrobut tvaryn yak osnova preventyvnoi veterynarnoi medytsyny [Animal welfare as the basis of preventive veterinary medicine]. *Naukovyi visnyk vet. medytsyny: zb. nauk. prats / BNAU – Scientific Bulletin of Veterinary Medicine: Collection of Scientific Works / BNAU*, 8 (87), 65–68. [in Ukrainian].

6. Lykhach, A. V., Yaroshchuk, D. A., & Barkar, Ye. V. (2022). Blahopoluchchia tvaryn (ohliad) [Animal welfare (review)]. Suchasni pidkhody harantuvannia bezpechnosti ta yakosti produktiv tvarynnystva: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Modern approaches to ensuring the safety and quality of livestock products: materials of the International Scientific and Practical Conference]. (pp. 148-154). Odesa: Odeskyi derzh. ahrar. un-t. [in Ukrainian].

7. Makohin, V. V. (2017). Vplyv pokaznykiv mikroklimatu prymishchen zakrytoho typu na vidtvoriuvalni yakosti kroliv u litno-osinnii period [The influence of microclimate indicators of closed premises on the reproductive qualities of rabbits in the summer-autumn period]. *Efektivne krolivnytstvo i zvirivnytstvo – Effective rabbit farming and animal husbandry*, 3, 70–81. [in Ukrainian].

8. Nedosiakov, V. V., Blakha, T., Sytiuk, M. P., Martyniuk, O. H., Melnyk, V. V., & Yustyniuk, V. Ye. (2021). Osnovy biobezpeky ta blahopoluchchia tvaryn [Fundamentals of biosecurity and animal welfare]. Nizhyn. [in Ukrainian].

9. Nedosiakov, V. V., Blakha, T., Sytiuk, M. P., Martyniuk, O. H., Melnyk, V. V., & Yustyniuk, V. Ye. (2021). Osnovy biobezpeky ta blahopoluchchia tvaryn [Fundamentals of Biosecurity and Animal Welfare]: monohrafiia. Kyiv: Lysenko M.M. [in Ukrainian].

10. Pavliuk, S. K., Trokhymenko, V. Z., Kovalchuk, T. I., Verbelchuk, T. V., Verbelchuk, S. P., Lisohurska, O. V., & Shuliar, A. L. (2024). Bezpeka ta yakist produktiv tvarynnystva [Safety and quality of livestock products]: navchalnyi posibnyk. Zhytomyr: Poliskyi universytet. [in Ukrainian].

11. Slavov, V. P., & Kovalenko, O. V. (Eds.). (2021). Ekologichni osnovy formuvannia funktsionalnoi systemy bezpeky i yakosti kharchovoi syrovyny [Ecological foundations of the formation of a functional system of safety and quality of food raw materials]: navchalnyi posibnyk. Zhytomyr: Vyd-vo ZhDU im. I. Franka. [in Ukrainian].

12. Trokhymenko, V. Z., Didukh, M. I., Kovalchuk, T. I., Zakharin, V. V., & Bezverkha, L. M. (2020). Systema upravlinnia bezpekoiu produktiv kharchuvannia (HACCP) v umovakh TOV «Ekomyaso Polissya» [Food Safety Management System (HACCP) in the conditions of LLC «Ekomyaso Polissya»]. *The International Scientific Periodical Journal «Modern Scientific Researches»*, 11 (2), 12–16. [in Ukrainian].

13. Trokhymenko, V. Z., Kovalchuk, T. I., Zakharin, V. V., & Bezverkha, L. M. (2023). Upravlinnia yakistiu tvarynnytskoi syrovyny [Quality management of livestock raw materials]. *Visnyk SNAU. Ser. Tvarynnytstvo – Bulletin of the SNAU. Ser. Livestock*, 1 (52), 51–58. [in Ukrainian].

14. Sheremeta, V. I., & Trokhymenko, V. Z. (2012). Vidtvoriuvalna zdattist koriv zalezno vid vplyvu riznykh faktoriv u sukhostiinyi period (stan pytannia) [Reproductive ability of cows depending on the influence of various factors during the dry period (state of the issue)]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia – Bioresources and environmental management*, 4 (4), 78–86. [in Ukrainian].

15. Yatsenko, I. V., Kliuiev, O. M., Uhrovetskyi, O. P., Simakova-Yefremian, E. B., Derecha, L. M., Derecha, L. M., & Nedosiakov, V. V. (2021). Zabezpechennia blahopoluchchia tvaryn, shcho vykorystovuiutsia dlia naukovykh tsilei, ta yikh zakhyst vid zhorstokoho povodzhennia v pravovomu poli Yevropeiskoho Soiuzu ta Ukrainy [Ensuring the welfare of animals used for scientific purposes and their protection from cruelty in the legal framework of the European Union and Ukraine]. *Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft*, 4, 57–66. [in Ukrainian].

16. Sheremeta, V., Trohimenko, V., Seba, M., & Lavrenchuk, A. (2017). The methods of intensification of the cows' reproductive function. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 8, 3–5. [in English].

17. Sheremeta, V., & Trohimenko, V. (2017). The reproductive function and the metabolic state of cows organism after giving an injection of a neurotropic and metabolic preparation in the last ten-day period of pregnancy. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 6 (1), 96–99. [in English].

18. Trokhymenko, V., Kovalchuk, T., Bidenko, V., & et al. (2022). The prolonged effect of GLUTAM 1M biologically active preparation on dairy productivity and milk quality of cows. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 16, 127–136. [in English].

УДК 631.331

Іванишин В. В.

доктор економічних наук, академік НААН України,
професор кафедри транспортних технологій та засобів АПК,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: rector@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-1255-1638

Рудь А. В.

доктор філософії в галузі технічних наук,
завідувач кафедри агроінженерії і системотехніки
імені Михайла Самокиша,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: anatoliyrujd@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7206-7103

Грушецький С. М.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри агроінженерії і системотехніки
імені Михайла Самокиша,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: g.sergiy.1969@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0487-6152

Корчак М. М.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри агроінженерії і системотехніки
імені Михайла Самокиша,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: nikolaykorchak@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8726-1881

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПАКТНОСТІ ҐРУНТІВ

Анотація

Проблема компактності ґрунту полягає в такому: ущільнені ґрунти більш тверді й важкі в обробку; ущільнення обмежує управління ґрунтовою водою, затримуючи воду біля поверхні поля, знижує проникнення води в нижні шари ґрунту, при цьому обмежується здатність рослин до підняття вологи й поживних речовин із нижніх шарів ґрунту; переущільнена зона ґрунту не дає змоги ефективно використовувати добрива й пестициди, а якщо вони не поглинаються ґрунтом, то можуть бути легко змиті, що призводить до забруднення навколишнього середовища та зниження врожайів сільськогосподарських культур; в ущільнених ґрунтах знижується швидкість повітрообміну й мінералізації азоту.

Загрозою для врожаю є плужна підшва, що є проблемою техногенного характеру. Це ущільнений прошарок ґрунту в орному шарі, який виникає внаслідок тиску робочих органів ґрунтообробних агрегатів при однаковій глибині обробки. При цьому руйнується структура ґрунту, зростає кількість пилоподібних частинок, які згодом опускаються в орний шар, і ґрунтовий профіль стає більш щільнішим, ґрунтові шари заупорюються, утворюється водонепроникний шар, який і називають плужною підшвою.

У статті подано результати практичного дослідження компактності ґрунтів на землях товариства з обмеженою відповідальністю «Корпорація «Колос-ВС» ручним пенетрометром DICKY-john, який забезпечує вимірювання компактності ґрунту у фунтах на квадратний дюйм на циферблаті манометра з двома шкалами (для двох різних конусних наконечників).

Для переведення показів манометра пенетрометра з одиниць PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри (кг на сантиметр квадратний) ми запропонували аналітичну залежність і побудували відповідну номограму.

Дослідження проведені на тринадцяти полях товариства з обмеженою відповідальністю «Корпорація «Колос-ВС». На кожному полі було визначено кількість точок вимірювання на основній площі поля й на їх поворотних смугах середню

глибину критичного переуцільнення ґрунту, її середньоквадратичне відхилення й коефіцієнт варіації, діапазон зміни глибини критичного переуцільнення ґрунту. При цьому визначено середнє значення критичного уцільнення ґрунту, його середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації та діапазон зміни критичної щільності ґрунту.

По кожному досліджуваному полю зроблено висновки й унесено пропозиції товариству з обмеженою відповідальністю «Корпорація «Колос-ВС» щодо розуцільнення ґрунту шляхом його глибокого розпушування.

Ключові слова: компактність ґрунту, ходові системи, плужна підшова, критична щільність, діапазон зміни, придатність поля, глибина розпушення.

Вступ. Практикою доведено, що високопродуктивні сільськогосподарські землі вибувають із використання навіть у добре забезпечених вологою зонах. Катастрофічне зниження родючості ґрунту пояснюється нераціональним застосуванням нових технологій, енергетичних засобів, технологічних машин та агрегатів, які руйнують діють на ґрунт і посилюють його ерозію. Використання важких тракторів і ґрунтообробних машин і знарядь надмірно ущільнюють ґрунт [1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 9; 10; 12; 14; 15; 16; 18].

Надмірне ущільнення ґрунту призводить до стискання пор, які повинні легко пропускати через себе воду й повітря. Це перешкоджає розвитку кореневої системи вегетуючих рослин і призводить до нестачі кисню. У результаті переуцільнення ґрунту знижується врожайність вирощуваних культур [7; 13].

Переуцільнення ґрунту означає, що його щільність збільшується й він стає твердим. Таке явище можна спостерігати під час весняних польових робіт, коли після проходження трактора на полі залишається переуцільнена колія [17].

Ущільнення ґрунту впливає на збільшення його твердості й пригнічує розвиток коренів рослин вирощуваних культур шляхом зменшення кількості та розмірів великих пор ґрунту, у яких корені ростуть вільно, збільшення механічної міцності ґрунту шляхом стискання його твердих частинок [11].

Переуцільнення ґрунту обмежує рух води вниз під дією сили її тяжіння, що призводить до водонасичення верхніх шарів ґрунту й викликає брак кисню для кореневої системи, знижує доступність поживних речовин – азоту й марганцю, а денітрифікація (денітрифікуючі бактерії перетворюють доступні рослинам нітрати (NO_3) в азот (N_2)) може привести до серйозної втрати азоту шляхом виходу оксиду азоту (NO_2) і газоподібного азоту (N_2) в атмосферу.

Необхідне для рослин повітря характеризується такими значеннями повітряної пористості: при кількості повітряних пор більше ніж 25% має місце добра аерація ґрунту; при кількості пор 10–25% – обмежена аерація; при кількості повітряних пор менше ніж 0% виникає дефіцит доступу кисню до кореневих систем вегетуючих рослин [11; 17].

Порушення газообміну в ґрунті, де значно перевищені показники його щільності, зумовлює зниження інтенсивності виділення вуглекислоти (CO_2) в 1,2–1,8 раза, погіршуючи тим самим забезпеченість рослин «будівельним» матеріалом, яким є вуглець.

З появою плужної підшви може виникнути перезволоження в мікропониженнях ґрунту у вигляді «блюдець». Останні досить часто формуються на краю поля або в інших місцях, де техніка розвертається або повторно рухається, а кратність її проходів збільшується в декілька разів [17].

Відомі факти, коли за переуцільнення ґрунту окремі групи мікроорганізмів, які у звичайних умовах є нейтральними, стають патогенами (Mikor, Fusarium, Penicilium), викликаючи захворювання кореневої системи рослин – кореневі гнилі тощо.

Мета роботи. Метою дослідження компактності ґрунтів є виявлення їх переуцільнення на досліджуваних полях товариства з обмеженою відповідальністю «Корпорація «Колос-ВС», що дасть змогу господарству застосувати запобіжні агротехнологічні заходи для поліпшення структури ґрунту в майбутньому.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для дослідження компактності ґрунтів на полях товариства з обмеженою відповідальністю «Корпорація «Колос-ВС» використовувався ручний пенетрометр DICKEY-john (рис. 1), на циферблаті манометра якого нанесені дві шкали (для двох різних наконечників – $\frac{1}{2}$ дюйма для важких ґрунтів і $\frac{3}{4}$ дюйма для легких ґрунтів [11; 15; 16; 17].

Шкали розмічені в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм). Кольорами на індикаторі манометра умовно позначені зони компактності ґрунту: **зелений сектор** – коренева система рослин розвивається *добре*; **жовтий сектор** – коренева система рослин розвивається *задовільно*; **червоний сектор** – коренева система рослин розвивається *погано або не розвивається* (рис. 2) [15; 16].

Пенетрометр застосовували в оптимальний агротехнічний час вегетаційного періоду – на початку весни й у період доброго зволоження ґрунту.

Для переведення показів манометра пенетрометра в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри ми запропонували аналітичну залежність:

$$T_m = 0,068 T_a, \quad (1)$$

де T_m – твердість ґрунту, кг/см^2 ; 0,068 – перевідний коефіцієнт; T_a – твердість ґрунту, одиниць PSI (фунт на квадратний дюйм).

Товариство з обмеженою відповідальністю «Корпорація «Колос-ВС» надало картограму їх землекористування. Агрономічна служба товариства поставило завдання дослідити переуцільнення ґрунтів на тринадцяти полях при величині контрольної ділянки в межах п'яти гектарів.



Рис. 1. Ручний пенетромтр DICKEY-john



Рис. 2. Шкала пенетромтра (зовнішня шкала для наконечника ¼ дюйма;
внутрішня шкала для наконечника ½ дюйма)

Параметри ґрунту та їх вплив на розвиток кореневої системи рослин вирощуваних сільськогосподарських культур представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Відповідність кольору шкали манометра пенетромтра числовим і якісним параметрам ґрунту

Колір шкали	Тиск, необхідний для проникнення в ґрунт		Характеристика структури ґрунту й можливості розвитку кореневої системи вегетуючих рослин
	PSI	кг/см ²	
Зелений	0–200	0–13,6	Ґрунт містить велику кількість макро- й мікро- пор, структура ґрунту добра, добрий розвиток кореневої системи рослин
Жовтий	200–300	13,6–20,4	Ґрунт містить малу кількість макро- й мікро- пор, структура ґрунту задовільна, достатній розвиток кореневої системи
Червоний	Більше ніж 300	20,4 і більше	Ґрунту у вигляді ущільненого масивного безструктурного шматка, пори відсутні, розвиток кореневої системи рослин неможливий

Після проведення дослідження компактності ґрунтів на досліджуваних полях та обробки первинних даних методом математичної статистики отримали такі результати.

Поле № 1 площею 123 га. Кількість точок вимірювання $123 : 5 \approx 25$; кількість точок вимірювання на двох поворотних смугах $5 + 5 = 10$. Усього точок вимірювання $25 + 10 = 35$. Отримано такі результати переущільнення ґрунту: середня глибина критичного переущільнення ґрунту $h = 44,8$ см; середньоквадратичне відхилення глибини критичного переущільнення ґрунту $\sigma_h = 8,3$ см; коефіцієнт варіації глибини критичного переущільнення ґрунту $v_h = 18,6\%$; діапазон зміни глибини критичного переущільнення ґрунту $h = 44,8 \pm 24,9$ см; середнє зна-

Поле № 5 площею 159 га. Кількість точок вимірювання $159 : 5 \approx 32$; кількість точок вимірювання на двох поворотних смугах $6 + 6 = 12$. Усього точок вимірювання $32 + 12 = 44$. Отримано такі результати переуцільнення ґрунту: середня глибина критичного переуцільнення ґрунту $h = 34,3$ см; середньоквадратичне відхилення глибини критичного переуцільнення ґрунту $\sigma_h = 5,6$ см; коефіцієнт варіації глибини критичного переуцільнення ґрунту $v_h = 16,5\%$; діапазон зміни глибини критичного переуцільнення ґрунту $h = 34,3 \pm 16,8$ см; середнє значення критичної щільності ґрунту $\rho = 23,3$ кг/см³; середньоквадратичне відхилення критичної щільності ґрунту $\sigma_\rho = 1,7$ кг/см³; коефіцієнт варіації критичної щільності ґрунту $v_\rho = 7,1\%$; діапазон зміни критичної щільності ґрунту $\rho = 23,3 \pm 5,1$ кг/см³.

На поворотних смугах поля № 9 отримано такі результати переушільнення ґрунту: середня глибина критичного переушільнення ґрунту $h_{\text{н}} = 16,0$ см; середньоквадратичне відхилення глибини критичного переушільнення ґрунту $\sigma_{\text{н}} = 6,7$ см; коефіцієнт варіації глибини критичного переушільнення ґрунту $v_{\text{н}} = 41,7\%$; діапазон

Висновки. За результатами дослідження компактності ґрунтів на землях товариства з обмеженою відповідальністю «Корпорація «Колос-ВС» зроблено висновки й надано рекомендації.

На полях № 1, № 2, № 6, № 7, № 8, № 9 і № 13 основна частина кожного поля придатна для вирощування районованих сільськогосподарських культур без її розпущення, а на поворотних смугах полів варто виконати глибоке розпушення ґрунту на глибину не менше ніж 45 см.

На полях № 3, № 4, № 5, № 10, № 11 і № 12 основну частину кожного поля після збирання врожаю варто розпушити на глибину не менше ніж 45 см. Таке ж розпушення потрібно зробити й на поворотних смугах полів.

Список використаних джерел

1. Аріон О.В., Купач Т.Г., Дем'яненко С.О. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства : навчально-методичний посібник. Київ, 2017. 226 с.
2. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Буланій О.В., Тонха О.Л. Моніторинг якості ґрунтів. Підручник. Київ: Видавництво НУБіП України, 2019. 421 с.
3. Вакерич М.М., Кишко К.М., Гедзур Т.І., Глюдзик-Шемота М.Ю. Ґрунтознавство. Навчально-методичний посібник. Ужгород, 2022. 94 с.
4. ҐРУНТИ. Визначення щільності ґрунтів методом заміщення об'єму ДСТУ Б В.2.1 – 21:2009. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 12 с.
5. Ґрунтознавство з основами геології та географія ґрунтів : навчальний посібник / Ф.П. Топольний та ін. Кіровоград : В.Ф. Лисенко, 2014. 383 с.
6. Ґрунтознавство : навч. пос. / В. І. Аверченко, Н. М. Самойленко. Харків: Мачулін, 2018. 118 с.
7. Заболотний Г.М., Дідур І.М., Пелех Л.В. Землеробство : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (змістовна частина 1 «Агрофізичні і фізико-механічні властивості ґрунту. Бур'яни та заходи боротьби з ними») студентами 2-го курсу денної форми навчання агрономічного факультету з галузі знань 0901 «Сільське господарство та лісівництво» напряму підготовки 6.090101 «Агрономія» освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр». Вінниця, 2017. 86 с.
8. Медведев В.В., Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Пліско І.В. Агрофізика ґрунту . Навчальний посібник . Київ: Видавництво, 2018. 272 с.
9. Механіка ґрунтів : конспект лекцій / уклад. : В.В. Полевецький, Ю.Т. Собко. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2023. 56 с.
10. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Л.М. Шутенко та ін. ; за ред. Л.М. Шутенка ; пер. з рос. ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. 563 с.
11. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : підручник / О.М. Царенко та ін. ; за ред. С.С. Яцуна. Київ : Мета, 2003. 448 с.
12. Основи агрономії : навчальний посібник / Л.Ю. Забродоцька. Луцьк : Інформ.-вид. відділ Луцького НТУ, 2019. 360 с.
13. Основи агрономії : навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи / Н.І. Хомик, Г.Б. Цюнь, Т.А. Довбуш, Н.А. Антончак. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2021. 320 с.
14. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник / С.Г. Чорний. Миколаїв: МНАУ, 2018. 233 с.
15. Пенетрометр Dickey-john – механічний тестер перевірки проникності ґрунту. Запоріжжя : Політехніка, 2011. 4 с.
16. Рудь А.В., Мошенко І.О. Рекомендації з використання тестера (пенетрометра) для дослідження компактності ґрунту. Кам'янець-Подільський : Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», 2023. 10 с.
17. Рудь А.В. Результати дослідження щільності ґрунтів. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика* : матеріали V Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 125-річчю кафедри рослинництва НУБіП України (м. Київ, 25–27 жовтня 2023 року). / НУБіП України. Київ, 2023. С. 309–311. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u163/tezy_kiyiv_2023_5.11.pdf.
18. Фізика ґрунтів. Лабораторний практикум / навчальний посібник / В.Г. Гаськевич., І.Я. Папіш, О.Г. Телегуз. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 170 с.

Ivanyshen V. V.

*Doctor of Economic Sciences, Academician of the NAAS of Ukraine,
Professor at the Department of Transport Technologies and Agricultural Industrial Complex,
Higher educational institution "Podillia State University"*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: rector@pdatu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-1255-1638

Rud A. V.

*Doctor of Philosophy in the Field of Technical Sciences,
Head of the Department of Agricultural Engineering and System Engineering
named after Mykhailo Samokysh,
Higher educational institution "Podillia State University"*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: anatoliyrujdj@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7206-7103

Hrushetskyi S. M.

*Candidate Of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Agricultural Engineering and System Engineering named
after Mykhailo Samokysh,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: g.sergiy.1969@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0487-6152*

Korchak M. M.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Agricultural Engineering and System Engineering named
after Mykhailo Samokysh,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: nikolaykorchak@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0487-6152*

RESULTS OF RESEARCH OF SOIL COMPACTNESS**Abstract**

The problem of soil compaction is as follows: compacted soils are harder and more difficult to cultivate; compaction limits the management of groundwater, trapping water near the field surface, reducing water penetration into the lower soil layers, while limiting the ability of plants to raise moisture and nutrients from the lower soil layers; the overcompacted soil zone does not allow for the effective use of fertilizers and pesticides, and if they are not absorbed by the soil, they can be easily washed away, which leads to environmental pollution and reduced crop yields; in compacted soils, the rate of air exchange and nitrogen mineralization decreases.

A threat to the crop is plow sole, which is a man-made problem. This is a compacted layer of soil in the arable layer, which arises as a result of the pressure of the working bodies of soil-tillage units at the same depth of cultivation. In this case, the soil structure is destroyed, the number of dust-like particles increases, which subsequently sink into the arable layer and the soil profile becomes denser; soil pores are clogged, a waterproof layer is formed, which is called the plow sole.

The article presents the results of a practical study of soil compactness on the lands of the limited liability company "Corporation "Kolos-VS" with a DICKEY-john manual penetrometer, which provides measurement of soil compactness in pounds per square inch on the dial of a manometer with two scales (for two different conical tips).

To convert the readings of the penetrometer manometer from PSI units (pounds per square inch) to metric units (kg per square centimeter), we proposed an analytical dependence and built a corresponding nomogram.

The research was conducted on thirteen fields of the limited liability company "Corporation "Kolos-VS". In each field, the number of measurement points on the main area of the field and on their turning strips was determined, the average depth of critical soil compaction, its standard deviation and coefficient of variation, the range of change in the depth of critical soil compaction. At the same time, the average value of critical soil compaction, its standard deviation, coefficient of variation and the range of change in critical soil density were determined.

For each studied field, conclusions were drawn and proposals were made to the limited liability company "Corporation "Kolos-VS" regarding soil decompression by deep loosening.

Key words: soil compaction, running systems, plow sole, critical density, range of change, field suitability, depth of loosening.

References

1. Arion, O.V., Kupach, T.G., & Demyanenko, S.O. (2017). *Heohrafiya gruntiv z osnovamy gruntoznastva* [Geography of soils with the basics of soil science]. Educational and methodological manual. Kyiv [in Ukrainian].
2. Bulygin, S.Yu., Vitvitskyi, S.V., Bulanyi, O.V., & Tonkha, O.L. (2019). *Monitorynh yakosti gruntiv* [Monitoring of the quality of soils]. Kyiv: Publishing House of NUBiP of Ukraine [in Ukrainian].
3. Vakerych, M.M., Kishko, K.M., Gedzur, T.I., & Glyudzyk-Shemota, M.Yu. (2022). *Hruntoznastvo* [Soil science]. Educational and methodological manual. Uzhgorod [in Ukrainian].
4. *Vyznachennya shchil'nosti gruntiv metodom zamishchennya ob'yemu* [Determination of soil density by the volume replacement method] (2010). DSTU B V. V.2.1-21:2009, Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine [in Ukrainian].
5. Topolny, F.P., Mostipan, M.I., Gelevera, O.F., & Vakhyak, V.S. (2014). *Gruntoznastvo z osnovamy heolohiyi ta heohrafiya gruntiv* [Soil science with the basics of geology and soil geography]. Kirovograd: V.F. Lysenko [in Ukrainian].
6. Averchenko, V.I., & Samoilenko, N.M. (2018). *Gruntoznastvo* [Soil science]. Kharkiv: Machulin [in Ukrainian].
7. Zabolotny G.M., Didur I.M., & Pelekh L.V. (2017) *Zemlerobstvo. Metodychni vkazivky do vykonannya laboratornykh robot (zmistovna chastyna 1 «Ahrofizychni i fizyko-mekhanichni vlastyivosti hruntu. Bur'yany ta zakhody borot'by z nymy») – studentamy 2-ho kursu dennoyi formy navchannya ahronomichnoho fakul'tetu z haluzi znan' 0901 – «Sil's'ke hospodarstvo ta lisivnytstvo» napryamu pidhotovky 6.090101 – «Ahronomiya» osviti'o-kvalifikatsiynoho rivnya «Bakalavr»* [Agriculture. Methodological instructions for performing laboratory work (content part 1 «Agrophysical and physico-mechanical properties of soil. Weeds and measures to combat them») – by students of the 2nd year of full-time study at the Faculty of Agronomy in the field of knowledge 0901 – «Agriculture and Forestry» of the training direction 6.090101 – «Agronomy» of the educational and qualification level «Bachelor»] Vinnytsia [in Ukrainian].

8. Medvedev, V.V., Bulygin, S.Yu., Vitvitsky, S.V., & Plisko, I.V. (2018). *Ahrofizyka gruntu [Agrophysics of the soil]*. Kyiv: Publishing house [in Ukrainian].
9. Polevetsky, V.V., & Sobko, Yu.T. (2023). *Mekhanika hruntiv : konsp. lektsiy / uklad [Soil mechanics: lecture notes / structure]*. Chernivtsi: Chernivtsi National University named after Yu. Fedkovych [in Ukrainian].
10. Shutenko, L.M., Rud, O.G., Kichaeva, O.V., Samorodov, O.V., & Gavrilyuk, O.V. (2017). *Mekhanika gruntiv, osnovy ta fundamenti [Mechanics of soils, foundations and foundations]*. Kharkiv: KHNUMG O.M. Bekeov [in Ukrainian].
11. Tsarenko, O.M., Voytyuk, D.G., Shvaiko, V.M., Dovzhik, M.Ya., & Yatsuna, S. S. (2003) *Mekhaniko-tehnologichni vlastyvy sil's'kohospodars'kykh materialiv [Mechanical and technological properties of agricultural materials]*. Kyiv: Meta [in Ukrainian].
12. Zabrodotska, L.Yu. (2019). *Osnovy ahronomiyi [Fundamentals of Agronomy]*. Lutsk: Information and Publishing Department of Lutsk NTU [in Ukrainian].
13. Khomyk, N.I., Tsyon, H.B., Dovbush, T.A., & Antonchak, N.A. (2021). *Osnovy ahronomiyi: navchal'nyy posibnyk do praktychnykh zanyat' ta samostiynoi roboty [Fundamentals of Agronomy: a study guide for practical classes and independent work]*. Ternopil: Individual entrepreneur Palanytsia V.A. [in Ukrainian].
14. Chornyi, S.H. (2018). *Otsinka yakosti gruntiv: navchal'nyy posibnyk [Assessment of soil quality: a study guide]*. Mykolaiv: MNAU [in Ukrainian].
15. *Penetrometr Dickey-john – mekhanichnyy tester perevirky pronykakhnostni hruntu* (2011). [The Dickey-john penetrometer is a mechanical tester for testing soil permeability]. Zaporizhia, Polytechnic [in Ukrainian].
16. Rud, A.V., & Moshenko, I.O. (2023). *Rekomendatsiyi z vykorystannya testera (penetrometra) dlya doslidzhennya kompaktnosti gruntu [Recommendations for using a tester (penetrometer) to test soil compactness]*. Kamianets-Podilskyi: Higher education institution «Podilskyi State University» [in Ukrainian].
17. Rud, A.V. (2023). *Rezultaty doslidzhennya shchil'nosti gruntiv [Results of soil density research], Tendentsiyi ta vykyky suchasnoyi ahrarnoyi nauky: teoriya i praktyka [Trends and challenges of modern agricultural science: theory and practice]*. Prysnyachena 125-richchyu kafedry roslinnytstva NUBIP Ukrayiny materialy V mizhnarodnoyi naukovy-praktychnoyi onlayn konferentsiyi (m. Kyiv, 25-27 zhovtnya 2023 roku) – *Materials of the V international scientific and practical online conference dedicated to the 125th anniversary of the Department of Plant Production of the National Agricultural University of Ukraine (Kyiv, October 25–27, 2023)*] NUBIP [in Ukrainian].
18. Haskevych, V.G., Papish, I.Ya., & Teleguz, O.G. (2021). *Fizyka gruntiv. Laboratornyy praktykum [Soil Physics. Laboratory Workshop]*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv [in Ukrainian].

УДК 633.34:631.527:631.95:504.064

Кравченко В. С.

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

Крикун С. П.

здобувач освітньо-наукового ступеня доктора філософії
кафедри рослинництва,
Уманський національний університет садівництва
Умань, Україна
E-mail: krikun.s.p@gmail.com
ORCID: 0009-0005-1543-7189

ЕКОЛОГІЧНЕ ВИПРОБУВАННЯ СЕРЕДНЬОСТИГЛИХ СОРТІВ СОЇ КУЛЬТУРНОЇ В КОНТРАСТНИХ УМОВАХ ДОВКІЛЛЯ

Анотація

Метою дослідження було вивчення динаміки формування врожайності середньостиглих сортів сої культурної в різних кліматичних зонах України залежно від погодних умов та оцінювання їх адаптивної здатності. Упродовж 2023–2024 рр. у польових умовах на території Одеської (Степ), Черкаської (Лісостеп) і Житомирської (Полісся) областей досліджували 14 нових сортів сої середньостиглої групи української (Титан st, Інгуз, Туріас) і зарубіжної (Акардія, Алісія – Австрія; Дара, Терсія, Нептун – Канада; ЕС ВІЗИТОР, ЕС КОЛЕКТОР, ЕС КОМПОЗИТОР – Франція; Віталіна, Зевс Кармеліта – Польща) селекції, що рекомендовані для Степу, Лісостепу й Полісся України, за стандарт узято сорт Титан як найбільш апробований. Статистичну обробку даних проводили за допомогою загальноприйнятих методів польових і генетико-статистичних досліджень за допомогою програми Statistica 12. У результаті досліджень визначено адаптивну здатність сортів за показником «урожайність» і встановлено силу кореляції між рівнем урожайності й кліматичними умовами зон вирощування. Виділено найбільш адаптовані, стабільно й високоврожайні сорти для різних кліматичних зон України. Урожайність сої сильно варіювала залежно від зони вирощування: 1,53 т/га – Степ, 2,31 т/га – Лісостеп, 2,4 т/га – Полісся. Найсприятливішими умовами для формування стабільного й високого врожаю визначено Лісостеп (CVG/CVE = 0,89) і Степ (CVG/CVE = 0,86), а узагальнене співвідношення коефіцієнтів генетичної (CVG) та екологічної (CVE) варіації (0,98) підтвердило, що умови України сприятливі для реалізації біологічного потенціалу середньостиглих сортів сої. Для вирощування в різних кліматичних зонах України рекомендовано найбільш адаптовані сорти сої середньостиглої групи: стабільно високоврожайні ЕС ВІЗИТОР (2,46 т/га) й ЕС КОЛЕКТОР (2,41 т/га) і нестабільно високоврожайний сорт Алісія (2,41 т/га). Також визначено стабільно низьковрожайні сорти сої Віталіна, Інгуз, Туріас і Дара – 1,77–1,86 т/га. Проведене дослідження сприяло визначенню найбільш продуктивних сортів сої, придатних для вирощування в різних кліматичних зонах України. Розраховані статистичні моделі сприятимуть прогнозуванню врожайності й оптимізації вирощування культури.

Ключові слова: пластичність, стабільність, урожайність, адаптивність.

Вступ. Соя є важливою продовольчою культурою, що забезпечує продуктами харчування (олія, білок) [12], але вона чутлива до змін тривалості сонячного світла й температурних умов [5; 11; 8]. Високотемпературний стрес, спричинений зміною клімату, становить загрозу для сої на всіх етапах росту й розвитку. Цей стрес став одним із істотних факторів обмеження врожайності та якості сої [9; 13]. Останніми роками посіви сої в Лісостепу і Степу часто зазнавали впливу посух і високих температур у період цвітіння-налив бобів, що є ключовим фактором масштабного зниження врожайності [1]. Нині в Україні спостерігається зростання посівних площ і валового збору зерна сої, що зумовлює необхідність упровадження в сільськогосподарське виробництво нових високотехнологічних сортів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов і стійких до несприятливих факторів довкілля [3].

Сорт у сучасному рослинництві є ключовим фактором отримання стабільного й/або високого врожаю будь-якої сільськогосподарської культури. Світова практика та результати науково-дослідних установ свідчать про те, що в загальному підвищенні врожайності зернових культур на частку сорту припадає 25–30%. Найбільш повної реалізації потенційних можливостей сорту можна досягти тільки за цілеспрямованого вирощування з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов і реакції на агротехніку й фактори довкілля [7].

У виробничих умовах високий потенціал сучасних сортів реалізується на рівні близько 50–60%. Це пов'язано з тим, що стандартна технологія вирощування сої часто застосовується без урахування особливостей сорту

та ґрунтово-кліматичних умов регіону. Високу врожайність якісного можна отримати при розробці сортової агро-техніки з урахуванням зональних умов вирощування й високої культури землеробства [15].

Одним із найбільш економічно ефективних заходів є обґрунтована сортозміна. Такий прийом без додаткових витрат може забезпечити збільшення врожаю не менше ніж 0,2–0,3 т/га. У розвинених країнах заміна сортів на нові, більш продуктивні, відбувається раз у три роки. Але реакція сортів різні агроприйоми неоднозначна. Відзначається їх вибірковість до різних типів ґрунтів, гербіцидів, зрошення й інших факторів. Тому дослідження широкого спектру параметрів адаптивної здатності сортів сої в різних кліматичних зонах України сприятиме науково обґрунтованій сортозміні в конкретному регіоні [2; 10].

Мета роботи полягала в аналізі динаміки формування врожайності й параметрів адаптивної здатності нових сортів сої культурної в синергізмі з факторами навколишнього середовища Степу, Лісостепу й Полісся України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для реалізації біологічного потенціалу сорту необхідна оптимальна взаємодія факторів довкілля, перебіг яких є непередбачуваним, упродовж усього періоду вегетації рослин. Прямого впливу людина на ці фактори не має, можна лише частково нівелювати їх вплив, наприклад, зрошенням, укриттям, мульчуванням тощо, але збільшує затрати матеріальних ресурсів. Тому добір адаптивних, стрес-толерантних сортів сої для різних кліматичних зон України є нагальним питанням.

Дослідження проводили у трьох кліматичних зонах України – Степу (Одеська обл.), Лісостепу (Черкаська обл.) і Поліссі (Житомирська обл.) Погодні умови періоду досліджень відрізнялися істотно як за роками, так і за кліматичними зонами. Розподіл атмосферних опадів був нерівномірним упродовж усього періоду досліджень (табл. 1).

Таблиця 1. Кліматичні умови періоду вегетації рослин сої

Місяць	Степ (Одеська обл.)		Лісостеп (Черкаська обл.)		Полісся (Житомирська обл.)	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Опади, мм						
Квітень	116	70	129,6	56,2	84	39
Травень	7	35	42,4	4,8	0,1	73
Червень	32	77	15,8	56,5	59,6	81
Липень	48	18	92,5	17,9	67,8	65
Серпень	15	20	12,0	17,7	22	28
Σ	218,0	220,0	292,3	153,1	233,5	286,0
Температура повітря, °C						
Квітень	10,3	15,1	8,8	13,0	8,7	7,5
Травень	16,4	16,2	15,4	15,3	15,1	14,3
Червень	21	24	19,6	21,2	18,9	20,3
Липень	24	25,6	21,3	24,3	20,8	20,1
Серпень	25	26,7	22,9	23,1	22,8	21
$\bar{X}$, t °C	19,3	21,5	17,6	19,4	17,3	16,6

Так, на час посіву сої була достатня кількість опадів, проте після появи сходів та інтенсивного росту у травні їх кількість була недостатньою, а підвищення температурного режиму зумовило зменшення запасів продуктивної вологи, ця тенденція зберігалася в усіх зонах до кінця періоду вегетації рослин (за винятком Полісся у 2024 році, де кількість опадів за період вегетації рослин випадала відносно рівномірно), що, відповідно, вплинуло на формування рівня врожаю

Ґрунтові умови. Степ – ґрунт дослідного поля – представлений малогумусним важкосуглинковим чорноземом із середнім умістом гумусу до 2%. Потужність гумусового шару – 65–67 см, власне гумусний горизонт – 35–38 см. Рельєф території рівнинний зі слабким нахилом на південний захід. Лісостеп – чорнозем опідзолений, малогумусний важкосуглинковий на карбонатному лесі з умістом гумусу до 2% із глибоким заляганням карбонатів (115–120 см) і слабкислою реакцією ґрунтового розчину. Полісся – дерново-підзолисті ґрунти з добре вираженим гумусним горизонтом із його вмістом до 8% і нейтральною реакцією середовища.

Строки посіву: Степ – 15–20 квітня; Лісостеп – 28 квітня – 5 травня; Полісся – 10–15 травня. Густота посіву становила 450 тис. схожих насінин у всіх зонах вирощування. Технологія вирощування була типовою і загальноприйнятою для кожної зони.

У досліді вивчали нові сорти сої культурної середньостиглої групи української (Гитан st, Інгуз, Туріас) і зарубіжної (Акардія, Алісія – Австрія; Дара, Терсія, Нептун – Канада; ЕС ВІЗИТОР, ЕС КОЛЕКТОР, ЕС КОМПОЗИТОР – Франція; Віталіна, Зевс Кармеліта – Польща) селекції, що рекомендовані для Степу, Лісостепу й Полісся України. За стандарт узято сорт Рапсодія як найбільш апробований в Україні. Площа облікової ділянки – 250 м², повторення чотириразове. Під час проведення біометричних вимірювань і формування врожаю користувалися загальноприйнятими методиками [4].

Генетико-статистична обробка результатів. Для оцінювання адаптивної здатності використано метод регресійного аналізу, математична модель якого для визначення стабільності й пластичності сортів запропонована К.У. Фінлеєм і Г.Н. Уїлкінсоном [8] і доповнена С.А. Еберхартом та У.Г. Расселом [6].

Гомеостатичність, селекційну цінність, коефіцієнт мультиплікативності, індекс екологічної пластичності, коефіцієнт абсолютної адаптивності розраховували для сорту за методами, описаним в працях [16].

Стресостійкість і компенсаторну здатність сортів визначали за А.А. Rossielle й S. Hemblin [14]

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з розрахунком середнього арифметичного ($\bar{X}$) стандартного відхилення (SD), розрахованого за допомогою Microsoft Excel 2019. Кореляційні залежності визначали за допомогою програми Statistica 12.

Дослідження динаміки врожайності сортів сої культурної в Степу показало, що лише сорт Алісія був рівний стандарту – сорту Титан із рівнем врожайності 1,63 т/га. Виділено два сорти, що були істотно більш врожайні від стандарту, – ЕС ВІЗИТОР (1,89 т/га) та ЕС КОЛЕКТОР (1,83 т/га), на 0,26 і 0,21 т/га відповідно. Усі інші досліджувані сорти в зоні Степу мали рівень урожайності нижчий від стандарту на 0,06–0,33 т/га.

У Лісостепу зберігалася загальна тенденція, що й у Степу, але різниця між сортами була істотною. Так, сорти Алісія, ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР мали врожайність, яка неістотно перевищувала стандарт або дорівнювала йому, – 2,63–2,68 т/га. Усі інші досліджувані сорти формували істотно нижчу врожайність – на 0,26–0,73 т/га.

У Поліссі зберігалася загальна тенденція: сорт Алісія істотно переважав стандарт – 2,96 т/га (+0,28 т/га), а сорти ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР – неістотно – на 0,12 і 0,09 т/га. Сорт Кармеліта характеризувався неістотно нижчою врожайністю – 2,62 т/га (-0,06 т/га), а всі інші досліджувані сорти – істотно – 0,16–0,63 т/га (табл. 2).

Таблиця 2. Урожайність середньостиглих сортів сої культурної у різних кліматичних зонах України

Сорт	Степ			Лісостеп			Полісся		
	2023	2024	$\bar{X}$	2023	2024	$\bar{X}$	2023	2024	$\bar{X}$
Титан st	1,83	1,42	1,63	3,07	2,20	2,64	2,70	2,66	2,68
Інгуз	1,52	1,30	1,41	2,30	1,55	1,93	2,00	2,10	2,05
Туріас	1,57	1,20	1,39	2,40	1,60	2,00	2,12	2,20	2,16
Акардія	1,50	1,20	1,35	3,02	2,10	2,56	2,65	2,40	2,53
Алісія	1,85	1,40	1,63	2,89	2,40	2,65	2,76	3,16	2,96
Дара	1,59	1,27	1,43	2,44	1,63	2,04	2,10	2,14	2,12
Терсія	1,72	1,33	1,53	2,86	1,89	2,38	2,54	2,40	2,47
Нептун	1,59	1,30	1,45	2,41	1,55	1,98	2,20	2,44	2,32
ЕС ВІЗИТОР	1,97	1,80	1,89	2,96	2,40	2,68	2,90	2,70	2,80
ЕС КОЛЕКТОР	1,85	1,81	1,83	2,93	2,33	2,63	2,80	2,75	2,78
ЕС КОМПОЗИТОР	1,70	1,31	1,51	2,84	1,80	2,32	2,20	2,30	2,25
Віталіна	1,50	1,10	1,30	2,26	1,55	1,91	2,00	2,20	2,10
Зевс	1,56	1,12	1,34	2,46	1,8	2,13	2,1	2,37	2,24
Кармеліта	1,74	1,4	1,57	2,94	2,2	2,57	2,31	2,92	2,62
НІР ₀₅	0,12	0,08		0,22	0,15		0,16	0,22	
$\bar{X}$	1,68	1,37	1,53	2,70	1,92	2,31	2,41	2,45	2,43
SD	0,15	0,21	0,17	0,29	0,32	0,29	0,31	0,30	0,29
CV, %	9	15	11	11	17	13	13	12	12
CVG, %			14			19			9
CVE, %			16			22			13
CVP, %			21			29			16
CVG/CVE			0,86			0,89			0,71

Аналіз усереднених показників урожайності зерна сортів сої культурної показав, що врожайність у Лісостепу (2,31 т/га) і Поліссі (2,43 т/га) різнилася неістотно – у межах 5%, тоді як продуктивність сортів у Лісостепу й Поліссі переважала сорти в Степу (1,53 т/га) на 51% і 59%, або 0,78 і 0,90 т/га відповідно. При цьому аналіз відповідності умов вирощування вимогам культури в зоні Полісся був найнижчим – CVG/CVE = 0,71, а в Степу й Лісостепу – 0,86 і 0,89 відповідно. Тобто умови Лісостепу й Степу найбільше відповідають вимогам культури для формування стабільного й високого врожаю.

Статистичний аналіз параметрів урожайності показав, що сорти Віталіна, Інгуз, Туріас і Дара були найбільш стабільними ($\sigma^2d = 0,60–0,65$), але низьковрожайними. Стабільно високоврожайними, незалежно від зони вирощування, виявилися сорти ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР. Нестабільно високоврожайним визначено сорт Алісія, котрий характеризувався високою врожайністю в Лісостепу й Поліссі. Дослідженнями виявлено, що сорти Титан, Аркадія, Алісія, Терсія, ЕС КОМПОЗИТОР і Кармеліта характеризувалися співвідношенням пластичності $bi > 1$ і стабільності $\sigma^2d > 0$, тобто будуть урожайні за сприятливих умов вирощування. Інші сорти мали показники

$b_i < 1$ і $\sigma^2d > 0$, що свідчить про їхню здатність давати кращі результати за сприятливих умов, проте вони нестабільні за врожайністю (табл. 3).

Таблиця 3. Узагальнені параметри адаптивно-продуктивного потенціалу середньостиглих сортів сої культурної в різних кліматичних зонах України (2023–2024)

Сорт	$\bar{X}$	σ^2d	b_i	Hom	Sc	KM	ІЕП	CC	KЗ	КАА
Титан st	2,31	0,75	1,19	4,05	1,67	2,07	1,10	-1,65	2,25	1,11
Інгуз	1,80	0,60	0,75	2,44	1,29	1,88	0,87	-1,00	1,80	0,86
Туріас	1,85	0,65	0,89	2,58	1,33	2,00	0,88	-1,20	1,80	0,88
Акардія	2,15	0,80	1,32	3,48	1,55	2,28	1,01	-1,82	2,11	1,03
Алісія	2,41	0,78	1,24	4,39	1,74	2,07	1,15	-1,76	2,28	1,15
Дара	1,86	0,63	0,84	2,62	1,34	1,94	0,89	-1,17	1,86	0,89
Терсія	2,12	0,72	1,10	3,41	1,53	2,09	1,01	-1,53	2,10	1,02
Нептун	1,92	0,67	0,93	2,77	1,38	2,01	0,92	-1,14	1,87	0,92
ЕС ВІЗИТОР	2,46	0,67	0,92	4,56	1,77	1,78	1,19	-1,16	2,38	1,18
ЕС КОЛЕКТОР	2,41	0,67	0,94	4,40	1,74	1,81	1,17	-1,12	2,37	1,15
ЕС КОМПОЗИТОР	2,03	0,70	1,01	3,10	1,46	2,04	0,97	-1,53	2,08	0,97
Віталіна	1,77	0,65	0,88	2,36	1,27	2,04	0,84	-1,16	1,68	0,85
Зевс	1,90	0,68	0,98	2,73	1,37	2,08	0,91	-1,34	1,79	0,91
Кармеліта	2,25	0,75	1,14	3,83	1,62	2,06	1,07	-1,54	2,17	1,08
НІР ₀₅	0,14									
$\bar{X}$	2,09									
SD	0,25									
CV, %	12%									
CVG, %	26									
CVE, %	26									
CVP, %	37									
CVG/CVE	0,98									

Сорти істотно різнилися за показником гомеостатичності від 2,36 до 4,56, що підтверджує стабільність або, навпаки, пластичність певного сорту. Високою селекційною цінністю (Sc) відзначилися сорти Титан, Алісія, ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР і Кармеліта. Вищим коефіцієнтом адаптивності стосовно стандарту характеризувалися високоврожайні сорти Алісія, ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР, де КАА був більший за 1, хоча в сорту-стандарту Титан і Кармеліта показник КАА був також вищий за 1. З даних таблиці 3 видно, що співвідношення CVG/CVA = 0,98, що підтверджує повну відповідність умов довкілля Степу, Лісостепу й Полісся вимогам культури для формування стабільного й високого врожаю.

У результаті емпіричних досліджень встановлено такі показники кореляції (табл. 4): сильну позитивну кореляцію врожайності з гомеостатичністю, селекційною цінністю, екологічною пластичністю, компенсаторною здатністю й адаптивністю; помітну – зі стабільністю й коефіцієнтом екологічної регресії, зворотну кореляцію – з коефіцієнтом мультиплікативності й стресостійкості.

Таблиця 4. Матриця кореляційних зв'язків між урожайністю й параметрами адаптивної здатності середньостиглих сортів сої культурної

Параметр	Урожайність	σ^2d	b_i	Hom	Sc	KM	ІЕП	CC	KЗ
σ^2d	0,602								
b_i	0,576	0,996							
Hom	0,999	0,580	0,553						
Sc	1,000	0,607	0,582	0,999					
KM	-0,144	0,697	0,723	-0,171	-0,137				
ІЕП	0,997	0,546	0,518	0,998	0,997	-0,211			
CC	-0,451	-0,953	-0,961	-0,427	-0,457	-0,775	-0,391		
KЗ	0,981	0,564	0,540	0,977	0,981	-0,174	0,981	-0,436	
КАА	1,000	0,607	0,581	0,999	1,000	-0,137	0,996	-0,456	0,981

У результаті статистичних обрахунків виявлено сильний зворотний кореляційний зв'язок за шкалою Чеддока між урожайністю середньостиглих сортів сої й температурою повітря впродовж вегетації рослин – $r = 0,8031$, помітний зв'язок між урожайністю й сумою опадів – $r = 0,5597$. З урахуванням показників статистичної надійності рівнянь цю залежність представлено графічно на рисунку 1.

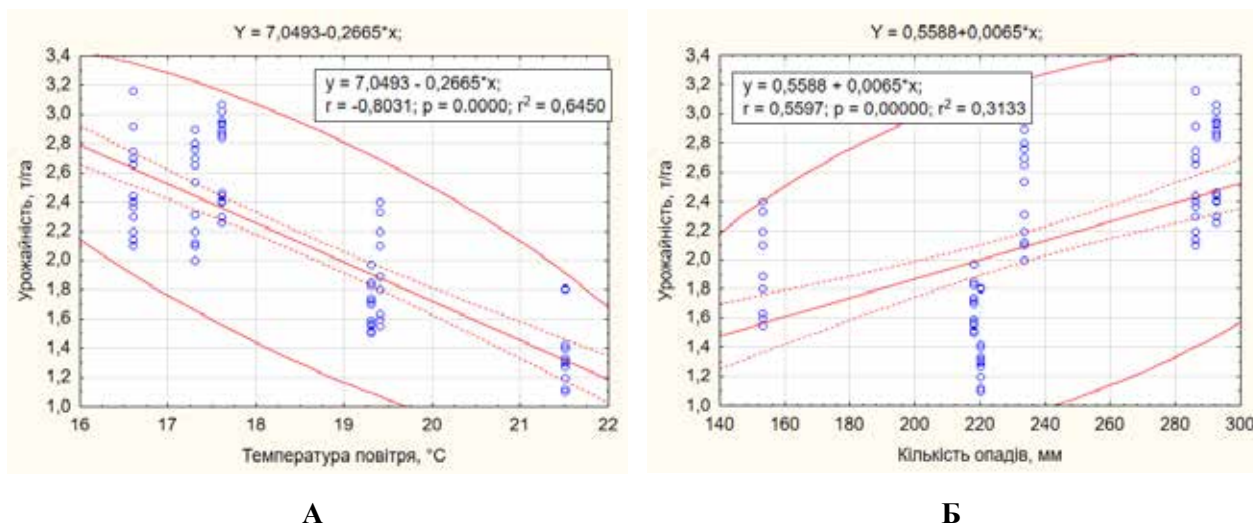


Рис. 1. Статистичні залежності врожайності сортів сої від температури повітря, °C (А) та суми опадів, мм (Б)

Висновки. У результаті проведених досліджень виявлено найбільш адаптовані сорти сої культурної середньостиглої групи: Віталіна, Інгуз, Туріас і Дара стабільно низьковрожайні; стабільно високоврожайні ЕС ВІЗИТОР та ЕС КОЛЕКТОР і нестабільно високоврожайний сорт Алісія.

Установлено рівень відповідності кліматичних умов вимогам сортів сої, де співвідношення коефіцієнтів генетичної та екологічної варіації (CVG/CVE) = 0,71 – Полісся, 0,86 – Степ і 0,89 – Лісостеп. Загальне співвідношення CVG/CVE становило 0,98 – повна відповідність кліматичних умов України вимогам сої для формування стабільного й високого врожаю зерна.

Перспективи подальших досліджень полягають у детальному аналізі впливу факторів середовища на формування квалікативних показників зерна за параметрами посівної придатності й біохімічного комплексу, широке впровадження виділених сортів за технологічним напрямом.

Список використаних джерел

- Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Діанова А. О., Мирний М. В. Сорти сої для Степу та Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*, 2021. 1, 135–140. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.16>
- Забарна Т.А., Череншук В.В. Агроєкологічні аспекти вирощування сої (*Glycine max* L.) в Україні. *Агроєкологічний журнал*. 2024. № 1. С. 108–116. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945>.
- Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 18. С. 5–17.
- Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Київ, 2016. 81 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> (дата звернення: 05.02.2025).
- Abdala L., & Santiago T., Alejo R., Schwalbert R., Correndo A., Martin N. Yield environment changes the ranking of soybean genotypes. *Field Crops Research*. 2025. 321. 109661. [10.1016/j.fcr.2024.109661](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109661).
- Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.
- Fehr W.R., Walter R. Principles of culti var development: Theory and technique. 1939. 536 p. URL: <https://dr.lib.iastate.edu/entities/publication/b12f8493-0f67-4dfb-b9bb-45e082b2268f>.
- Finlay K.W., Wilkinson G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.* 1963. № 14. P. 742–754.
- Gilbert C., Martin N. Using agro-ecological zones to improve the representation of a multi-environment trial of soybean varieties. *Front. Plant Sci.* 2024. № 15. DOI: [10.3389/fpls.2024.1310461](https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1310461).
- Khodanitska O., Pohorila L., Shevchuk O., Tkachuk O., Matviichuk, O. Yield and seed quality of soybeans in the Ukrainian Right-bank Foreststeppe. *Feeds and Feed Production*, 2024. (98), 120–128. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202498-11>
- Li J., Nadeem M., Chen L., Wang M., Wan M., Qiu L. Differential proteomic analysis of soybean anthers by iTRAQ under high-temperature stress. *J Proteom.* 2020. 229. 103968.
- Li Y., Zhou G., Ma J., Jiang W., Jin L. De novo assembly of soybean wild relatives for pan-genome analysis of diversity and agronomic traits. *Nat Biotechnol.* 2014. 32. P. 1045–1052.
- Liu Y, Li J, Zhu L, Jones A, Rose R, Song Y. Heat stress in legume reproduction: effects, causes and future prospects. *Front Plant Sci.* 2019. 10. 938.
- Rossiella A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environvents. *Crop. Sci.* 1981. № 21 (6). P. 943–946. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>.
- Smith A.B., Cullis B.R., Thompson R. The analysis of crop cultivar breeding and evaluation trials: an overview of current mixed model approaches. *The Journal of Agricultural Science*. 2005. № 143 (6). P. 449–462. DOI: [10.1017/S0021859605005587](https://doi.org/10.1017/S0021859605005587).
- Yatsenko V., Poltoretskiy S., Yatsenko N., Poltoretska N., Mazur O. Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation. *Scientific Horizons*, 2023. 26(7), 79–94. doi: [10.48077/scihor7.2023.79](https://doi.org/10.48077/scihor7.2023.79).

Kravchenko V. S.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Head of the Department of Plant Production,
Uman National University of Horticulture
Uman, Ukraine*

E-mail: vitalii_12@ukr.net

ORCID: 0000-0003-4873-5367

Krykun S. P.

*Postgraduate Student at the the Department of Plant Production,
Uman National University of Horticulture
Uman, Ukraine*

E-mail: krikun.s.p@gmail.com

ORCID: 0009-0005-1543-7189

ECOLOGICAL TESTING OF MID-SEASON VARIETIES OF SOYBEAN IN CONTRASTING CONDITIONS OF ENVIRONMENT

Abstract

The purpose of the study was to study the dynamics of the formation of the yield of mid-season cultivars of soybeans in different climatic zones of Ukraine depending on weather conditions and assess their adaptive capacity. During 2023–2024, 14 new soybean varieties of the mid-season group of Ukrainian selection – Titan st, Inguz, Turizas – Austria; Dara, Tersia, Neptune – Canada; ES VISITOR, ES KOLEKTOR, ES KOMPOZITOR – France; Vitalina, Zeus Carmelita – Poland) were studied in field conditions in the Odessa (Steppe), Cherkasy (Forest-Steppe) and Zhytomyr (Polissya) regions, recommended for the Steppe, Forest-Steppe and Polissya of Ukraine, the Titan cultivar was taken as the standard as the most tested. Statistical data processing was carried out using generally accepted methods of field and genetic-statistical research using the Statistica 12 program. As a result of the research, the adaptive capacity of varieties was determined by the “yield” indicator and the strength of the correlation between the yield level and the climatic conditions of the growing zones was established. As a result, the most adapted, stable and high-yielding varieties were identified for different climatic zones of Ukraine. The yield of soybeans varied greatly depending on the growing zone – 1.53 t ha⁻¹ – Steppe, 2.31 t ha⁻¹ – Forest-steppe, 2.4 t ha⁻¹ – Polissya. The most favorable conditions for the formation of a stable and high yield were determined as Forest-Steppe (CVG/CVE = 0.89) and Steppe (CVG/CVE = 0.86), and the generalized ratio of the coefficients of genetic (CVG) and ecological (CVE) variation (0.98) confirmed that the conditions of Ukraine are favorable for the realization of the biological potential of mid-season soybean varieties. The most adapted soybean varieties of the mid-season group are recommended for cultivation in different climatic zones of Ukraine: stably high-yielding ES VIZITOR (2.46 t ha⁻¹) and ES KOLEKTOR (2.41 t ha⁻¹) and the unstable high-yielding variety Alicia (2.41 t ha⁻¹). Also, stably low-yielding soybean varieties Vitalina, Inguz, Turizas and Dara were determined – 1.77–1.86 t ha⁻¹. The conducted research contributed to the identification of the most productive soybean varieties suitable for cultivation in different climatic zones of Ukraine. The calculated statistical models will contribute to the prediction of yield and optimization of crop cultivation.

Key words: plasticity, stability, yield, adaptability.

References

1. Bilyavska, L.G., Bilyavsky, Y.V., Diyanova, A.O., & Myrnyi, M.V. (2021). Sorty soyi dlya Stepu Ta Lisostepu Ukrayiny [Soybean varieties for the steppe and forest-steppe of Ukraine]. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 135–140. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.16> [in Ukrainian].
2. Zabarna, T.A., & Cherenshyuk, V.V. (2024). Ahroekolohichni aspekty vyroshchuvannya soyi (*Glycine max* L.) v Ukrayini [Agroecological aspects of soybean (*Glycine max* L.) cultivation in Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agroecological Journal*, 1, 108–116. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945> [in Ukrainian].
3. Mazur, V.A., Didur, I.M., & Pansyryeva, G.V. (2020). Obruntuvannya adaptivnoy sortovoyi tekhnolohiyi vyroshchuvannya zernobobovykh kul'tur v pravoberezhnomu Lisostepu Ukrayiny [Substantiation of adaptive varietal technology for growing legume crops in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and Forestry*, 18, 5–17 [in Ukrainian].
4. Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv roslin hrupy zernovykh, krup'yanykh ta zernobobovykh na prydatnist' do poshyrennya v Ukrayini (2016). [Methodology for conducting an examination of plant varieties of the cereal, grain and legume groups for suitability for distribution in Ukraine]. Kyiv. 81 p. Retrieved from: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> [in Ukrainian].
5. Abdala, L., Santiago, T., Alejo, R., Schwalbert, R., Correndo, A., & Martin, N. (2025). Yield environment changes the ranking of soybean genotypes. *Field Crops Research*. 321, 109661. DOI: 10.1016/j.fcr.2024.109661 [in English].
6. Eberhart, S.A., & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, 6(1), 36–40 [in English].
7. Fehr, W.R., & Walter R. (1939). *Principles of culti var development: Theory and technique*. 536 p. Retrieved from: <https://dr.lib.iastate.edu/entities/publication/b12f8493-0f67-4dfb-b9bb-45e082b2268f> [in English].
8. Finlay, K.W., & Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.*, 14, 742–754 [in English].
9. Gilbert, C., & Martin, N. (2024) Using agro-ecological zones to improve the representation of a multi-environment trial of soybean varieties. *Front. Plant Sci.*, 15, 1310461. doi: 10.3389/fpls.2024.1310461 [in English].

-
10. Khodanitska, O., Pohorila, L., Shevchuk, O., Tkachuk, O., & Matviichuk, O. (2024). Yield and seed quality of soybeans in the Ukrainian Right-bank Foreststeppe. *Feeds and Feed Production*, (98), 120–128. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202498-11> [in English].
 11. Li, J., Nadeem, M., Chen, L., Wang, M., Wan, M., & Qiu, L. (2020). Differential proteomic analysis of soybean anthers by ITRAQ under high-temperature stress. *J Proteom.* 229, 103968 [in English].
 12. Li, Y., Zhou, G., Ma, J., Jiang, W., & Jin, L. (2014). De novo assembly of soybean wild relatives for pan-genome analysis of diversity and agronomic traits. *Nat Biotechnol.*, 32, 1045–1052 [in English].
 13. Liu, Y., Li, J., Zhu, L., Jones, A., Rose, R., & Song, Y. (2019). Heat stress in legume reproduction: effects, causes and future prospects. *Front Plant Sci.*, 10, 938 [in English].
 14. Rossielle A.A., & Hemblin J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. *Crop. Sci.*, 21(6), 943–946. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x> [in English].
 15. Smith, A.B., Cullis, B.R., & Thompson, R. (2005). The analysis of crop cultivar breeding and evaluation trials: an overview of current mixed model approaches. *The Journal of Agricultural Science*, 143(6), 449–462. DOI: 10.1017/S0021859605005587 [in English].
 16. Yatsenko, V., Poltoretskiy, S., Yatsenko, N., Poltoretska, N., & Mazur, O. (2023). Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation. *Scientific Horizons*, 26(7), 79–94. DOI: 10.48077/scihor7.2023.79 [in English].

УДК 332.3:338.48:004(477)

Кушнірук Т. М.

*кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри садово-паркового господарства,
геодезії та землеустрою,*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: kuschniruk81@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3983-6070

Петрище О. І.

*кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри садово-паркового господарства,
геодезії та землеустрою,*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: petrictche@ukr.net

ORCID: 0000-0002-9802-8006

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ

Анотація

У статті визначено, що накопичення матеріалу про земельні ресурси в Україні відбувається по-різному й зосереджується в установах, які проводять дослідження стану землекористування відповідно до своєї спрямованості. У масштабі країни масово збирається земельна інформація недостовірною, що унеможливує створення ефективної інформаційної системи. І навіть наявність порядку ведення державного земельного кадастру не вирішує проблему з отриманням достовірної та актуальної інформації.

Інформаційна система землекористування в Україні представлена системою ведення державного земельного кадастру, тобто земельна інформаційна система прямо пов'язана із земельним кадастром. Якщо не будемо використовувати дані інформаційної системи земельного кадастру, то жодна з функцій управління землекористуванням не буде здійснена, тому що інформація, яка визначається комплексом земельно-кадастрових даних, не відповідатиме даним щодо використання земель.

ДЗК України сьогодні має значну кількість проблем, а саме: невизначеність правового статусу земельно-кадастрових відомостей і порядку ведення кадастру, недостатня достовірність і повнота земельно-кадастрової інформації.

Інформаційне забезпечення сфери сільського господарства сприяє веденню збалансованого землекористування, величезне значення у сфері сільського господарства має інформація, так як вона є базою проведення аналізу наявного середовища землекористування, який має відповідати критеріям раціональної та екологічної безпеки. Також ми можемо зарахувати й визначення екологічної придатності земель до вирощування тих чи інших сільськогосподарських культур, розроблення сіво-змін землеробства.

Ключові слова: інформаційне забезпечення, землекористування, земельні ресурси, Державний земельний кадастр, земельно-кадастрова інформація, земельно-інформаційна система.

Вступ. Сучасна земельно-інформаційна система використання земельних ресурсів є базою даних, які містять показники, що показують стан землекористування в підсистемі різної спрямованості. Є сучасні інформаційні технології, що дають змогу виконати достовірний аналіз відповідної земельно-кадастрової інформації. Показники земельно-інформаційної системи залежать від різних аспектів управління земельними ресурсами, тому що саме прийняття рішень в управлінні сільським господарством є багатограним.

Земельні ресурси за стрімкого зростання ринкової економіки у світі є не тільки важливим природним ресурсом, а й головним засобом виробництва сільського господарства. Земля ефективно експлуатується однією з головних ланок економіки – сільськогосподарським виробництвом. Майже 60,3% земельного фонду України становлять землі сільськогосподарського призначення, з них сільськогосподарські угіддя становлять 41,6 млн га, у тому числі рілля – 32,5, перелоги – 0,4, багаторічні насадження – 0,9, сіножаті – 2,4, пасовища – 5,5 млн га (за даними Держгеокадастру), що забезпечує інтенсивне залучення земель у сільськогосподарський обіг.

Еколого-економічні проблеми, які нині є в Україні, значно впливають на розвиток нашої країни. У такий непростий час, коли людство виснажує та неправильно використовує природні ресурси, стоїть актуальне питання щодо їх відновлення. Це стосується й використання земельних ресурсів в сільському господарстві, призвело до виникнення низки проблем у землекористуванні сільськими землями. Тому єдиним виходом із цієї ситуації є трансформація земельних відносин України з ефективними механізмами реформування, які будуть стосуватися ринку земель.

Метою роботи є обґрунтування теоретичних підходів щодо розвитку інформаційного забезпечення системи управління збалансованим сільськогосподарським землекористуванням.

Виклад основного матеріалу дослідження. Спроба держави в аграрній сфері прискорити приватизацію землі та майна є не дуже привабливою, що призвело до руйнування сільськогосподарського виробництва, скорочення площ сільськогосподарських угідь, які використовуються в сільськогосподарських землях. Структура аграрного виробництва подрібнилася. Заблокувався ринок приватних сільськогосподарських угідь, що зумовило посилення тенденції створення нераціональних за розмірами землекористувань. Землі для вирощування сільськогосподарської продукції використовують не власники, а орендарі, що призвело до виснажування ґрунтів [9].

Потрібно проводити еколого-економічне обґрунтування перерозподілу земельних ресурсів в Україні за допомогою відповідних загальнодержавних і регіональних прогнозних розробок. Неправильна практика реформ поглибила екологічну незбалансованість земельного фонду, призвела до зниження ефективності використання й охорони земель і спричинила зниження природної родючості земель. Застосування великої кількості матеріально-технічних ресурсів для обробки земель, подекуди відсутність необхідних засобів землеробства, застосування нераціональної системи землеробства призвело до збільшення деградаційних процесів земель.

Прикладом цього є водна й вітрова ерозії, цим чинникам постійно піддаються 6 млн га земель, а площа земель, пошкоджених водною ерозією, становить близько 13,3 млн га, у тому числі 10,6 млн га орних земель. Щорічні втрати продукції землеробства тільки від ерозії перевищують 8–10 млн т зернових. Частка ріллі (78,9%) у структурі сільськогосподарських угідь показує високий ступінь розораності земель.

Загалом земля розглядається як фізичний об'єкт, якому притаманні певні просторові характеристики. Характеристики інформації про земельні ресурси є підґрунтям для прийняття рішень стосовно управління територіями. Інформаційна система землекористування допомагає здійснювати екологічну й економічну оцінку користування землями сільськогосподарського призначення, що сприяє вирішенню проблем, які виникають при управлінні земельним фондом України та використанні його.

Землі сільськогосподарського призначення займають чи не найголовніше місце, адже мають таку важливу характеристику, як ґрунтовий покрив, від якого залежить придатність земель до використання в сільському господарстві. У сільському господарстві земля є головним засобом виробництва. Унікальна властивість землі – родючість. Відомо, що родючість ґрунтів показує стан земель, що характеризується її різними показниками, які отримують у ході агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. Ще одним із найпоширеніших напрямів оцінювання земель сільськогосподарського призначення є оцінювання фінансових результатів їх використання, тобто отримання чистого прибутку від реалізації сільськогосподарської продукції.

Для збереження, накопичення та своєчасного оновлення інформації про стан земельних ресурсів, характер їх використання застосовують інформаційні системи (бази даних), які містять таку інформацію. За сучасного розвитку людства й технічного прогресу для отримання й акумулювання такої інформації використовують комп'ютерні програми з метою побудови інформаційної системи, де зберігається інформація, у цьому випадку інформація про земельні ресурси, що необхідна для проведення аналітичної роботи та прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень, розроблення планів і прогнозів щодо раціоналізації використання й охорони земель. Такий державний банк даних про кількісний і якісний стан земель у нашій країні є складовою частиною Державного земельного кадастру (далі – ДЗК) [7].

Інформаційне забезпечення управління земельними ресурсами в Україні має свої проблеми: застарілі підходи й технологічні прийоми, які не відповідають сучасності; земельно-кадастрова інформація й використання її систем у сучасному земельно-кадастровому обліку України є суперечливим; нагромадження недостовірної та несумісної земельно-кадастрової інформації; усі дані земельно-кадастрового обліку мають статистичний характер; в автоматизованій системі ДЗК дані про облік земель не відображаються.

Нині поняття «управління земельними ресурсами» в науковій і практичній діяльності в зарубіжних країнах розуміють як процес визначення, запису й застосування інформації про власність, використання й оцінювання земель, що забезпечує здійснення політики у сфері землевпорядкування [3].

Функції управління земельними ресурсами здійснюються через земельно-кадастрове забезпечення управління земельним фондом; прогнозування та планування використання земельних ресурсів та охорони земель; організацію раціонального використання й охорони земель у проєктах землеустрою [5; 6].

Особливого значення в згаданому контексті набуває земельно-кадастрова інформація, адже вона є базою здійснення всіх вищезгаданих процесів.

Формування інформаційної системи земельних ресурсів здійснюється на основі проведення землевпорядних робіт, що охоплює матеріали про землі, те, як вони розподіляються між землевласниками й землекористувачами, також орендарями земельних ділянок; індексні кадастрові карти кадастрових кварталів, зон, адміністративно-територіальних одиниць; зведені дані якісного обліку земель; інформацію щодо бонітування ґрунтів і різних видів оцінювання земель [4; 6].

Земельно-інформаційна системи землекористування впливає на розвиток земельного законодавства, а також здійснення державної політики у сфері управління, раціонального використання й охорони земель, розвиток геоінформаційних систем, а також зарубіжних кадастрових систем. У свою чергу, інформаційна система

впливає на земельні відносини в Україні й склад самої системи. Процес здійснення землекористування залежить від економічної ефективності використання земельних ресурсів, екологічного та кількісного стану земельних ресурсів (рис. 1).



Рис. 1. Інформаційний розвиток системи землекористування

В Україні стан використання земельних ресурсів загалом прямо залежить від відносин, а також земельних перетворень, що відбулися під час земельної реформи.

Висновки. Сучасна інформаційна система землекористування є нездатною та не може повною мірою забезпечити процес обліку земель відповідною земельно-кадастровою інформацією. Підходи й технологічні прийоми, що використовуються, є дискусійними через їх застарілість, невідповідність вимогам ринкових відносин, сучасним уявленням про інформаційні системи тощо.

Земельно-кадастрова інформація є інформаційною основою для оцінювання землекористування, ведення ДЗК та відіграє важливу роль у збалансованому розвитку земельних відносин в Україні. Ця інформація використовується в земельних відносинах при плануванні землекористування й охорони земель, оцінюванні сільсько-господарської діяльності, здійсненні цивільно-правових угод, пов'язаних із землею, визначенні розмірів земельного податку, організації заходів щодо раціонального використання й управління земельними ресурсами. Також земельно-кадастрові дані широко використовуються при вирішенні питань прогнозування розвитку населених пунктів, забезпечення комплексного розвитку соціальної, інженерно-транспортної та природоохоронної інфраструктури, планування й забудови територій, обґрунтування політики оподаткування й визначення вартості землі, контролю за раціональним використанням земельних ресурсів [1; 2].

Система земельно-кадастрової інформації є сукупністю взаємопов'язаних елементів (організаційно-правових, технологічних, економічних, методичних заходів), що формують інформаційний простір, представлений певними характеристиками земельного фонду (правове положення, кількісний і якісний стан, економічна цінність земель) [8].

Отже, земельна інформація є засобом ефективного управління земельними ресурсами. Ефективне управління земельними ресурсами досягається веденням ДЗК, адже він нерозривно пов'язаний із даними про використання земельних ресурсів.

Дані земельного кадастру мають велике значення для організації та раціонального використання земель, адже в інформаційній системі земельного кадастру є інформація про кількісний і якісний облік земель, бонітування ґрунтів та економічну оцінку землі. Інформація про земельні ділянки в земельному кадастрі відображається даними про місце розташування, розміри й межі земельних ділянок, права на власність чи користування, дані бонітування ґрунтів і грошової оцінки, охорону й захисні зони, сервітути, обмеження й обтяження у використанні, функціональне використання та цільове призначення земельних ділянок. Однак на сьогоdnішньому етапі розвитку земельних відносин ДЗК України має невизначений правовий статус земельно-кадастрових відомостей і порядок його ведення, повнота земельно-кадастрової інформації не достатня. Сама система ведення ДЗК в Україні має значні труднощі, а то й певні правові порушення.

Список використаних джерел

1. Кушнірук Т.М., Ясінецька І. А., Додурич В.В. Інституційне забезпечення формування землекористування в новоутворених територіальних громадах. *Таврійський науковий вісник. Серія «Сільськогосподарські науки»*. 2022. Вип. 123. С. 76–81.
2. Марковський Д. Кадастровий абсурд: виробничий брак чи спланована диверсія? *Дзеркало тижня*. 2013. № 6. URL: <http://gazeta.dt.ua/privatizatsiia/kadaastroviy-absurd-virobnichiy-brak-chi-splanovana-diversiia.html>.
3. Нестеренко Г.Б. Сучасний стан і перспективи розвитку земельно-кадастрових робіт в Україні. URL: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Vkhnau_ekon/2010_6/pdf/6_32.pdf.
4. Питання функціонування територіальних органів Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру : Постанова Кабінетів Міністрів України від 16 листопада 2020 року № 1118. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1118-2020-%D0%BF#Text>.
5. Питання функціонування територіальних органів Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру : Постанова Кабінету Міністрів України від 5 квітня 2021 № 301. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pitannya-funkcionuvannya-teritorialnih-organiv-derzhavnoyis50421>.
6. Сербіна Р.А. Управління земельними ресурсами в умовах реформування земельного ринку. URL: http://estetichamente.ru/Portal/Chem_Biol/Tavni/2009_66/66_39.pdf.
7. Сидоренко І.І. Раціональний підхід до використання земельних ресурсів в Чернігівській області. *Чернігівський науковий часопис*. 2011. № 1 (1). С. 36–41.
8. Сохнич С.А. Стан і проблеми створення автоматизованої системи ведення державного земельного кадастру. URL: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Chem_biol/Vldau/APK/2010_1/files/10ssslcc.pdf.
9. Шкуратов О.І. Організаційно-правовий механізм забезпечення еколого-економічної безпеки аграрного виробництва. *Агроекологічний журнал*. 2012. № 1. С. 10–14.

Kushniruk T. M.

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

Petryshche O. I.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Horticulture, Geodesy and Land Management Department,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: petrictche@ukr.net
ORCID: 0000-0002-9802-8006*

**ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF INFORMATION SUPPORT
FOR AGRICULTURAL LAND USE IN UKRAINE****Abstract**

It was determined that the accumulation of material on land resources in Ukraine occurs in different ways and is concentrated in institutions that conduct research on the state of land use in accordance with their focus. On a country-wide scale, land information is collected in large quantities and is unreliable, which makes it impossible to create an effective information system. And even the presence of a procedure for maintaining the state land cadastre does not solve the problem of obtaining reliable and up-to-date information.

The land use information system in Ukraine is represented by the state land cadastre management system. That is, the land information system is directly related to the land cadastre. If we do not use the data of the land cadastre information system, then none of the land use management functions will be implemented, because the information determined by the complex of land and cadastral data will not correspond to data on land use.

The State Land Registry of Ukraine today has a significant number of problems, including: uncertainty of the legal status of land cadastre information and the procedure for maintaining the cadastre, insufficient reliability and completeness of land cadastre information.

Information support for the agricultural sector contributes to balanced land use, information is of great importance in the agricultural sector; as it is the basis for analyzing the existing land use environment, which must meet the criteria of rational and environmental safety, we can also include determining the ecological suitability of lands for growing certain crops, developing crop rotations for agriculture.

Key words: *information support, land use, land resources, State Land Cadastre, land cadastre information, land information system.*

References

1. Kushniruk, T.M., Yasinetska, I.A., & Dodurych, V.V. (2022). Instytutsiine zabezpechennia formuvannia zemlekorystuvannia v novoutvorenykh terytorialnykh hromadakh [Institutional support for the formation of land use in newly formed territorial communities]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, iss 123. pp. 76–81 [in Ukrainian].
2. Markovskiy, D. (2013). Kadastryi absurd: vyrobnychiy brak chy splanovana dyversii? [Cadastral absurdity: production shortage or planned diversion?]. *Dzerkalo tyzhnia*, iss 6. Retrieved from: <http://gazeta.dt.ua/privatizatsiia/kadastryi-absurd-vyrobnychiy-brak-chi-splanovana-diversiia.html> [in Ukrainian].
3. Nesterenko, H.B. Suchasnyi stan i perspektvy rozvytku zemelno-kadastrykh robot v Ukraini [Current state and prospects for the development of land cadastral works in Ukraine]. Retrieved from: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Vkhneu_ekon/2010_6/pdf/6_32.pdf [in Ukrainian].
4. Pytannia funktsionuvannia terytorialnykh orhaniv Derzhavnoi sluzhby z pytan heodezii, kartohrafii ta kadastru: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 16 lystopada 2020 roku No 1118 [Issues of the functioning of territorial bodies of the State Service for Geodesy, Cartography and Cadastre: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 16, 2020 № 1118]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1118-2020-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].
5. Pytannia funktsionuvannia terytorialnykh orhaniv Derzhavnoi sluzhby z pytan heodezii, kartohrafii ta kadastru. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 5 kvitnia 2021 № 301 [Issues of the functioning of territorial bodies of the State Service for Geodesy, Cartography and Cadastre. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 5, 2021 № 301]. Retrieved from: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pitannya-funkcionuvannya-teritorialnih-organiv-derzhavnoyis50421> [in Ukrainian].
6. Serbina, R.A. Upravlinnia zemelnymi resursamy v umovakh reformuvannia zemelnogo rynku [Land resources management in the context of land market reform]. Retrieved from: http://esteticamente.ru/Portal/Chem_Biol/Tavnu/2009_66/66_39.pdf [in Ukrainian].
7. Sydorenko, I.I. (2011). Ratsionalnyi pidkhid do vykorystannia zemelnykh resursiv v Chernihivskii oblasti [Rational approach to the use of land resources in Chernihiv region]. *Chernihivskiy naukovyi chasopys – Chernihiv scientific journal*, iss 1 (1). pp. 36–41 [in Ukrainian].
8. Sokhnych, S.A. Stan i problemy stvorennia avtomatyzovanoi systemy vedennia derzhavnoho zemelnogo kadastru [State and problems of creating an automated system for maintaining the state land cadastre]. Retrieved from: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Chem_biol/Vldau/APK/2010_1/files/10ssslcc.pdf [in Ukrainian].
9. Shkuratov, O.I. (2012). Orhanizatsiino-pravovyi mekhanizm zabezpechennia ekoloho-ekonomichnoi bezpeky aharnoho vyrobnytstva [Organizational and legal mechanism for ensuring the ecological and economic safety of agricultural production]. *Ahroekologichnyi zhurnal- Agroecological journal*, iss. 1. pp. 10–14 [in Ukrainian].

УДК 633.367:631.527.3

Ничипорук О. О.

завідувач лабораторії рослинництва та селекції,
Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України
смт Рокині, Україна
E-mail: olenkada@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0580-672X

Пузняк О. М.

кандидат біологічних наук,
заступник директора з наукової роботи,
Волинська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України
смт Рокині, Україна
E-mail: oksana.puzniak@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2148-2729

ДОСЯГНЕННЯ Й ПЕРСПЕКТИВИ СЕЛЕКЦІЇ ЛЮПИНУ ЖОВТОГО В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Анотація

Люпин жовтий *Lupinus luteus* – культура легких супіщаних і піщаних ґрунтів. Волинська ДСГДС ІСГ Карпатського регіону НААН розміщена в зоні Західного Полісся України, де переважають легкі супіщані й піщані ґрунти, що найкраще підходить для вирощування люпину жовтого кормового. У Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції більше ніж 60 років займаються питаннями селекції та насінництва жовтого кормового люпину. Наукова робота продовжується й нині. Як вихідний матеріал для створення сортів люпину використовувалася колекція генофонду культури, а також власний селекційний матеріал. У всіх розсадниках і сортовипробуваннях за стандарт прийнято сорт Світязь. У розсаднику конкурсного сортовипробування за 2016–2020 роки досліджено 82 номери. У конкурсному розсаднику висівали насіння найкращих номерів, які відібрані в контрольному й попередньому сортовипробуванні. Стандарт – сорт Світязь – висівали через кожні 5 номерів. Проводився аналіз на алкалоїдність – алкалоїдних рослин не виявлено. За врожайністю зерна досліджуваних генотипів у середньому за звітні роки сорт-стандарт з урожайністю 1,98 т/га перевищив майже всі номери, окрім гібридних комбінацій під польовими номерами 45 і 48, де врожайність була близькою до врожайності зерна стандарту (+0,10, +0,01 т/га відповідно). Середня врожайність зерна в розсаднику становила 1,85 т/га. Висота рослин коливалася в межах 54,2–57,7 см. У результаті проведення фітопатологічної оцінки в конкурсному розсаднику за стійкістю до фузаріозу й вірусної вузьколистості весь селекційний матеріал характеризується як відносно стійкий і стійкий (9–7 балів). Селекційна робота Волинської ДСГДС ІСГ Карпатського регіону НААН спрямована на створення сортів, які б давали значну прибавку зерна й зеленої маси, були стійкими проти основних хвороб і впровадження у виробництво нових вітчизняних високопродуктивних сортів люпину жовтого, адаптованих до умов Західного Полісся України. У 2021 році до Державного реєстру сортів рослин України внесений сорт люпину жовтого – Дарунок Полісся. Ботанічний таксон *Lupinus luteus*, різновид *tasulatus*. Сорт зернофуражного напрямку.

Ключові слова: адаптивність, гібридизація, люпин, сорт, урожайність, алкалоїдність, селекція, стійкість.

Вступ. У сучасних умовах за постійного підвищення цінової політики на енергоносії та інші виробничі ресурси впровадження у виробництво культур, сортів і технологій їх виробництва, які забезпечать економію трудових та енергетичних ресурсів, мінеральних добрив, гербіцидів та інших хімічних засобів захисту рослин, є актуальним питання вирощування кормового люпину [8].

Люпин жовтий (*Lupinus luteus*) – культура бідних ґрунтів. Одним із важливих резервів розвитку біологічного й альтернативного землеробства, підвищення родючості ґрунтів є подальший розвиток люпиносіяння [9]. Але дуже високий агробіологічний його потенціал до теперішнього часу повністю не використовується. Стан люпиносіяння в країні не має тенденції до стабільного зростання.

Сьогодні люпину приділяють усе менше й менше уваги, скорочуються посівні площі, знизилася використання зеленої маси в кормових цілях. Це можна пояснити такими причинами, як висока ціна насіння, мала кількість установ, які займаються селекцією люпину, недостатня кількість насіннєвого матеріалу й, головне, рекомендовані для вирощування сорти люпину нині неповною мірою відповідають попиту виробництва, що зростає [1].

Селекція люпину жовтого активно ведеться в таких країнах, як Україна, Польща, Німеччина тощо. Сьогодні люпин широко використовують в усіх країнах Європи: Австрії, Чехії, Словаччині, Великобританії, Бельгії, Голландії, Данії, Франції (на виноградниках), Італії (на плантаціях маслин і винограду), Скандинавських країнах (як декоративна рослина), при цьому область вирощування доходить до 72 ° пн. ш. за полярним колом [11].

Україна у 2021 році посідала 9-те місце у світовому рейтингу найбільших виробників люпину. За останні 20 років середньорічні темпи падіння посівів під люпином становили 2,54%. У 2021 році загальні світові посівні площі під люпином становили 984,191 тис. га. Найбільше посівних площ під люпином розміщено в Австралії і становить 61,36% від світових площ, а в Україні висівається лише 3,700 тис. га – це 0,38% (таблиця 1, рисунок 1).

Таблиця 1. Площі посіву люпину з 2000 року до 2021 року, за даними FAOstat

Країна	Площа, тис. га	% стосовно світових площ
Австралія	603,941	61,36
Польща	139,120	14,14
Марокко	85,386	8,68
російська федерація	39,896	4,05
Чилі	19,072	1,94
Україна	3,700	0,38
Усього у світі	984,191	100

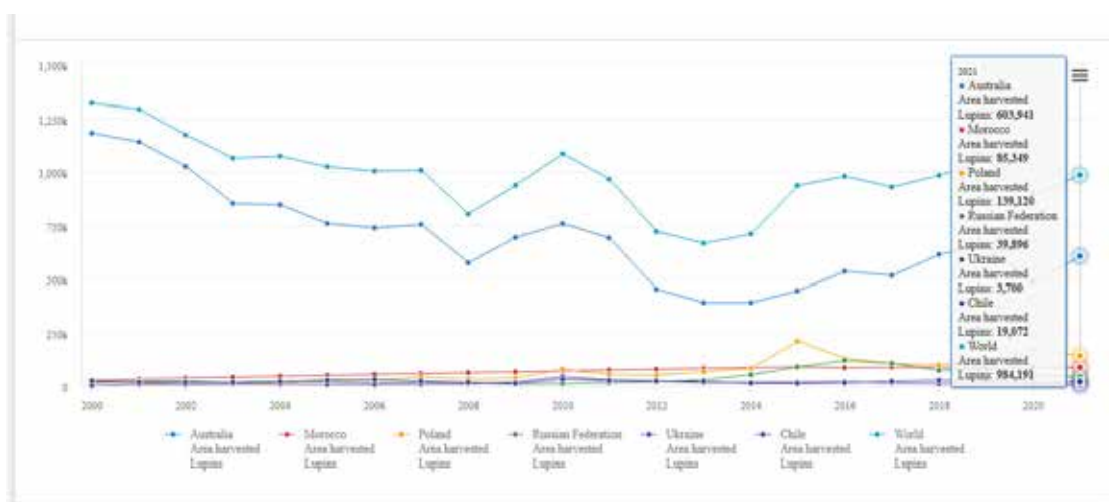


Рис. 1. Площі зібраного врожаю люпину в період із 2000 року до 2021 року, за даними FAOstat

Скорочення посівних площ пояснюється тим, що люпин програє за врожайністю іншим зерновим і зернобобовим культурам і становить лише 1,1–1,9 т/га. Беззаперечним лідером з посіву й виробництва люпину на насіння у світі є Австралія з обсягом виробництва 865,619 тис. т насіння й часткою у світовому виробництві 62,5% [12].

В умовах нестачі органічних добрив, а також високих цін на мінеральні добрива існує попит на насіння люпину, що за вирощування цієї культури як сидеральної в середньому еквівалентно 30–40 тоннам гною на кожному гектарі. Післядія сидерації на 3–4-й рік поступається гною на 15–20%. Останнє є досить актуальним сьогодні, оскільки саме органічних добрив на виробництві не вистачає у зв'язку зі зменшенням тваринництва. Тому створення сортів, стійких проти хвороб, із високою врожайністю зерна й зеленої маси є важливим завданням для рослинництва, у чому й полягає новизна й актуальність селекційної роботи, що проводиться у Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції.

Зростання потреб населення в продуктах харчування, а тваринництва – у кормах зумовлює необхідність важливого народногосподарського завдання – збільшення виробництва й поліпшення якості кормового білка. Розв'язати цю проблему певною мірою в зоні Полісся можна завдяки збільшенню посівних площ під зернобобовими культурами, зокрема люпину.

З розрахунку на 1 кормову одиницю в насінні люпину міститься 265–324 грами перетравного протеїну [3], що у 2,3–2,8 раза більше науково-обґрунтованих зоотехнічних норм у раціонах ВРХ. У сухій речовині нараховується в середньому 16–23 відсотки сирого білка, а при врожаї зеленої маси 40–45,0 т/га вихід його з гектара становитиме 1,2–1,4 тонни.

Результати досліджень свідчать, що врожай озимої пшениці й картоплі підвищується, відповідно, на 1,1–4,3 та 30–40 ц/га порівняно з показниками за іншими попередниками. Рівень урожаю зеленої маси люпину в межах 250 ц/га, за енерго- й ресурсовитратами значно вигідніший, ніж однорічних трав і навіть кукурудзи, не кажучи за якість корму [13]. Жовтий кормовий люпин мало вибагливий до родючості ґрунту. Він добре росте й розвивається на легких дерново-підзолистих, глинисто-піщаних і піщаних ґрунтах, із кислою реакцією ґрунту (рН – 4,5–5,5) і забезпечує при цьому хороші врожаї зерна та зеленої маси.

У сільськогосподарському виробництві використовують три види однорічного люпину: білий (*L. albus*), вузьколистий (*L. angustifolius*) і жовтий (*L. luteus*). Кожен із них має свої біологічні особливості, відрізняється якістю насіння, пристосуванням до певних ґрунтово-кліматичних умов.

Першочерговими завданнями селекції є створення безалкалоїдних, скоростиглих сортів, стабільних за продуктивністю і тривалістю вегетаційного періоду, з покращеними кормовими якостями, підвищеними адаптивними властивостями, стійких до хвороб (антракноз, фузаріоз, вірусні хвороби) [10]. Усе це потребує вдосконалення технологічних прийомів вирощування люпину жовтого кормового в Україні, у зоні Полісся в тому числі [2].

Таким чином, люпин у землеробстві дасть змогу збільшити виробництво дешевого повноцінного екологічно чистого рослинного білка, знизить імпорту модифікованого соєвого білкового компонента.

Мета роботи – створити сорти люпину жовтого за комплексом господарсько-цінних ознак і стійкістю до біотичних та абіотичних факторів в умовах Полісся України.

Матеріали й методи досліджень. Об'єкт досліджень – особливості формування продуктивності насіння селекційного матеріалу та сортів люпину жовтого.

Основним методом селекційної роботи люпину жовтого є гібридизація з наступним індивідуальним та індивідуально-родинним добором у розсадниках.

У процесі виконання роботи будуть застосовуватися спеціальні й загальнонаукові методи досліджень: *польовий метод* – для вивчення взаємозв'язку об'єкта з біотичними й абіотичними факторами в конкретних умовах досліджуваної зони; *вимірні, візуальні* – для вивчення особливостей прояву низки ознак у польових умовах; *лабораторні методи*: морфо-фізіологічний – для визначення біометричних параметрів рослини; хімічний – визначення хімічного складу зерна; фізичний – визначення фізичних показників зерна; *статистичні методи*: дисперсійний; порівняльно-розрахунковий – для з'ясування економічної та енергетичної ефективності технологій вирощування.

Вивчення колекційного матеріалу, селекційний процес і подальша селекційна робота проводяться згідно з методичними вказівками ВІР із зернобобових культур [4–5] та інших методик [6–7]. Опис і вивчення цінних господарських і морфологічних ознак здійснюється відповідно до Методики Державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Зернові, круп'яні та зернобобові [7].

Виклад основного матеріалу дослідження. На початку 60-х років минулого століття посівні площі люпину в Україні займали 214 тис. га, а у 2021 році посівні площі становили лише 3,700 тис. га. Люпин жовтий найбільш сприйнятливий до грибкових і вірусних хвороб, тому сьогодні практично виключений із виробництва.

Люпин жовтий, *Lupinus luteus* – культура легких супіщаних і піщаних ґрунтів. Волинська ДСГДС ІСГ Карпатського регіону НААН розміщена в зоні Західного Полісся України, де переважають легкі супіщані та піщані ґрунти, що найкраще підходить для вирощування люпину жовтого кормового.

У Волинській державній сільськогосподарській дослідній станції більше ніж 60 років займаються питаннями селекції та насінництва жовтого кормового люпину. Виведені та створені такі сорти, як Рокинський-58, Волинський-1, Волинський-82, Максим, Гетьман, Прип'ятський, Світязь. На ці сорти розроблена технологія й сортова агротехніка вирощування їх на зерно та зелений корм. Сорт жовтого кормового люпину Світязь у 2010 році визнано перспективним для поширення на території України на 2011 рік, а у 2012 році занесено до Державного реєстру сортів рослин і визнано Державним стандартом. Наукова робота продовжується й нині. У 2017 році до Реєстру сортів України занесений новий перспективний сорт Лучеськ, а у 2021 році – сорт Дарунок Полісся.

Підсумок селекційної роботи щодо створення нового сорту – це отримання свідоцтва й патенту та внесення його до Державного реєстру сортів України. Тобто сучасному селекціонеру недостатньо створити новий сорт, він має забезпечити об'єкту права інтелектуальної власності належну правову охорону. У таблиці наведено об'єкти права інтелектуальної власності Волинської ДСГДС ІСГ Карпатського регіону НААН і відповідні охоронні документи, що це засвідчують (таблиця 2).

Таблиця 2. Сорти люпину жовтого, об'єкти права інтелектуальної власності Волинської ДСГДС ІСГ Карпатського регіону НААН

Об'єкти права інтелектуальної власності (сорта рослин)	Охоронні документи
Люпин жовтий <i>Світязь</i>	Свідоцтво від 20.12.2011 № 110319; патент від 27.03.2012 № 120260
Люпин жовтий <i>Прип'ятський</i>	Свідоцтво від 01.01.1990 № 08923
Люпин жовтий <i>Лучеськ</i>	Свідоцтво від 15.05.2017 № 170875; патент від 27.10.2017 № 170506
Люпин жовтий <i>Дарунок Полісся</i>	Свідоцтво від 18.01.2021 № 2102247; патент від 28.01.2021 № 2102285

Джерело: складено за матеріалами Волинської ДСГДС ІСГ Карпатського регіону НААН.

Дослідження проводили в тимчасових дослідках лабораторії рослинництва та селекції Волинської ДСГДС ІСГ Карпатського регіону НААН, смт. Рокині, Луцького району, Волинської області. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений дерново-підзолистими супіщаними ґрунтами. Сівозміна 5-пільна, зерново-картопляна,

попередник – зернові. Площа посівної ділянки в конкурсному сорто випробуванні – 9 м², міжряддя – 45 см, повторність чотирикратна.

Селекція жовтого кормового люпину ведеться за такою схемою: колекційний розсадник (розсадник вихідного матеріалу), гібридний розсадник I–III років, селекційний розсадник I–IV років, контрольний розсадник, розсадник попереднього, конкурсного й малого сорто випробувань. Як вихідний матеріал для створення сортів люпину використовувалася колекція генофонду культури, а також власний селекційний матеріал. У всіх розсадниках і сорто випробуваннях за стандарт прийнято сорт Світязь.

Упродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження, аналіз тривалості міжфазних періодів і загального періоду вегетації, визначали вміст алкалоїдів, структурний аналіз, стійкість до вилягання, осипання, посухостійкості, пошкодження хворобами. Вивчення елементів структури врожайності проводили перед збиранням на 10 рослинах у 4-кратній повторності. Облік урожайності зерна проводили за ділянками суцільним методом. Отримані дані піддавали математичній обробці методом дисперсійного аналізу.

Метеорологічні умови в роки випробувань суттєво відрізнялися за температурним режимом і вологозабезпеченістю, що дало можливість провести найбільш повну й об'єктивну оцінку матеріалу за комплексом господарсько-цінних ознак. Загалом погодні умови вегетаційного періоду 2016–2020 років сільськогосподарських культур були специфічними й не завжди сприятливими, особливо для ярих зернових і зернобобових, для формування високих урожаїв рослин (таблиця 3).

Таблиця 3. Середня місячна температура повітря (°C) та місячна кількість опадів (мм) у 2016–2020 роках

	Рік	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Рік
Т, °C	2017 р.	6,1	8,5	14,0	18,8	18,9	20,8	8,2
	2018 р.	6,1	13,6	18,0	19,2	20,1	21,1	9,6
	2019 р.	5,1	10,2	14,6	22,0	19,1	20,4	9,9
	2020 р.	4,9	8,7	11,7	19,6	19,7	20,3	10,3
	Норма	1,1	8,6	14,7	18,2	19,7	19,1	8,2
Опади, мм	2017 р.	41	24	58	38	105	35	689
	2018 р.	41	18	18	66	137	35	703
	2019 р.	25	37	161	41	74	102	784
	2020 р.	16	4	127	164	70	18	586
	Норма	27	39	60	68	76	61	560

Одним із основних напрямів селекції люпину жовтого є підвищення врожайності зерна. Ця ознака й залежить від комплексу біологічних властивостей рослин (елементів структури врожаю, стійкості до хвороб і шкідників, до вилягання, осипання та посухи) і є досить складною. За даними показниками здійснювалося вивчення гібридного матеріалу різних поколінь і порівняння їх із батьківськими формами, адже вони досить часто корелюють між собою. Одержаний гібридний матеріал поліпшувався за комплексом господарсько-цінних ознак у гібридному й селекційному розсадниках різних років. Індивідуальний та індивідуально-родинний добір із гібридних популяцій проводився на основі аналізу мінливості й успадкування кількісних і якісних ознак.

У розсаднику конкурсному сорто випробування за 2016–2020 роки досліджено 82 номери. У конкурсному розсаднику висівали насіння найкращих номерів, які відібрані в контрольному та попередньому сорто випробуванні. Стандарт – сорт Світязь – висівали через кожні 5 номерів. Проводився аналіз на алкалоїдність: алкалоїдних рослин не виявлено. У таблиці 4 наводиться характеристика селекційного матеріалу за основними господарсько-цінними ознаками.

Аналіз господарсько-цінних ознак перспективних ліній люпину жовтого свідчить, що між продуктивністю бобів, кількістю в них насінин і масою 1000 зерен існує тісна залежність. За врожайністю зерна досліджуваних генотипів у середньому за звітні роки сорт-стандарт з урожайністю 1,98 т/га перевищив майже всі номери, окрім гібридних комбінацій під польовими номерами 45 і 48, де врожайність була близькою до врожайності зерна стандарту (+0,10, +0,01 т/га відповідно). Середня врожайність зерна в розсаднику становила 1,85 т/га. Висота рослин коливалася в межах 54,2–57,7 см.

Найвища середня врожайність зеленої маси за роки дослідження в розсаднику конкурсному сорто випробування була в стандарті й польового номера 49 і становила 46,6 т/га, середня врожайність у розсаднику – 42,1 т/га, яку не перевищили вісім польових номерів – 44, 45, 46, 51 (-0,1, -1,5, -0,2, -1,3 т/га до середнього врожаю по розсаднику). Середній збір сухої речовини по розсаднику конкурсному сорто випробування становить 6,0 т/га, процентний вміст – 14,2%. Максимальний збір сухої речовини містив стандарт сорт Світязь – 7,0 т/га.

Фітопатологічна оцінка проводилася за найбільш поширеними і шкодочинними хворобами жовтого кормового люпину в агрокліматичних умовах Західного Полісся України, а саме: фузаріозним в'яненням, антракнозом і вузьколистістю.

У результаті проведення фітопатологічної оцінки в конкурсному розсаднику за стійкістю до фузаріозу виділили такі селекційні зразки: (Новозибківський × Кастрічник) × Волинський 1; (Новозибківський × Кастріч-

Таблиця 4. Характеристика перспективних селекційних ліній люпину жовтого в конкурсному розсаднику, середнє за 2016–2020 роки

Польовий №	Назва сорту, гібриду	Висота рослин при дозріванні, см	Маса 1000 зерен, г	Урожайність зерна, т/га
35	Світязь st.	57,7	141	1,98
36	Золотистий х Новозибківський	55,6	118	1,63
41	Прип'ятський х Пружанський	54,8	146	1,88
42	(Флагман х Кастрічник) х Волинський 1	54,8	132	1,88
43	Кастрічник х Прип'ятський	55,8	127	1,75
44	(Золотистий х Новозибківський) х Детер 122	55,5	126	1,86
45	(Новозибківський х Кастрічник) х (Л.7143 х Дукач) х Л.6002	54,2	126	2,08
46	(Новозибківський х Кастрічник) х Волинський 1	56,5	138	1,84
47	(Новозибківський х Кастрічник) х Лінія 815	56,2	131	1,83
48	(Новозибківський х Кастрічник) х (Гібр. 2057 х Київський)	55,6	116	1,99
49	(Новозибківський х Прип'ятський)	55,4	115	1,87
50	Берлюта х (Волинський 82 х Прип'ятський) х Чернігівець	58,3	114	1,73
	НР ₀₅			0,30=0,15%

нік) х (Л.7143 х Дукач) х Л.6002; (Крок х Прип'ятський) х (Детер х Волинський 82) тощо, у яких розвиток хвороби не перевищував 10,5%. Варто відзначити, що дані селекційні комбінації виявилися стійкими до ураження антракнозом. Розвиток хвороби цих зразків був на рівні зі стандартом: Світязь не перевищував п'ять відсотків.

В умовах досліджуваних років більшість номерів у конкурсному розсаднику були стійкими й відносно стійкими й до вірусної вузьколистості (9–7 балів). Зокрема, варто відмітити, що за останні 2016–2020 роки досліджень значно знизилися показники ураження рослин вірусними хворобами, це пов'язано із жорсткою браковою селекційного матеріалу та дотриманням технології вирощування. Поширення хвороби в селекційному розсаднику становило 3,1–11,8%. Ураження рослин вірусними хворобами в зоні проведення спостережень зазвичай має епізодичний характер, роки дослідження не були винятком.

Таким чином, зважаючи на результати проведених досліджень, доцільно продовжити розмноження окремих селекційних номерів, ураховуючи їх продуктивні та якісні показники, розмноження до запланованих об'ємів і провести передачу кращого номера до Українського інституту експертизи сортів рослин на Державне сортопробування.

Волинська ДСГДС ІСГ Карпатського регіону НААН у 2021 році отримала охоронні документи на новий сорт – Дарунок Полісся. Ботанічний таксон *Lupinus luteus*. Різновидність *maculatus*. Сорт зернофуражного напрямку.

Особливістю нового сорту є менший вегетаційний період росту й розвитку рослин. Довжина періоду сходи-стиглість у середньому за роки досліджень становила 88–95 днів, у сорту Світязь – 95–100 днів. За висотою рослин сорт Дарунок Полісся належить до групи низкорослих, довжина стебла становить 68–72 см (таблиця 5).

Темпи росту й розвитку рослин сорту Дарунок Полісся виявили реакції на основні прийоми вирощування. Вивчення нового сорту люпину жовтого Дарунок Полісся на сортодільницях України показало, що середня врожайність насіння становила 1,17 т/га в зоні Полісся й 1,62 т/га в зоні Лісостепу, що на 0,13 т/га вище умовно стандарту.

Таблиця 5. Порівняльна характеристика сортів люпину жовтого Волинської ДСГДС ІСГ Карпатського регіону

№ з/п	Сорт	Веgetаційний період, днів	Висота, см	Маса 1000 насінин, г	Урожайність, т/га
1	Світязь st.	95–100	68–75	87–152	1,6–2,4
2	Прип'ятський	74–95	60–62	95–104	1,6–2,7
3	Лучеськ	85–95	70–90	95–110	1,5–2,2
4	Дарунок Полісся	88–95	68–72	132–140	1,6–2,3

Для люпину важливою ознакою є наявність чи відсутність алкалоїдів у рослині й насінні. Від цього залежить напрям використання люпину – сидеральний чи кормовий. Сорти люпину жовтого Дарунок Полісся алкалоїдів у зерні не містять, а в зеленій масі не перевищують 0,0154%. Сорт можна використовувати в зерновому й фуражному напрямі.

Висновки. Таким чином, довгостроковий і різнобічний аналіз біологічних властивостей і фізіологічних особливостей селекційного матеріалу уможливив створити та виділити найбільш продуктивні гібридні комбі-

нації, які включаються до програми із селекції нових високопродуктивних сортів люпину жовтого із заданими параметрами господарсько-цінних ознак. Селекційна робота Волинської ДСГДС ІСГ Карпатського регіону спрямована на створення сортів, які б давали значну прибавку зерна й зеленої маси та були стійкими проти основних хвороб.

У 2021 році до Державного реєстру сортів рослин України внесено сорт люпину жовтого універсального використання Дарунок Полісся. Люпин у землеробстві дає змогу збільшити виробництво дешевого, повноцінного екологічно чистого рослинного білка, водночас знизити імпорт соєвого білкового компонента.

Отже, створення нових сортів люпину, зокрема за комплексним поєднанням ознак і їх високими значеннями, має перспективу для підвищення ефективності виробництва білка та протеїну, родючості ґрунту в Україні.

Список використаних джерел

1. Бардаков А. Г., Рибалко Я. М., Сипливець О. М., Клочко А. А. Люпиносіяння слід відроджувати. *Насінництво*. 2004. № 2. С. 18–21.
2. Вирощування і використання люпину в господарствах Чернігівської області : практичні рекомендації / уклад. : І.В. Гриник, М.І. Колеснікова, А.Г. Бардаков. Чернівці : ЦНТЕІ, 2004. 40 с.
3. Гонга А.І. Жовтий люпин – високоякісний корм і резерв білка. Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. збірник. Вінниця, 2004. № 53. С. 99–103. URL: http://fri.vin.ua/download_materials/catalogues/53.pdf (дата звернення: 05.04.2023).
4. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reestr-sortiv-roslin> (дата звернення: 05.04.2023).
5. ДСТУ 4827:2007 «Люпин кормовий. Технічні умови» : Держспоживстандарт України, 2007. URL: https://bzkorm.com/wp-content/uploads/2021/09/dstu_48272007_liupin_kormovii_tekhnichni_umovi-obr-razblokirovan.pdf (дата звернення: 05.04.2023).
6. Методика Державного сортопробування сільськогосподарських культур. Зернові, круп'яні та зернобобові. Київ : Алефа, 2001. 68 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f413bb9be6.pdf> (дата звернення: 05.04.2023).
7. Методика проведення експертизи сортів на відмінність, однорідність, стабільність (ВОС): (Зернові і круп'яні культури) / Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин ; підгот. : Є.В. Андрищенко та ін. ; під заг. ред. В.В. Волкодава. Київ : [б. в.], 2000. 102 с.
8. Мойсієнко В.В. Наукові здобутки та перспективи вирощування люпину кормового в Україні. *Вісник ЖНАЕУ*. 2014. № 2 (42). Т. 1. С. 112–125.
9. Пида С.В. Значення люпину в біологічному землеробстві. *Агроекологічний журнал*. 2002. № 4. С. 39–45.
10. Солодюк Н.В., М'ясоїдова Н.С. Алкалоїдність та кормова цінність люпину. Київ : Укр. НДІ НТМ, 1971. 21 с.
11. Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Полішук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Монографія. Вінниця: Видавець ТОВ «Друк», 2022. 770 с. URL: <http://repository.vsa.org/getfile.php/31996.pdf> (дата звернення: 05.04.2023).
12. Crops production / FAOSTAT, 2023. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/TCL> (date of access: 05.04.2023).
13. Kurlovich B.S. Lupins (Geography, classification, genetic resource sandbreeding). OY International North Express. Pelloniemi, Finland, 2002. 468 p. URL: <https://books.google.com.ua/books?id=gObCswRkeOUC&pg=PR2&lpg=PR2&dq> (date of access: 05.04.2023).

Nychporuk O. O.

Head of the Plant Breeding and Selection Laboratory,
Volyn State Agricultural Research Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region
of the National Academy of Sciences of Ukraine
Rokyny, Ukraine
E-mail: olenkada@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0580-672X

Puzniak O. M.

Candidate of Biological Sciences,
Deputy Director for Scientific Work,
Volyn State Agricultural Research Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region
of the National Academy of Sciences of Ukraine
Rokyny, Ukraine
E-mail: oksana.puzniak@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2148-2729

ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF YELLOW LUPINE BREEDING IN THE CONDITIONS OF POLISSIA OF UKRAINE

Abstract

Yellow lupine *Lupinus luteus* is a culture of light sandy and sandy soils. The Volyn DSGDS of the ISG of the Carpathian region of the National Academy of Sciences is located in the Western Polissia zone of Ukraine, where light sandy and sandy soils prevail, which

is best suited for growing yellow fodder lupine. For more than 60 years, the Volyn Agricultural Research Station has been dealing with issues of selection and seed production of yellow fodder lupine. Scientific work continues to this day. The collection of the culture's gene pool, as well as its own breeding material, was used as the starting material for the creation of lupine varieties. In all nurseries and variety tests, the Svityaz variety is accepted as the standard. 82 numbers were studied in the nursery of the competitive variety test for the years 2016–2020. In the competition nursery, the seeds of the best numbers, which were selected in the control and preliminary variety tests, were sown. The standard – the Svityaz variety – was sown every 5 numbers. Alkaloid analysis was carried out – no alkaloid plants were found. In terms of grain yield of the studied genotypes, on average over the reporting years, the standard variety with a yield of 1.98 t/ha exceeded almost all numbers, except for hybrid combinations under field numbers 45 and 48, where the yield was close to the standard grain yield (+0.10, +0.01 t/ha respectively). The average grain yield in the nursery was 1.85 t/ha. The height of the plants ranged from 54.2 to 57.7 cm. As a result of the phytopathological evaluation in the competitive nursery for resistance to *Fusarium* wilt and viral narrow-leaved. The breeding work of the Volyn DSGDS ISG of the Carpathian region of the National Academy of Sciences is aimed at creating varieties that would give a significant increase in grain and green mass and be resistant to major diseases and the introduction into production of new domestic high-yielding varieties of yellow lupine adapted to the conditions of the Western Polissia of Ukraine. In 2021, the yellow lupine variety – DarunokPolissya was entered into the State Register of Plant Varieties of Ukraine. Botanical taxon *Lupinus luteus* Species *maculatus*. A variety of grain and fodder direction.

Key words: adaptability, hybridization, lupine, variety, yield, alkaloidal, selection, resistance.

References

1. Bardakov, A.H., Rybalko, Ya.M., Syplyvets, O.M., & Klochko, A.A. (2004). Liupynosiannia slid vidrodzhuvaty. *Nasinystvo [Lupine planting should be revived]*, 2, 18–21 [in Ukrainian].
2. Vyroshchuvannya i vykorystannya liupynu v hospodarstvakh Chernihivskoi oblasti (2004) [Cultivation and use of lupine in farms of the Chernihiv region]: praktychni rekomendatsii; [uklad.: I.V. Hrynyk, M.I. Kolesnikova, A.H. Bardakov]. Chernihiv: TsNTEI. 40 s. [in Ukrainian].
3. Honta, A. I. (2004). Zhovtyi liupyn – vysokoiakisnyi korm i rezerv bilka [Yellow lupine – high-quality feed and protein reserve]. *Kormy i kormovyrobnytsvo : mizhvid. temat. nauk. zb. Vinnytsia*. № 53. S. 99–103. Retrieved from: http://fri.vin.ua/download_materials/catalogues/53.pdf [in Ukrainian].
4. Derzhavnyi reistr sortiv Roslyn prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini. [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine]. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/rejestr-sortiv-roslyn> [in Ukrainian].
5. Derzhspozhyvstandart Ukrainy (2007); DSTU 4827:2007 «Liupyn kormovyi. Tekhnichni umovy» [DSTU 4827:2007 «Fodder lupine. Technical conditions»]. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. Retrieved from: https://bzform.com/wp-content/uploads/2021/09/dstu_48272007_liupin_kormovii_tekhnichni_umovi-obr-razblokirovan.pdf [in Ukrainian].
6. Metodyka Derzhavnoho sortovyprobuvannya silskohospodarskykh kultur. Zernovi, krupiani ta zernobobovi. Kyiv: Alefa, 2001. 68 s. Retrieved from: URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f413bb9be6.pdf> [in Ukrainian].
7. Metodyka provedennia ekspertyzы sortiv na vidminnist, odnoridnist, stabilnist (VOS): (Zernovi i krupiani kultury) / Derzh. komis. Ukrainy po vyprobuvanniu ta okhoroni sortiv roslyn; pidhot.: Ye.V. Andriushchenko ta in.; pid zah. red. V.V. Volkodava. K. : [b. v.], 2000. 102 s. [in Ukrainian].
8. Moisiienko, V.V. (2014). Naukovi здобутки та перспективи vyroshchuvannya liupynu kormovoho v Ukraini [Scientific achievements and prospects of forage lupine cultivation in Ukraine]. *Visnyk ZhNAEU*. № 2 (42) т.1. S. 112–125 [in Ukrainian].
9. Pyda, S.V. (2002). Znachennia liupynu v biolohichnomu zemlerobstvi [Znachennia liupynu v biolohichnomu zemlerobstvi]. *Ahroekolohichniy zhurnal*. № 4. S. 39–45 [in Ukrainian].
10. Solodyuk, N.V., & Myasoedova, N.S. (1971). Alkaloidnost i kormovaya tsennost lyupina [Alkaloidity and feed value of lupine]. Kiev: Ukr. NII NTM. 21 s. [in Ukrainian].
11. Tsytsiura, Ya.H., Neilyk, M.M., Didur, I.M., & Polishchuk, M.I. (2022). Syderatsiia yak bazova skladova biolohizatsii suchasnykh system zemlerobstva [Sideration as the basic component of biologization of modern farming systems]. Monohrafiia. Vinnytsia: Vydavets TOV «Druk». 770 s. Retrieved from: <http://repository.vsau.org/getfile.php/31996.pdf> [in Ukrainian].
12. Crops production [Electronic resource] / FAOSTAT, 2023. Retrieved from: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/TCL> (Date of access: 05.04.2023) [in Ukrainian].
13. Kurlovich, B.S. (2002). Lupins (Geography, classification, genetic resource and breeding). OY International North Express. Pellosoiniemi, Finland. 468 p. Retrieved from: <https://books.google.com.ua/books?id=gObCswRkeOUC&pg=PR2&lp-g=PR2&dq> [in Ukrainian].

УДК 635.34/36«324»:631.82/87:631.543

Овчарук В. І.

заслужений діяч науки і техніки України,
доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: plsrg@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2115-0916

Козіна Т. В.

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

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПІД ПОСІВИ ОЗИМИХ КАПУСТЯНИХ КУЛЬТУР

Анотація

У статті наведено результати наукових досліджень з вивчення впливу особливостей застосування орґано-мінеральних добрив на продуктивність посівів озимого ріпаку й суріпиці, які значною мірою залежать від родючості ґрунту та ґрунтово-кліматичних умов. За результатами досліджень встановлено, що на дерново-підзолистому середньо-суглинковому ґрунті врожайність зеленої маси озимого ріпаку сорту Дембо, зібраної у фазі цвітіння, на контрольній ділянці (без унесення добрив) становила 19,2 т/га, тоді як на варіанті з унесенням мінеральних добрив к дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг/га діючої речовини – 28,1 т/га, а на варіанті $N_{180}P_{90}K_{90}$ – 40,3 т/га відповідно. Нашими розрахунками якісних показників встановлено збір кормових одиниць – 4,6–4,8 т/га, перетравного протеїну – 0,52 т/га при забезпеченні однієї кормової одиниці 131–132 г протеїну.

Урожайність зеленої маси сорту Черемош на контрольній ділянці (без унесення добрив) становила 21,4 т/га, на варіантах з унесенням мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 32,3 т/га, а в дозі $N_{180}P_{90}K_{90}$ – 42,6 т/га з умістом протеїну 138–142 г однієї кормової одиниці.

Визначено, що застосування мінеральних добрив впливало на врожайність і якість зеленої маси суріпиці озимої (звичайної) сорту Оріана. Так, на ділянці без унесення мінеральних добрив урожайність становила 29,6 т/га. При внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{180}P_{90}K_{90}$ урожайність зеленої маси становила 39,6 т/га з умістом протеїну в зеленій масі 2,8–3,1%, а на варіанті $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 35,8 т/га. Використання мінеральних добрив дало змогу отримати прибавку врожайності зеленої маси суріпиці озимої сорту Раміра на рівні 3,5 т/га на варіанті $N_{90}P_{90}K_{90}$, а на варіанті $N_{180}P_{90}K_{90}$ – 7,6 т/га з умістом протеїну 2,2–2,8% порівняно з контролем (без унесення добрив) 24,3 т/га.

Таким чином, ефективність використання орґано-мінеральних добрив на посівах озимого ріпаку й суріпиці значною мірою залежить від дози, строків і способів їх унесення.

Ключові слова: озимий ріпак, озима суріпиця, мінеральні добрива, органічні добрива, азот, фосфор, калій.

Вступ. У забезпеченні тваринництва високопоживними зеленими кормами важлива роль належить посівам озимих капустяних культур, які за рахунок нових сортів і гібридів дають можливість більш ефективно використати агрометеорологічні ресурси у відповідній ґрунтово-кліматичній зоні та подовжити надходження зелених кормів в осінній період [5].

Виходячи з положення, що основним джерелом живлення рослин є макро- та мікроелементи, то одним із засобів підвищення його коефіцієнта корисної дії, який забезпечує одержання високого біологічного й господарського врожаю є удобрення [6].

Озимі капустяні культури: озимий ріпак, озима суріпиця – виносять із ґрунту багато поживних речовин і можуть знижувати родючість ґрунту, якщо під них не вносити добрив. Саме тому під ці культури обов'язкове внесення органічних і мінеральних добрив. Унесення органічних добрив посилює мікробіологічну діяльність у ґрунті й забезпечує приземний шар повітря вуглекислим газом. Під ці культури рекомендується вносити за наявності такі органічні добрива: гній, перегній, торфокомпости, гноївку. Різні види органічних добрив характеризуються неоднаковим умістом поживних речовин, із них гній і торфогноєві компости рекомендується здебільшого вносити під основний обробіток ґрунту – оранку [1].

Мінеральні добрива варто застосовувати під посіви озимих капустяних культур з метою приросту врожаю на достатньо зволжених ґрунтах. Усі види азотних добрив уносити безпосередньо з одночасним закладенням

у ґрунт, фосфорні й калійні добрива під основний обробіток ґрунту – оранку або культивування. Дози і співвідношення мінеральних добрив будуть залежати від запланованого врожаю зеленої маси, умісту поживних речовин у ґрунті й попередників [3].

У зв'язку зі зміною сучасних погодно-кліматичних умов великої шкоди зазнають рослини озимих капустяних культур від періодично підвищених температур і зменшення кількості випадання опадів за вегетаційний період, що завдає великих утрат урожайності й потребує вивчення особливостей застосування органо-мінеральних добрив і наукового обґрунтування норм унесення їх [8].

Науковці на основі глибокого науково-практичного вивчення стверджують, що на початку розвитку кореневої системи молоді озимі капустяні рослини краще засвоюють азот, дещо гірше фосфор і калій. При тривалому зниженні температури ґрунту й повітря погіршується засвоєння фосфору, що негативно впливає на ріст і розвиток рослин. Найбільшу кількість поживних речовин із ґрунту, зокрема азоту, рослини виносять у період максимального середньодобового приросту надземної маси. Також ріст і розвиток рослин краще відбувається, якщо в ґрунті є достатня кількість усіх елементів живлення. Нестача одного з них послаблює дію інших. Азот посилює ріст вегетативної маси озимих капустяних культур, проте надмірне надходження його в рослини призводить до зниження кормової цінності продукції. Фосфор сприяє нагромадженню якісних показників зеленої маси, калій підвищує холодостійкість і стійкість рослин проти хвороб [7; 10].

Також науковці визначили, що для озимих капустяних культур велике практичне значення має обґрунтування доз і строків унесення добрив, ці потреби визначаються за допомогою агрохімічних аналізів, польових і вегетаційних дослідів, аналізу ґрунту й зеленої маси [2; 9].

Таким чином, удосконалення традиційних і запровадження сучасних елементів технологій вирощування озимих капустяних культур з метою отримання високої врожайності зеленої маси є дуже актуальними.

Мета роботи полягає у вивченні продуктивності посівів озимих капустяних культур (ріпаку та суріпиці) від застосування органо-мінеральних добрив в умовах західного Лісостепу.

Методика дослідження. Упродовж 2022–2024 рр. проводилися польові дослідження з вивчення особливостей застосування органо-мінеральних добрив під посіви озимого ріпаку та суріпиці на дослідних полях ПФ «Богдан і К» Снятинського району, Івано-Франківської області.

Ґрунт дослідних ділянок дерново-підзолистий, середньосуглинковий, поверхнево оглеєний. Орний шар характеризується такими агрохімічними показниками: уміст легкогідролізованого азоту – 67–76 мг/кг ґрунту (за Корнфілдом); рухомого фосфору – 118–124 мг/кг; обмінного калію – 108–113 мг/кг (за Чириковим); рН сол – 4,54–5,20 (потенціометричним методом); уміст гумусу – 3,05–3,39% (за Тюрнімом).

Дослідження проводилися на основі загальноприйнятих методичних рекомендацій постановки польових дослідів. Методи дослідження загальноприйняті: польовий – візуальний – для встановлення фенологічної змінності рослин; вимірювально-ваговий – для визначення сухої речовини й інших якісних показників у триразовій повторності. Загальна площа посівної ділянки – 70 м², облікової – 50 м².

В експериментальних дослідженнях використовувалися сорти ріпаку озимого й суріпиці, які занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Сорти ріпаку озимого – Дембо й Черемош; суріпиці озимої – Оріана й Раміра, які створені українськими селекціонерами [4].

Виклад основного матеріалу дослідження. Забезпеченість посівів озимих капустяних культур поживними речовинами й підтримка ґрунтової родючості здійснюється внесенням органо-мінеральних добрив. Від нестачі одного з елементів живлення порушується ріст і розвиток рослин. Правильний вибір доз унесених добрив має велике практичне значення при вирощуванні озимого ріпаку й озимої суріпиці. При цьому враховується потреба рослин у поживних речовинах, ґрунтові умови й величина запланованого врожаю.

Ефективність застосування добрив, крім того, визначається багатьма іншими факторами: вологозабезпеченістю, рівнем технології вирощування, біологічними особливостями видів рослин і сортів, фізичним станом ґрунту, а також забезпеченістю їх рухомими поживними речовинами й мікроелементами.

Польовими дослідженнями встановлено, що продуктивність посівів капустяних культур значною мірою залежить від забезпечення їх азотом у період утворення весняної розетки листків-бутонізація, за який вони використовують 65–70% загальної його потреби. Також відзначено, що після відновлення весняної вегетації для формування врожаю зеленої маси 25–30 т/га, урахувавши попередник – зернові культури, варто вносити азот (N_{60-90}), фосфор і калій ($P_{60}K_{90}$) під основний обробіток ґрунту – оранку.

Озимі капустяні культури – ріпак озимий, суріпиця – чутливі на внесення органічних і мінеральних добрив. Установлено, що свіже органічне добриво затримує формування зеленої маси й погіршує її якість. Тому свіжозібраний гній уносили під попередник, при цьому повторне розміщення культур на цьому полі допустиме тільки через 5–6 років. На експериментальній дослідній ділянці ґрунт обробляли в день звільнення від попередника: перше – важкими дисковими боронами на глибину 8–10 см з наступним боронуванням та ущільненням кільцями-зубчастими котками; друге – на глибину 10–12 см. У роки з достатньою вологістю ґрунту проводили оранку на глибину 20–22 см, а в роки з нестійким зволоженням застосовували поверхневий обробіток важкими дисковими боронами на глибину 8–10 см. Також встановлено, що озимі капустяні культури виносять із ґрунту у 2–2,5 рази більше поживних речовин порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами.

За результатами досліджень встановлено, що на дерново-підзолистому середньо-суглинковому ґрунті врожайність зеленої маси озимого ріпаку сорту Дембо, зібраної у фазі цвітіння, на контрольній ділянці (без унесення добрив) становила 19,2 т/га, тоді як на варіанті з унесенням мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг/га діючої речовини – 28,1 т/га, а на варіанті $N_{180}P_{90}K_{90}$ – 40,3 т/га відповідно (рис. 1).

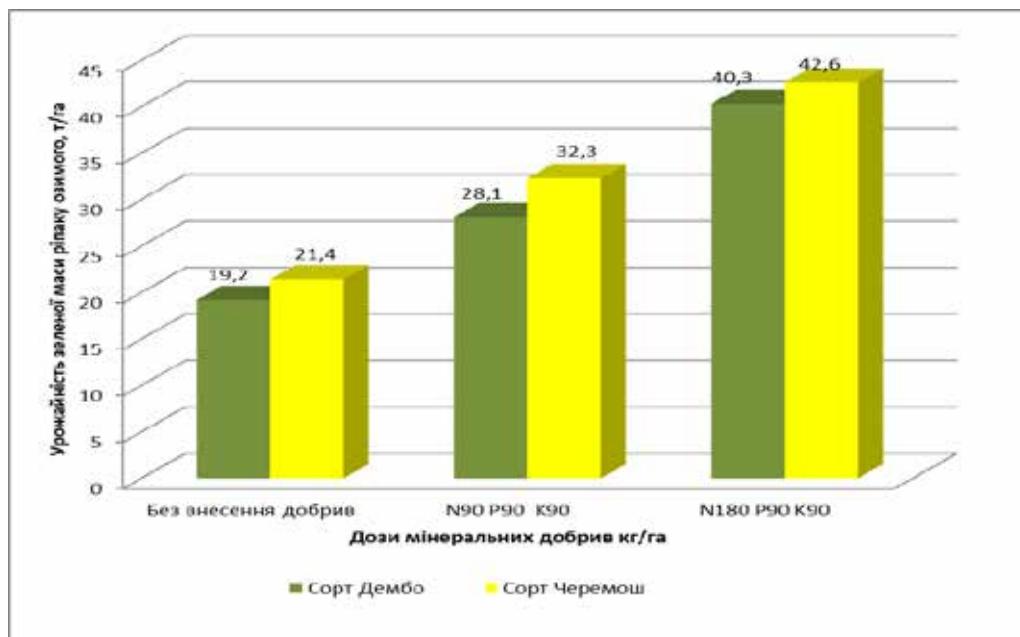


Рис. 1. Динаміка врожайності зеленої маси ріпаку озимого залежно від сорту й мінеральних добрив (середнє за 2022–2024 роки)

За допомогою розрахунків якісних показників встановлено збір кормових одиниць – 4,6–4,8 т/га, перетравного протеїну – 0,52 т/га при забезпеченні однієї кормової одиниці 131–132 г протеїну.

Урожайність зеленої маси сорту Черемош на контрольній ділянці (без унесення добрив) становила 21,4 т/га, на варіантах з унесенням мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 32,3 т/га, а в дозі ($N_{180}P_{90}K_{90}$) – 42,6 т/га з умістом протеїну 138–142 г однієї кормової одиниці.

Також з'ясовано, що застосування мінеральних добрив впливало на урожайність і якість зеленої маси суріпиці озимої (звичайної) сорту Оріана. Так, на ділянці без унесення мінеральних добрив урожайність становила 29,6 т/га (рис. 2). При внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{180}P_{90}K_{90}$ урожайність зеленої маси становила 39,6 т/га з умістом протеїну в зеленій масі 2,8–3,1%, а на варіанті $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 35,8 т/га.

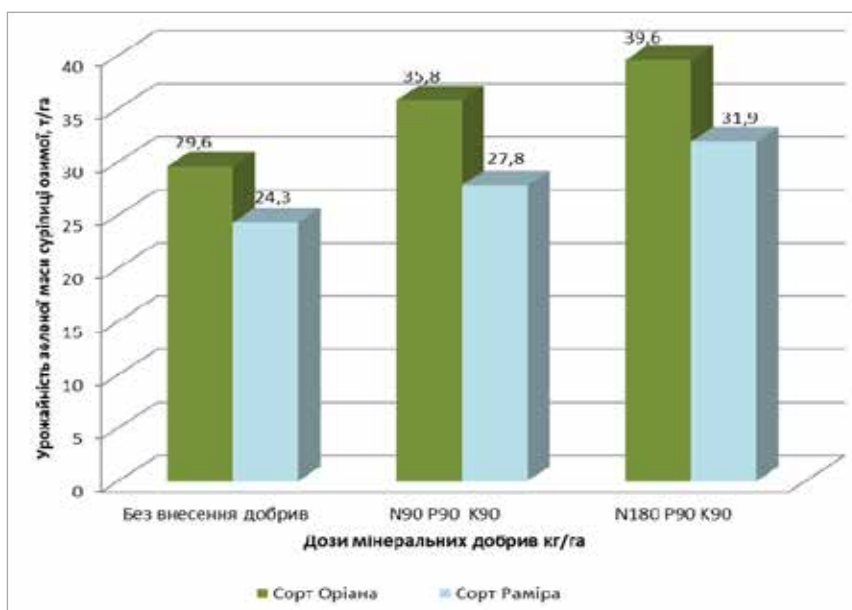


Рис. 2. Динаміка врожайності зеленої маси суріпиці озимої залежно від сорту й мінеральних добрив (середнє за 2022–2024 роки)

Використання мінеральних добрив дало змогу отримати прибавку врожайності зеленої маси суріпиці озимої сорту Раміра на рівні 3,5 т/га на варіанті $N_{90}P_{90}K_{90}$, а на варіанті $N_{180}P_{90}K_{90}$ – 7,6 т/га і вмістом протеїну – 2,2–2,8% порівняно з контролем (без унесення добрив) 24,3 т/га.

Висновки. В умовах західного Лісостепу на дерново-підзолистому ґрунті застосування мінеральних добрив дає значне підвищення врожайності зеленої маси озимих капустяних культур. Найвищу урожайність озимого ріпаку сорту Дембо отримали на варіанті $N_{180}P_{90}K_{90}$ кг/га діючої речовини – 40,3 т/га зі збором кормових одиниць 4,8 т/га, сорту Черемош – 42,6 т/га з умістом протеїну 138–142 г однієї кормової одиниці. Аналогічні показники підвищення врожайності зеленої маси відмічали й у суріпиці озимої на варіантах із застосуванням мінеральних добрив у дозі $N_{180}P_{90}K_{90}$ кг/га. Так, у сорту Оріана врожайністю зеленої маси становила 39,6 т/га з умістом протеїну в зеленій масі 2,8–3,1%, сорту Раміра – 31,9 т/га з умістом протеїну 2,2–2,8%.

Список використаних джерел

1. Абрамик М.І., Кифорук І.М., Мазур В.М. Рекомендації з вирощування ріпаку озимого / Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція ІСГКР НААН. Івано-Франківськ, 2012. 23 с.
2. Господаренко Г.М., Карнаух О.Б. Мікроелементи і добрива в живленні рослин : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : Рута, 2020. 348 с.
3. Гусев М.Г., Коковіхін С.В., Пелих І.Я. Ріпак – перспективна кормова й олійна культура на півдні України. Вінниця, 2011. 160 с.
4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні / Міністерство аграрної політики та продовольства України. 2025. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reystir-sortiv-roslin>.
5. Квітко Г.П., Гетман Н.Я. Агробіологічне обґрунтування ефективного використання ріллі при виробництві кормів в системі зеленого конвеєра правобережного Лісостепу. *Збірник наукових праць Вінницького ДАУ*. 2002. Вип. 12. С. 68–71.
6. Мойсієнко В.В., Панчишин В.З., Стоцька С.В. Урожайність сумішок вівса з капустяними культурами залежно від удобрення в умовах Полісся. *Наукові горизонти*. 2018. № 1 (64). С. 3–9.
7. Петерс Я. Мікроелементи в живленні озимих. Доцільність застосування. *Агроном*. 2021. № 2. С. 34–36. URL: <https://www.agronom.com.ua/mikroelementy-v-zhyvlenni-ozymyh-dotsilnist-zastosuvannya/>.
8. Поляков О.І., Вахненко С.В., Тараненко С.В. Вплив мінерального живлення та застосування ретарданту на ріст, розвиток та врожайність озимого ріпаку. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН : періодичне наукове фахове видання (сільськогосподарські науки)*. 2013. Вип. 19. С. 84–89.
9. Царук І.В., Рахметов Д.Б. Екологічна пластичність та стабільність продуктивності озимих капустяних культур під впливом елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків : збірник наукових праць*. Київ : ФОП Корзун Д.Ю., 2021. Вип. 30. С. 105–111. URL: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268948>.
10. Шувар І. Збільшення продуктивності українських ланів. *Аробізнес сьогодні*. 2011. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/165-zbilshennia-produktyvnosti-ukrainskykh-laniv.html>.

Ovcharuk V. I.

*Honored Worker of Science and Technology of Ukraine,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Professor at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: plspg@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2115-0916*

Kozina T. V.

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Doctoral Student, Assistant at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher Educational Institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: tana_olena@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9376-607X*

FEATURES OF THE APPLICATION OF ORGANO-MINERAL FERTILIZERS FOR SOWING WINTER CABBAGE CROPS

Abstract

The article presents the results of scientific research on the impact of the application of organo-mineral fertilizers on the productivity of winter rapeseed and buttercup crops, which largely depend on soil fertility and soil and climatic conditions of the research. According to the results of the research, it was found that on sod-podzolic medium loam soil, the yield of green mass of winter rapeseed of the Dembo variety, harvested in the flowering phase, on the control plot (without fertilizer application) was 19.2 t/ha, while on the variant with the application of mineral fertilizers at a dose of $N_{90}P_{90}K_{90}$ kg/ha of active substance – 28.1 t/ha, and on the

variant $N_{180}P_{90}K_{90}$ – 40.3 t/ha, respectively. Our calculations of quality indicators established the collection of feed units – 4.6–4.8 t/ha, digestible protein – 0.52 t/ha, while providing one feed unit with 131–132 g of protein.

The yield of green mass of the Cheremosh variety on the control plot (without fertilizer application) was 21.4 t/ha, on the variants with the application of mineral fertilizers at a dose of $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 32.3 t/ha, and at a dose of $N_{180}P_{90}K_{90}$ – 42.6 t/ha, with a protein content of 138–142 g per feed unit.

It was determined that the use of mineral fertilizers affected the yield and quality of green mass of winter (ordinary) sorghum of the Oriana variety. So, on the plot without mineral fertilizers, the yield was 29.6 t/ha. When applying mineral fertilizers at a dose of $N_{180}P_{90}K_{90}$ the yield of green mass was 39.6 t/ha with a protein content in green mass of 2.8–3.1%, and with the $N_{90}P_{90}K_{90}$ variant – 35.8 t/ha. The use of mineral fertilizers allowed to obtain an increase in the yield of green mass of winter ryegrass of the Ramira variety at the level of 3.5 t/ha on the $N_{90}P_{90}K_{90}$ variant, and on the $N_{180}P_{90}K_{90}$ variant – 7.6 t/ha and a protein content of 2.2–2.8% compared to the control (without fertilizer application) of 24.3 t/ha. Thus, the effectiveness of using organo-mineral fertilizers on winter rapeseed and buttercup crops largely depends on the dose, timing, and methods of their application.

Key words: winter rapeseed, winter rapeseed, mineral fertilizers, organic fertilizers, nitrogen, phosphorus, potassium.

References

1. Abramyk, M.I., Kyforuk, I.M., & Mazur, V.M. (2012). Rekomendatsiyi z vyroshchuvannya ripaku ozymoho [Recommendations for growing winter rapeseed]. Prykarpat's'ka derzhavna sil's'kohospodars'ka doslidna stantsiya IS·HKR NAAN – Precarpathian State Agricultural Research Station of the Institute of Agricultural Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine. Ivano-Frankivsk, 23 [in Ukrainian].
2. Hospodarenko, H.M., & Karnaukh, O.B. (2020). Mikroelementy i dobryva v zhyvlenni roslyn: navchal'nyy posibnyk [Gospodarenko G.M., Karnaukh O.B. Microelements and fertilizers in plant nutrition: a textbook]. Kamianets-Podilskyi : Ruta, 348 [in Ukrainian].
3. Husyev, M.H., Kokovikhin, S.V., & Pelykh, I.Ya. (2011). Ripak – perspektyvna kormova y oliyna kul'tura na pivdni Ukrainy [Rapeseed – a promising fodder and oilseed crop in southern Ukraine]. Vinnytsya, 160 [in Ukrainian].
4. Derzhavnyy reyestr sortiv roslyn, prydatnykh dlya poshyrennya v Ukraini [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine]. (2025). Ministerstvo ahraryoi polityky ta prodovol'stva Ukrainy – Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyster-sortiv-roslyn> [in Ukrainian].
5. Kvitko, H.P., & Hetman, N.Ya. (2002). Ahrobiolohichne obgruntuvannya efektyvnoho vykorystannya rilli pry vyrobnytstvi kormiv v systemi zelenoho konveyera pravoberezhnoho Lisostepu [Agrobiological justification of the effective use of arable land in the production of fodder in the green conveyor system of the right-bank forest-steppe]. *Zb. nauk. pr. Vinnyts'koho DAU – Collection of scientific works of Vinnytsia State Agricultural University*, 12, 68–71 [in Ukrainian].
6. Moysiyenko, V.V., Panchyshyn, V.Z., & Stots'ka, S.V. (2018). Urozhaynist' sumishok vivsa z kapustyanymy kul'turamy zalezno vid udobrennya v umovakh Polissya [Yield of mixtures of oats with cabbage crops depending on fertilization in the conditions of Polissya]. *Naukovi horyzonty – Scientific Horizons*, 1 (64), 3–9 [in Ukrainian].
7. Peters, Ya. (2021). Mikroelementy v zhyvlenni ozymykh [Microelements in the nutrition of winter crops]. Dotsil'nist' zastosuvannya – The feasibility of application. *Ahronom – Agronom*, 2, 34–36. Retrieved from: <https://www.agronom.com.ua/mikroelementy-v-zhyvlenni-ozymykh-dotsilnist-zastosuvannya/> [in Ukrainian].
8. Polyakov, O.I., Vakhnenko, S.V., & Taranenko, S.V. (2013). Vplyv mineral'noho zhyvlennya ta zastosuvannya retardantu na rist, rozvytok ta vrozhaynist' ozymoho ripaka [The influence of mineral nutrition and the use of retardant on the growth, development and yield of winter rapeseed]. *Naukovo-tekhnichnyy byuleten' Instytutu oliynykh kul'tur NAAN : periodychne naukovye fakhove vydannya (sil's'kohospodars'ki nauky) – Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of the NAAS: periodic scientific professional publication (agricultural sciences)*, 19, 84–89 [in Ukrainian].
9. Tsaruk, I.V., & Rakhmetov, D.B. (2021). Ekolohichna plastychnist' ta stabil'nist' produktyvnosti ozymykh kapustyanikh kul'tur pid vplyvom elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya [Ecological plasticity and stability of productivity of winter cabbage crops under the influence of elements of growing technology]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kul'tur i tsukrovykh buryakiv : zb. nauk. prats' – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet: collection of scientific works*. Kyiv : FOP Korzun D. YU., 30, 105–111. Retrieved from: <https://doi.org/10.47414/np.30.2022.268948> [in Ukrainian].
10. Shuvar, I. (2011). Zbil'shennya produktyvnosti ukrayins'kykh laniv [Increasing the productivity of Ukrainian fields]. *Aro-biznes S'ohodni – Arobiznes Segodnya*. Retrieved from: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/165-zbilshennia-produktyvnosti-ukrainskykh-laniv.htm> [in Ukrainian].

УДК 636.652/654:631.558.3

Овчарук О. В.

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри рослинництва, селекції та насінництва,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: ovcharuk.oleh@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1117-962X

Овчарук В. І.

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: plspg@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2115-0916

Ткач О. В.

доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: oleg.v.tkach@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1368-673X

Скриник О. А.

кандидатка географічних наук,
доцентка кафедри рослинництва,
Національний університет біоресурсів та природокористування України
Київ, Україна
E-mail: skrynuk@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0003-0332-5073

Аветісян Г. А.

аспірант кафедри садівництва і виноградарства,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: Gor.avetisian17@gmail.com
ORCID: 0009-0009-5112-7240

**ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ, СОРТУ ТА УДОБРЕННЯ НА ФРАКЦІЙНИЙ
І АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД БІЛКА ЗЕРНА КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ****Анотація**

Вивчено вплив строків сівби та удобрення на амінокислотний склад білка зерна сортів квасолі звичайної *Phaseolus vulgaris* L. Цінність квасолі, насамперед, визначається підвищеним вмістом у зерні добре розчинного і засвоюваного білка, який перетравлюється краще за білок інших зернобобових культур. За хімічним складом насіння квасолі містить, %: білка 17–33, жиру – 0,8–3,6, крохмалю – 50–60, клітковини – 5–8, цукру – 5–6, золи – близько 4%. Білок квасолі представлений великою кількістю цінних амінокислот, необхідних для харчування, а саме, %: аргініну – 8,1–9,9, гістидину – 2,3–3,6, лізину – 3,4–5,7, метіоніну – 1,7–1,9, тирозину – 2,4–3, триптофану – 0,8–1,8, цистину – 1,2–1,6. Цукри приставлені в основному глюкозою, фруктозою та сахарозою. Також насіння квасолі містить мінеральні речовини, %: K_2O – 1,72, Na_2O – 0,06, CaO – 0,24, MoO – 0,29, P_2O_5 – 1,38.

Зміна якісного складу залежить від досліджуваних факторів. В умовах сухого клімату, в період росту і розвитку рослин квасолі, в насінні, особливо під час дозрівання, нагромаджується більше глобулінів і менше водорозчинних білків, порівняно з більш сприятливими умовами.

Насіння квасолі містить усі незамінні амінокислоти, проте деяких із них недостатньо, зокрема метіоніну. Крім цього, на вміст вільних амінокислот, впливають умови живлення рослин. Так, від підвищення доз азотних добрив змінюються їх показники. При одній і тій же дозі азоту менш продуктивні сорти нагромаджують відносно більше білка, в порівнянні з високопродуктивними сортами, які відрізняються за інтенсивністю фотосинтетичної діяльності і здатністю синтезувати їх в умовах достатнього азотного живлення.

Результатами досліджень встановлено, що залежно від строків сівби, сортів та удобрення змінювався якісний склад зерна квасолі. Найвищі показниками вмісту загального азоту встановлено від сівби 30.04–1.05 і 21–23.05 з середніми значеннями 4,36 і 4,30%, відповідно. Із внесенням добрив показники загального азоту від сівби 21–23.04 і 30.04–1.05 становили 4,11 і 4,04%. Вміст сірковмістних амінокислот білка квасолі звичайної зменшується від ранніх до більш пізніх строків сівби. У сорту Мавка строки сівби не впливали на показники цієї групи амінокислот. В сумі незамінних амінокислот найбільша питома вага у лізіна – 20–25 %, лейцина – 20–25 %, фенілаланіна – 14–18 %, найменше – з метіоніна – 0,4–3,2 %.

Ключові слова: квасоля, сорт, удобрення, азотне живлення, вміст білка, амінокислотний склад, строки сівби, технологія вирощування.

Вступ. Квасоля користується значним попитом у населення України і належить до улюблених продуктів харчування з високим вмістом білка. Вона, серед інших бобових культур, займає провідне місце та невід’ємною частиною збалансованого раціону та харчування в багатьох країнах.

Результати наукових досліджень і практика передових господарств показують, що одним із важливих факторів, що підвищують врожай і якість насіння квасолі, є оптимальні строки сівби, сорти та удобрення, які відповідають даній конкретній зоні вирощування. Дружні сходи і оптимальна густота розміщення рослин є однією із важливих умов створення високого врожаю. Квасоля, дуже чутлива до приморозків. Її в основному висівають, коли ґрунт на глибині 10 см прогріється до температури 10–12 °С.

Сорти квасолі звичайної особливо чутливі до регульованих антропогенних факторів довкілля: удобрення, зрошення, застосування хімічних препаратів та інших. Крім цього, період онтогенезу рослини дуже чутливі до несприятливих факторів. Частка впливу сорту становить від 25% до 50%, а в екстремальних погодних умовах (посухи, епіфітотії, хвороби) вона зменшується.

Квасоля є вимогливою рослиною до умов вирощування, через що зростають затрати, особливо від застосування мінеральних добрив, приріст врожаю не завжди забезпечує їх окупність.

Головним з елементів живлення – азот (N) впливає на ріст, розвиток і хімічний склад зерна квасолі. Азот активно приймає участь у синтезі білків, амінокислот, ферментів і хлорофілу.

Інтенсифікація процесів росту і розвитку рослин квасолі звичайної обумовлюється впливом екологічних, едафічних та біотичних чинників, проте все ж таки домінуюча роль належить сортам і сучасній технології вирощування.

Формування врожайності зерна квасолі, як і інших сільськогосподарських культур, проходить в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування та є результатом реакції агроценозів на них. Однак на ріст і розвиток рослин впливають елементи технології вирощування.

Конкурентні вимоги до харчових продуктів, кормів, енергії та використання навколишнього середовища роблять наголос на глобальних земельних ресурсах. Щоб подолати ці виклики, потрібно покладається на тенденції зростання продуктивності шляхом розробки та впровадження нових технологій. У цьому контексті можна багато чому навчитися на зарубіжному досвіді, щодо суттєвого підвищення врожайності, досягнутого завдяки вдосконаленню сортів та методів управління продуктивністю та якістю рослин.

Аналіз хімічного складу зерна квасолі дає змогу оцінити харчову цінність продукції, а також спрогнозувати сучасні елементи технології вирощування з врахуванням біологічних особливостей культури.

Мета дослідження – провести характеристику показників складу білка сортів квасолі звичайної залежно від строків сівби, сортів та удобрення в умовах Правобережного Лісостепу України.

Матеріал і методи досліджень. Експериментальна робота проводили впродовж 2020–2024 рр. відповідно до загальноприйнятої методики [6] та плану науково-дослідної роботи кафедри садівництва і виноградарства ЗВО «Подільський державний університет» в умовах ТОВ «Агро-Слава-2017», Хмельницької області.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений переважно чорноземом опідзоленим, середньосуглинкового складу. Забезпеченість поживними елементами: загального азоту (за Корнфільдом) – 0,157–0,169%, рухомих форм фосфору та калію (за Чіріковим) – 16,5 та 11,5 мг на 100 г ґрунту, відповідно.

Погодно-кліматичні умови регіону характеризуються достатнім забезпеченням температурного режиму з недовганим рівнем зволоження. Підвищення температури відмічається в ранньовесняний та літній періоди. Тривалість теплового періоду становить 230–265 днів, а період активної вегетації в межах 155–170 діб. Показники суми активних температур становлять 2300–2750°C, ГТК на рівні 1,3–2,0, кількість опадів за рік знаходиться в межах 498–675 мм, з середньою температурою повітря 7,8°C.

В досліді вивчали сорти квасолі звичайної, що внесені до Державного реєстру сортів дозволених для використання на території України. Сівбу проводили з шириною міжрядь 45 см, нормою висіву 400 тис. схожих насінин на 1 га. Загальна площа елементарної ділянки – 45,0 м², облікова – 25,2 м², в трикратній повторності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Експериментальними результатами досліджень встановлено, що кількість білка за строками була в межах 2,4–5,9 % від загального азоту (3,09–3,99%), екстрактивного небіл-

кового – 12,3–26,7 % і білкового азоту – 69,5–81,9 %. Більше білкового азоту нагромаджувалося в насінні квасолі звичайної – 80,3–89,3 %, накопичення альбумінів коливалось від 7,3 до 44 %, глобулінів – 32,8–67,0%.

Аналіз насіння квасолі сорту Мавка, вирощених за різних строків сівби, збирання, внесення азотнокислого амонію, показав, що ці фактори позитивно впливають на нагромадження білка, на відміну від застосування нітрагіна (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив строків сівби, збирання і удобрення та вміст форм азоту і білкових фракцій в насінні сортів квасолі, % на суху масу

Строки		Удобрєння	Азот			
сівби	збирання врожаю		загальний	білковий	альбумін	глобулін
Сорт Мавка						
17–19.04	2.08	Без внесення добрив	3,50	2,78	0,21	2,45
30.04–1.05	4.08		3,66	2,90	0,20	2,55
21–23.05	12.08		4,30	3,60	0,25	3,17
30.04–1.05	6.08		4,36	3,44	0,21	3,00
30.04–1.05	11.08		3,90	3,20	0,24	2,78
30.04–1.05	16.08		3,64	2,81	0,20	2,45
7–9.05	13.08	Контроль	5,06	3,96	0,24	3,47
		NH ₄ NO ₃	4,50	3,53	0,22	3,10
		Нітрогін	4,62	3,63	0,22	3,17
Сорт Буковинка						
17–19.04	2.08	Без внесення добрив	3,97	2,86	0,22	2,53
30.04–1.05	4.08		4,04	2,92	0,22	2,59
21–23.05	12.08		4,11	3,00	0,21	2,67
30.04–1.05	6.08		3,22	2,40	0,17	2,13
30.04–1.05	11.08		3,19	2,40	0,17	2,11
30.04–1.05	16.08		3,16	2,43	0,19	2,14
7–9.05	13.08	Контроль	5,05	3,68	0,21	3,34
		NH ₄ NO ₃	4,30	3,00	0,22	2,67
		Нітрогін	4,30	3,00	0,22	2,74

Вищеназвані фактори не суттєво впливають на зміну якісного складу компонентів, проте слід відмітити, що у сорту Мавка показники вмісту загального азоту становити від сівби 21–23.05 – 4,30 % і 4,39 %, як при збиранні врожаю 12.08 і 6.08, відповідно. За інших строків сівби і збиранні врожаю показники були нижчими і становили від 3,50 % до 3,90 %, на варіантах без внесення добрив аналогічні показники відмічено білкового азоту, у першому випадку становили від 3,44 до 3,60 % без внесення добрив і збиранням врожаю 6.08 і 12.08. Тоді, як від інших строків сівби показники були в межах від 2,78 % до 3,20 %. Якщо з підвищенням показників відмічено від строків сівби 7–9.05 і збиранням врожаю 13.08 – загального азоту – 4,50% до 5,06 %, білкового азоту – 3,53 % до 3,96 %. Внесення мінерального добрива NH₄NO₃ і нітрагіну нами не відмічено.

Аналогічні зміни якісних показників в насінні квасолі сорту Буковинка. На варіантах без внесення добрив вищі показники загального азоту становить від строків 21–23.04 і 30.04–1.05 – 4,11–4,04, тоді як, від внесення мінерального добрива NH₄NO₃ і нітрогіну становили 4,30 % на суху масу.

Проведеними дослідженнями встановлено, що вміст водорозчинної фракції знижується у сорту Мавка від 81,3 при сівбі 22 квітня до 42,8 від сівби 20 травня. У сорту Буковинка також спостерігається зниження цих показників при різних строках сівби (табл. 2).

Таким чином, частка солерозчинна фракція збільшується від пізніх строків сівби кислотнорозчинна – змінюється з меншою різницею. Велика кількість легкорозчинних білків міститься в насінні сорту Мавка. На долю кислотнорозчинної фракції припадає 6,5–8,2 %: від загального азоту, що значно менше, в порівнянні із сортом Буковинка. Слід відмітити, що на кількості і якості нагромадження білків крім зовнішніх факторів впливають і сортові особливості. Співвідношення водорозчинної фракції білка до солерозчинної у сорту Мавка складає 5,2–12,7 %, в сорту Буковинка показники значно нижчі.

На вміст вільних амінокислот, крім ґрунтово-кліматичних умов, впливають також умови живлення рослин. Слід відмітити, що підвищення доз азотних добрив підвищує вміст усіх амінокислот в зерні квасолі. При одній і тій же дозі азоту менш продуктивні сорти нагромаджують відносно більше білка і визначають для досягнення однакової білковості зерна менших доз азоту, в порівнянні із високопродуктивними. Сорти відрізняються різною фотосинтетичною здатністю і синтезувати білки в умовах достатнього азотного живлення.

Встановлено, що підвищенні дози мінерального азоту підвищували вміст основних амінокислот (лізин, лейцин, аргінін) (табл. 3).

Таблиця 2. Вміст азоту білкової фракції в насінні квасолі у залежності від строків сівби (середнє за 2023–2024 рр.)

Строк сівби	Азот, % на суху речовину		Вміст білкових фракцій, % від загального азоту				
	загальний	білковий	водорозчинний	солерозчинний	сума легко-розчинних	кислото-розчинний	
Сорт Мавка							
18–20.04	3,63	2,27	77,0	9,5	86,5	7,4	5,7
22–24.04	3,49	2,54	81,3	6,6	87,0	6,5	5,6
24–31.04	3,59	2,59	78,2	8,6	86,8	7,8	5,1
6–8.05	3,77	2,18	72,7	13,9	86,6	8,0	5,2
13–15.04	3,66	2,45	72,9	13,9	86,8	8,0	5,0
20–22.05	3,88	2,23	72,8	14,7	87,5	7,4	4,6
Сорт Буковинка							
18–20.04	3,59	2,06	66,1	18,1	84,2	10,3	5,7
22–24.04	3,70	1,98	66,0	15,5	84,5	11,0	5,4
24–31.04	3,66	1,89	64,4	20,2	84,6	9,7	4,8
6–8.05	3,62	1,70	62,8	21,8	84,6	10,7	5,3
13–15.04	3,62	1,76	62,1	23,2	85,3	9,0	5,9
20–22.05	3,70	1,85	63,8	21,6	85,4	10,2	5,3

Таблиця 3. Вміст амінокислот в насінні квасолі від різних строків сівби (5.04–20.05) залежно від сорту (середнє за 2023–2024 рр.)

Амінокислота	Сорти		
	Мавка	Буковинка	Перлина
Лізин	7,2–5,66	7,47–4,69	5,64–4,44
Лейцин	7,49–5,99	7,62–5,60	6,91–5,63
Аргінін	6,0–5,0	5,41–3,47	5,22–4,15
Глютамінова кислота	14,68–11,29	12,73–11,72	13,63–10,93
Аспарагінова кислота	11,48–9,12	9,52–9,11	10,67–8,75

Амінокислотний склад білків практично не залежить від умов вирощування, проте вміст незамінних амінокислот в одиниці маси насіння квасолі і зборах з 1 га в варіантах з азотними добривами були значно вищі, порівняно з іншими варіантами дослідів.

При відносно постійній концентрації основної маси амінокислот в насінні сорту Перлина відмічено деяке пониження аргініну і підвищення показників амінокислот при пізніх травневих строках сівби. У сорту Мавка із запізненням з сівбою понижено вміст аспарагінової кислоти при одночасному підвищенню деяких показників. Групування ідентифікованих амінокислот показало, що максимальний вміст моноамінокислот спостерігається на варіантах від сівби в середні строки. Кількість амінокислот цієї групи мало змінилося від ранніх і пізніх строків сівби. Аналогічна закономірність нагромадження моноамінокислот встановлено у сорту Буковинка (табл. 4).

Таблиця 4. Склад амінокислот в насінні квасолі в залежності від строків сівби (середнє за 2023–2024 рр.)

Строк сівби	Показники амінокислотного складу білка, %					
	Моноаміно-кислоти	Діакаріонові-кислоти	Оксиаміно-кислота	Діаміно-кислота	Сірковмістні амінокислоти	Диналічні амінокислоти
1	2	3	4	5	6	7
Сорт Мавка						
15–20.04	19,83	24,02	7,40	13,20	0,37	13,61
22–24.04	24,63	26,16	7,70	12,02	0,34	13,69
29–30.04	20,19	25,53	6,40	10,65	0,34	12,69
6–8.05	23,12	24,23	7,43	11,53	0,43	14,00
13–15.05	19,55	22,91	6,08	10,91	0,36	12,24
20–22.05	19,52	21,27	6,80	11,70	0,33	12,06
Сорт Буковинка						
15–20.04	19,93	21,84	6,71	10,86	0,88	12,31
22–24.04	20,49	21,29	5,86	11,66	0,11	13,33
29–30.04	20,08	21,80	6,24	10,72	0,35	12,27

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7
6–8.05	22,73	21,80	7,00	8,70	0,49	12,82
13–15.05	21,13	21,48	6,54	10,94	0,12	13,08
20–22.05	17,47	22,0	6,29	8,89	0,44	10,84
Сорт Перлина						
15–20.04	19,06	22,04	6,97	9,06	0,63	12,18
22–24.04	18,33	23,12	6,58	10,99	0,48	11,04
29–30.04	18,33	22,47	6,24	9,48	0,34	10,42
6–8.05	19,71	23,22	6,38	9,27	0,52	11,29
20–22.05	18,74	21,58	7,15	5,17	0,36	10,76

Результати експериментальних досліджень встановлено, що вміст амінокислот білка різних сортів квасолі змінюється в залежності від строків сівби в тій же закономірності. При аналізі результатів нагромадження сірко-вмісних амінокислот білка квасолі звичайної виявлено, що кількість їх зменшується від ранніх до більш пізніх строків сівби. У сорту Мавка строки сівби не впливали на показники цієї групи амінокислот. В сумі незамінних амінокислот найбільша питома вага у лізіна – 20–25 %, лейцина – 20–25 %, фенілаланіна – 14–18 %, найменше – з метіоніна – 0,4–3,2 %.

Висновки. Строки сівби, сорти і добрива впливають на зміну якісного складу зерна квасолі з найвищими показниками вмісту загального азоту встановлено 30.04–1.05 і 21–23.05 з середніми значеннями 4,36 і 4,30%. Із внесенням добрив показники загального азоту від сівби 21–23.04 і 30.04–1.05 становили 4,11 і 4,04%. Частка солерозчинної фракції білка підвищується від пізніх строків сівби і в середньому на частку кислоторозчинної фракції припадає 6,5–8,2 % від загального азоту. Максимальний вміст моноамінокислот спостерігається в середніх строках сівби, показники змінювалися в тій же закономірності і в сумі незамінних амінокислот спостерігалася найбільша їх питома вага.

Список використаних джерел

1. Бабенко Л.М., Мартин Г. І., Мусатенко Л. І., Харченко О. В., Казачков М.Г. Структурно-функціональні особливості проростання насіння квасолі. *Фізіологія і біохімія культур. рослин.* 2003. № 2. С. 138–143.
2. Безугла О.М., Кобизева Л.Н. Генетичні ресурси рослин у вирішенні проблем селекції квасолі в Україні: зб. наук. пр. Селекційно-генетичного інституту. 2015. Вип. 26. С. 74–83.
3. Голодна А.В., Акуленко В.В., Столяр О.О. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від елементів технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН"*. 2013. Вип. 1–2. С. 120–124.
4. Кириченко В.В., Кобизева Л.Н., Петренкова В.П. та ін. Ідентифікація ознак зерно-бобових культур (квасоля, нут, сочевиця) / за ред. В.В. Кириченка. Харків, 2009. С. 87–115.
5. Кіндрок М.О. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002 / М. Кіндрок, О. Слюсаренко, В. Гечу, В. Маласай, М. Гаврилюк та ін. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
6. Корнійчук О.В., Юрчук С.С. Вплив погодно-кліматичних параметрів на урожайність насіння ріпаку озимого. *Корми і кормовиробництво*. 2023. № 95. С. 74–87.
7. Мазур О.В., Колісник О.М., Телекало Н.В. Генотипні відмінності сортів квасолі звичайної за технологічністю. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2017. № 7. Т. 2. С. 33–39.
8. Овчарук О.В., Овчарук В.І., Ткач О.В., Рудь А.В. Показники схожості насіння при проростанні квасолі, звичайної залежно від різних погодно-кліматичних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 131. С. 168–174.
9. Овчарук О.В., Овчарук В.І., Ткач О.В., Кравченко В.С. Вплив строків сівби і крупності насіння на цвітіння та плодоутворення квасолі звичайної *Збірник наукових праць УНУС*. Умань, 2022. Вип. 101. Ч.1. С. 115–121.
10. Оліфірович С.Й., Оліфірович В.О. Урожайність вітчизняних сортів квасолі звичайної (зернової) в умовах південної частини Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (I). С. 162–175.
11. BEANS: One of the First Cultivated Crops. URL: <http://www.foodreference.com/html/artbeans.html>.
12. Didur I., Chynchyk O., Pantsyryeva 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. 11(1). P. 419–424.

Ovcharuk O. V.

Doctor of Agricultural Sciences,

Professor at the Department of Plant Breeding, Selection and Seed Production,

Higher educational institution «Podillia State University»

Kamyanetsi-Podilskyi, Ukraine

E-mail: ovcharuk.oleh@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1117-962X

Ovcharuk V. I.

*Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamyanetsi-Podilskyi, Ukraine
E-mail: plspg@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2115-0916*

Tkach O. V.

*Doctor of Agricultural Sciences,
Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamyanetsi-Podilskyi, Ukraine
E-mail: oleg.v.tkach@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1368-673X*

Skrynyk O. A.

*Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor at the Department of Plant Production,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine
E-mail: skrynyk@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0003-0332-5073*

Avetisyan G. A.

*Postgraduate Student at the Department of Horticulture and Viticulture,
Higher educational institution «Podillia State University»
Kamyanetsi-Podilskyi, Ukraine
E-mail: Gor.avetisian17@gmail.com
ORCID: 0001-0003-0332-0003*

INFLUENCE OF SOWING TIME, VARIETY AND FERTILIZATION ON THE FRACTIONAL AND AMINO ACID COMPOSITION OF COMMON BEAN GRAIN PROTEIN

Abstract

*The influence of sowing dates and fertilization on the amino acid composition of the protein of the grain of common bean varieties *Phaseolus vulgaris* L. was studied. The value of beans is primarily determined by the increased content of highly soluble and digestible protein in the grain, which is digested better than the protein of other legumes. According to the chemical composition, bean seeds contain, %: protein 17–33, fat – 0.8–3.6, starch – 50–60, fiber – 5–8, sugar – 5–6, ash – about 4%. Bean protein is represented by a large number of valuable amino acids necessary for nutrition, namely, %: arginine – 8.1–9.9, histidine – 2.3–3.6, lysine – 3.4–5.7, methionine – 1.7–1.9, tyrosine – 2.4–3, tryptophan – 0.8–1.8, cystine – 1.2–1.6. Sugars are mainly glucose, fructose and sucrose. Bean seeds also contain minerals, %: K_2O – 1.72, Na_2O – 0.06, CaO – 0.24, MoO – 0.29, P_2O_5 – 1.38.*

The change in the qualitative composition depends on the studied factors. In dry climates, during the growth and development of bean plants, more globulins and less water-soluble proteins accumulate in the seeds, especially during ripening, compared to more favorable conditions.

Bean seeds contain all essential amino acids, but some of them are not enough, in particular methionine. In addition, the content of free amino acids is influenced by the conditions of plant nutrition. Thus, increasing doses of nitrogen fertilizers change their indicators. At the same dose of nitrogen, less productive varieties accumulate relatively more protein, compared to highly productive varieties, which differ in the intensity of photosynthetic activity and the ability to synthesize them under conditions of sufficient nitrogen nutrition.

The results of the studies showed that depending on the sowing dates, varieties and fertilization, the qualitative composition of bean grain changed. The highest indicators of total nitrogen content were established from sowing 30.04–1.05 and 21–23.05 with average values of 4.36 and 4.30%, respectively. With the introduction of fertilizers, the indicators of total nitrogen from sowing 21–23.04 and 30.04–1.05 were 4.11 and 4.04%. The content of sulfur-containing amino acids in the protein of common beans decreases from early to later sowing dates. In the Mavka variety, the sowing dates did not affect the indicators of this group of amino acids. In the sum of essential amino acids, the largest share is in lysine – 20–25%, leucine – 20–25%, phenylalanine – 14–18%, the smallest – in methionine – 0.4–3.2%.

Key words: beans, variety, fertilizer, nitrogen nutrition, protein content, amino acid composition, sowing dates, growing technology.

References

1. Babenko, L.M., Martyn, H.I., Musatenko, L. I., Kharchenko, O. V., & Kazachkov, M.H. (2003). Strukturno-funktsionalni osoblyvosti prorostannia nasinnia kvasoli [Structural and functional features of bean seed germination]. *Fiziologhiia i biokhimiia kul'tur roslin*, (2), 138–143. [in Ukrainian].
2. Bezuhla, O.M., & Kobyzieva, L.N. (2015). Henetychni resursy roslin u vyryshenni problem selektsii kvasoli v Ukraini [Plant genetic resources in solving bean breeding problems in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Seleksiino-henetychnoho instytutu*, (26), 74–83. [in Ukrainian].
3. Holodna, A.V., Akulenko, V.V., & Stoliar, O.O. (2013). Formuvannia produktyvnosti kvasoli zvychnoi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia v pivnichnii chastyni Lisostepu [Formation of common bean productivity depending on cultivation technology elements in the northern part of Forest-Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs "Instytut zemlerobstva NAAN"*, (1–2), 120–124. [in Ukrainian].
4. Kyrychenko, V.V., Kobyzieva, L.N., & Petrenkova, V.P., et al. (2009). Identyfikatsiia oznak zernobobovykh kultur (kvasolia, nut, sochevytsia) [Identification of grain legume traits (bean, chickpea, lentil)]. In V. V. Kyrychenko (Ed.), Kharkiv, 87–115. [in Ukrainian].
5. Nasinnia sil'skohospodars'kykh kul'tur. Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural crops. Methods of quality determination] (2003). DSTU 4138-2002 from 01 January 2004. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian].
6. Korniiichuk, O.V., & Yurchuk, S.S. (2023). Vplyv pohodno-klimatychnykh parametriv na urozhainist nasinnia ripaku ozymoho [Influence of weather and climate parameters on the yield of winter rapeseed seeds]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, (95), 74–87. [in Ukrainian].
7. Mazur, O.V., Kolisnyk, O.M., & Telekalo, N.V. (2017). Genotypic differences of common bean varietal samples by manufacturability. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 7(2), 33–39. [in Ukrainian].
8. Ovcharuk, O.V., Ovcharuk, V. I., Tkach, O.V., & Rud, A. V. (2023). Pokaznyky skhozhosti nasinnia pry prorostanni kvasoli zvychnoi zalezno vid riznykh pohodno-klimatychnykh umov [Indicators of germination of common bean seeds depending on various weather and climate conditions]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, (131), 168–174. [in Ukrainian].
9. Ovcharuk, O.V., Ovcharuk, V.I., Tkach, O.V., & Kravchenko, V.S. (2022). Vplyv strokiv sivby i krupnosti nasinnia na tsvitinnia ta plodoutvorennia kvasoli zvychnoi [Effect of sowing time and seed size on flowering and fruiting of common bean]. *Zbirnyk naukovykh prats UNUS*, 101(1), 115–121. [in Ukrainian].
10. Olifirovych, S.Y., & Olifirovych, V.O. (2020). Urozhainist vitchyznianykh sortiv kvasoli zvychnoi (zernovoi) v umovakh pivdennoi chastyny Lisostepu Zakhidnoho [Yield of domestic varieties of common (grain) beans under the conditions of the southern part of the Western Forest-Steppe]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 68(1), 162–175. [in Ukrainian].
11. FoodReference.com. (n.d.). Beans: One of the first cultivated crops. Retrieved April 11, 2025, from <http://www.foodreference.com/html/artbeans.html>.
12. Didur, I., Shynchyk, O., Pantsyreva, H., Olifirovych, S., Olifirovych, V., & Tkachuk, O. (2021). Effect of fertilizers for *Phaseolus vulgaris* L. productivity in Western Forest-Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 419–424 [in English].

УДК 633.1:633.88:582.47(477)

Печенюк В. А.

здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії
кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: vasylan911@gmail.com
ORCID: 0009-0003-9801-6325

Григор'єв В. М.

кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: grygoriyev@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8567-5466

Печенюк А. В.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри енергозберігаючих технологій
та енергетичного менеджменту,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: anvaspe@meta.ua
ORCID: 0000-0002-8348-5044

АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ТОПОЛІ ЯК ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ В УМОВАХ УКРАЇНИ

Анотація

У статті розглядається перспективність вирощування тополі як енергетичної культури в умовах України. Описано її високу продуктивність, економічну ефективність та екологічні переваги. Проведено аналіз сортового складу тополі, що включає природні види (*Populus nigra*, *Populus alba*, *Populus deltoides*) і їх гібриди (*Populus nigra* × *Populus deltoides*, *Populus* × *euramericana*, *Populus trichocarpa* × *Populus deltoides*). Визначено основні фактори, що впливають на продуктивність насаджень, зокрема тип ґрунту, рівень зволоженості, забезпеченість поживними речовинами й кліматичні умови.

Окреслено технологічні аспекти закладання й догляду за енергетичними плантаціями тополі, зокрема вибір якісного посадкового матеріалу, методи розмноження (саджаннями або живцями) та оптимальні агротехнічні заходи, включаючи зрошення, удобрення й захист від шкідників і хвороб. Наведено результати досліджень щодо адаптивності тополі до різних ґрунтово-кліматичних умов України та її здатності швидко нарощувати деревну масу, що робить її цінним джерелом відновлюваної енергії.

Значну увагу приділено екологічним аспектам вирощування тополі, таким як зменшення викидів парникових газів, запобігання ерозії ґрунтів, покращення водного балансу, фільтрація забруднень і сприяння біорізноманіттю. Висвітлено роль тополевих плантацій у підвищенні екологічної стійкості агроландшафтів і їх внесок у реалізацію концепції сталого розвитку. Наведено дані щодо здатності тополевих насаджень ефективно поглинати вуглекислий газ і їх ролі в зменшенні негативного впливу промислових забруднень.

Також проаналізовано значення розвитку енергетичного лісівництва в контексті підвищення енергетичної незалежності України й розширення використання відновлюваних джерел енергії. Підкреслено необхідність удосконалення агротехнологій для підвищення врожайності біомаси, зменшення виробничих витрат і стимулювання розвитку зеленої енергетики.

Таким чином, вирощування тополі як енергетичної культури є стратегічно важливим напрямом, що сприяє енергетичній безпеці, екологічній стабільності й економічній вигоді для аграрного сектору України. Упровадження сучасних технологій вирощування тополі й удосконалення нормативно-правової бази сприятиме підвищенню ефективності цього напрямку, забезпечуючи стале використання природних ресурсів і розвиток біоенергетики.

Ключові слова: тополя, енергетичні культури, біомаса, енергетичні плантації, агротехнології, кліматичні умови, адаптивність.

Вступ. У сучасних умовах, коли у світі спостерігається зростання популярності відновлюваних джерел енергії, вирощування швидкоростучих деревних культур набуває особливого значення. Україна, яка має значні

земельні площі, придатні для формування енергетичних плантацій, володіє потужним потенціалом реалізації альтернативи традиційному викопному паливу. Одним із перспективних рішень є вирощування тополі – культури, яка поєднує високу продуктивність, екологічні переваги й економічну доцільність.

Тополя вирізняється швидким ростом, що дає змогу отримати значну кількість деревної маси вже через кілька років після висадки. Її біомаса є цінним ресурсом для виробництва твердого біопалива, такого як пелети та брикети, а також використовується в біоенергетиці для вироблення тепла й електроенергії. Однією з ключових переваг цієї культури є можливість вирощування на малопродуктивних землях, які непридатні для традиційного землеробства, що дає змогу зберігати родючі ґрунти для вирощування продовольчих культур.

Окрім економічних вигод, вирощування тополі має й екологічні переваги. Ця культура здатна поглинати значну кількість вуглекислого газу, сприяючи зниженню парникового ефекту. Тополева плантація також виконує функцію природного фільтра, покращуючи якість ґрунту й водних ресурсів, а її коренева система зміцнює ґрунт, запобігаючи його ерозії.

Важливо зазначити, що розвиток біоенергетичних культур, зокрема тополі, відповідає стратегічному курсу України на підвищення енергетичної незалежності й використання відновлюваних джерел енергії. Це не лише сприяє диверсифікації енергетичних ресурсів, а й відкриває нові можливості для аграрного сектору, створюючи додаткові робочі місця та залучаючи інвестиції в розвиток зеленої енергетики.

Таким чином, вирощування тополі як енергетичної культури є актуальним рішенням, що поєднує економічну ефективність, екологічну безпеку й відповідність сучасним тенденціям розвитку відновлюваної енергетики.

Мета роботи – аналіз агротехнологічних аспектів вирощування тополі як енергетичної культури в умовах України, включаючи вибір сортів, підготовку ґрунту, технологію посадки, догляд за насадженнями, збір і переробку біомаси, а також оцінювання економічної ефективності й екологічних переваг цієї культури для біоенергетики.

Виклад основного матеріалу дослідження. В Україні для вирощування в енергетичних цілях використовуються різні види та гібриди тополі, які відзначаються швидким ростом, високою продуктивністю біомаси й адаптивністю до кліматичних умов. Серед найперспективніших природних видів можна виділити такі:

- Тополя чорна (*Populus nigra*) – поширена в долинах річок, відзначається високою стійкістю до періодичного затоплення, швидко росте, але менш стійка до хвороб.

- Тополя біла (*Populus alba*) – має високу посухостійкість, росте на легких і піщаних ґрунтах, може використовуватися для рекультивції земель.

- Тополя осокор (*Populus deltoides*) – одна з найшвидкорослих тополь, відзначається високою продуктивністю біомаси, часто використовується в селекції для створення гібридних форм [6].

Ці види поширені на території України та мають природну здатність до швидкого росту й відновлення після зрізання.

Гібриди створюються шляхом схрещування різних видів з метою підвищення врожайності, стійкості до шкідників та адаптивності до різних ґрунтово-кліматичних умов. Серед найперспективніших для енергетичного вирощування можна виділити такі гібриди тополі:

- Гібриди *Populus nigra* × *Populus deltoides* («канадська тополя») – швидкоростучі, мають високу врожайність, добре адаптовані до умов України, витримують затоплення та засолення ґрунтів.

- *Populus* × *euramericana* (євроамериканські гібриди) – відзначаються високими приростами біомаси, хорошою стійкістю до хвороб і підходять для короткоротаційного вирощування.

- *Populus trichocarpa* × *Populus deltoides* – гібриди з високою продуктивністю, стійкі до посухи й низьких температур, використовуються в північних і центральних регіонах України [10].

Вибір виду або гібриду тополі залежить від конкретних умов вирощування: типу ґрунту, рівня зволоження, кліматичної зони й мети використання біомаси. Гібридні та клонові сорти мають значні переваги перед природними видами завдяки вищій врожайності й стійкості до несприятливих умов.

Для успішного вирощування тополі як енергетичної культури важливо правильно обрати сорт або гібрид, який відповідатиме конкретним умовам регіону й забезпечуватиме високу продуктивність біомаси. Основними критеріями вибору є такі [3]:

- швидкість росту й урожайність біомаси (висока швидкість росту в перші роки життя; максимальна продуктивність біомаси; належна здатність до відновлення після зрізання – пагоноутворення);

- адаптивність до кліматичних умов (стійкість до низьких температур для регіонів із холодними зимами; посухостійкість для посушливих і степових зон; толерантність до підвищеної вологості й тимчасового затоплення для заплавлених територій);

- вимоги до ґрунту (висока продуктивність на середніх і родючих ґрунтах; толерантність до слабкозасолених і піщаних земель; можливість вирощування на деградованих і малопродуктивних землях);

- стійкість до хвороб і шкідників (генетична стійкість до основних захворювань – іржі тополі, бактеріозу, фітофторозу; висока стійкість до шкідників, таких як тополева міль і листогризучі комахи);

- коренева система й ерозійна стійкість (розвинена коренева система для зміцнення ґрунту й захисту від ерозії; здатність до вегетативного розмноження через живці та пенькову поросль);

– технологічна придатність до механізованого вирощування та збирання (прямий, рівний стовбур без розгалуження для зручного механізованого збирання; належна якість деревини для переробки в тріску, пелети або брикети);

– економічна ефективність (висока енергетична цінність отриманої біомаси; швидкий цикл вирощування; окупність витрат на закладання плантації та догляд).

Оптимальні сорти й гібриди тополі для енергетичних плантацій мають поєднувати швидке зростання, високу врожайність біомаси, адаптивність до кліматичних умов і стійкість до хвороб.

Розмножується тополя здебільшого саджанцями або живцями, що дозволяє швидко та ефективно створювати продуктивні насадження.

Саджанці – це вже сформовані молоді дерева, які вирощуються в розсадниках протягом одного-двох років, перш ніж їх пересаджують у відкритий ґрунт. Вони мають розвинену кореневу систему, що забезпечує швидку адаптацію до нових умов. Завдяки цьому саджанці демонструють високий відсоток приживлюваності, навіть у регіонах із менш сприятливими кліматичними умовами. Крім того, їх можна висаджувати на різних типах ґрунтів, від родючих чорноземів до легких супіщаних ділянок.

Живці ж отримують шляхом нарізання однорічних пагонів завдовжки 20–30 см і діаметром 1–2 см. Вони можуть бути висаджені безпосередньо в ґрунт або попередньо вкорінені у вологому середовищі, що підвищує їхню життєздатність. Для успішного укорінення живців необхідно забезпечити достатню вологість ґрунту й оптимальну температуру, оскільки вони особливо чутливі до пересихання в перші тижні після посадки.

Розмноження тополі живцями є економічно вигідним, оскільки дає змогу отримати велику кількість нових рослин із мінімальними затратами. Завдяки швидкому укоріненню й інтенсивному росту вже через кілька років можна отримати значний обсяг біомаси. Це робить метод живцювання ідеальним для створення великих енергетичних плантацій, що використовуються для виробництва палива, зокрема тріски, пелет і брикетів [9].

Вибір між саджанцями й живцями залежить від конкретних умов господарства, бажаних темпів росту й фінансових можливостей. В обох випадках тополя демонструє високу продуктивність і є перспективною культурою для відновлюваної енергетики.

Тополя є швидкоростучою деревною культурою, яка добре адаптується до різних кліматичних умов, але для максимальної продуктивності вона потребує сприятливого середовища.

Найкраще тополя росте в помірному кліматі із середньорічною температурою від 6 до 12°C. Оптимальними для її розвитку є середньодобові температури 15–25°C у вегетаційний період. Більшість сортів витримують морози до -25...-30°C, що дає змогу вирощувати їх у різних регіонах, включаючи зони з холодними зимами. Водночас тривалі заморозки навесні можуть пошкоджувати молоді пагони.

Тополя світлолюбна, і її ріст значно прискорюється при достатньому сонячному освітленні. Найкращі результати досягаються в умовах довгого світлового дня, коли дерево отримує не менше ніж 6–8 годин сонячного світла на добу.

Завдяки гнучкості стовбура та гілок тополя добре витримує помірні вітрові навантаження. Однак у відкритих степових районах сильні вітри можуть деформувати молоді дерева, тому в таких умовах бажано створювати захисні насадження.

Оптимальними для вирощування тополі є регіони з помірним кліматом, середньорічною температурою 6–12 °C та достатнім сонячним освітленням. Найкраще вона розвивається при рівномірному зволоженні, близькому заляганні ґрунтових вод і захисті від сильних вітрів. У посушливих регіонах необхідне зрошення, а в холодних зонах важливо вибрати морозостійкі сорти [7].

Продуктивність тополі значною мірою залежить від типу ґрунту й рівня вологості, оскільки ця культура потребує достатнього живлення й зволоження для активного росту.

Найкраще тополя розвивається на родючих суглинкових і супіщаних ґрунтах, які добре утримують вологу та забезпечують доступ кисню до кореневої системи. Особливо сприятливими є алювіальні ґрунти, багаті на органічні речовини. Чорноземи також створюють сприятливі умови для швидкого приросту біомаси. Водночас малородючі, піщані або засолені ґрунти значно обмежують ріст дерева, оскільки вони погано утримують вологу або перешкоджають засвоєнню поживних речовин. Тяжкі глинисті ґрунти також є несприятливими, адже вони можуть затримувати надлишкову воду, що призводить до загнивання кореневої системи.

Тополя є вологолюбною культурою, тому стабільний рівень вологості відіграє ключову роль у її продуктивності. Оптимальною є річна кількість опадів у межах 600–800 мм або доступ до ґрунтових вод, які залягають на глибині 1,5–3 м. В умовах помірної вологості дерево швидко нарощує біомасу, особливо за рівномірного зволоження протягом усього вегетаційного періоду. Надмірне перезволоження або застій води, навпаки, можуть спричинити кисневе голодування коріння й розвиток гнилі.

У посушливих умовах продуктивність тополі суттєво знижується, що робить необхідним додаткове зрошення. Найвищих показників урожайності можна досягти на добре зволжених, але незаболочених ділянках із родючими ґрунтами, які забезпечують оптимальний баланс вологи й поживних речовин [2].

Закладання плантації тополі – це комплексний процес, що включає вибір відповідної ділянки, підготовку ґрунту, підбір садивного матеріалу, правильну технологію посадки й догляд за насадженнями.

Спершу обирають ділянку з родючими суглинковими або супіщаними ґрунтами, добре дренованими й забезпеченими вологою. Найкраще тополя росте в місцях з рівним рельєфом або на помірних схилах, де відсутній ризик застою води. Перед посадкою ґрунт ретельно готують: очищають від бур'янів, проводять глибоку оранку й уносять добрива, що сприяють швидкому укоріненню та росту дерев.

Для створення плантації використовують живці або саджанці швидкоростучих клонів тополі. Живці заготовлюють з однорічних пагонів завдовжки 20–25 см і діаметром 8–15 мм. Перед посадкою їх витримують у воді для активації ростових процесів. Посадку проводять навесні, коли ґрунт достатньо прогрівся. Живці заглиблюють у попередньо підготовлені лунки так, щоб кілька бруньок залишалося над поверхнею. Для рівномірного росту й зручного догляду використовують певні схеми розміщення, залежно від цільового призначення насаджень: густіші – для біоенергетики, рідші – для лісозахисних смуг і промислової деревини.

Перший урожай можна отримати через 2–4 роки, застосовуючи метод циклічної обрізки, що стимулює ріст нових пагонів. Повний цикл вирощування триває 15–20 років, після чого ділянку можна відновити шляхом пересадки або природного відростання. Завдяки правильному вибору місця й дотриманню технології догляду тополя може забезпечувати стабільний урожай біомаси з високою енергетичною цінністю [11].

Молоді насадження потребують регулярного поливу, особливо в перші роки після посадки. У посушливі періоди без додаткового зрошення ріст дерев може значно сповільнитися.

Щоб уникнути конкуренції за поживні речовини, необхідно контролювати бур'яни. Це можна робити механічним способом – розпушуванням міжрядь, або хімічним – застосуванням гербіцидів. Також ефективним методом є мульчування, яке не тільки зменшує ріст небажаної рослинності, а й допомагає утримувати вологу в ґрунті.

Тополь потребує підживлення, особливо на виснажених землях. Весною доцільно вносити азотні добрива, які стимулюють активний ріст пагонів, а восени – фосфорні та калійні, що підвищують морозостійкість рослин [5].

Незважаючи на свою витривалість і швидке зростання, дерева тополі можуть піддаватися впливу шкідників, хвороб і несприятливих погодних умов. Щоб забезпечити стабільний ріст і високу врожайність біомаси, необхідно застосовувати різноманітні заходи захисту.

Одним із головних ворогів тополі є комахи-шкідники. Листяні попелиці, зокрема тополева попелиця, висмоктують сік із молодих пагонів, що призводить до їх ослаблення. Уражені листки деформуються, жовтіють і передчасно опадають. Також небезпеку становлять листогризучі гусениці, які пошкоджують листя, уповільнюючи ріст дерев. Для боротьби із цими шкідниками використовують біологічні методи, зокрема ентомофагів – комах, що природним шляхом знищують популяції шкідників. Якщо зараження набуває значного масштабу, застосовують інсектициди.

Особливу загрозу становлять стовбурові шкідники, такі як короїди. Вони прокладають ходи в деревині, що може призвести до загибелі рослини. Щоб уникнути цього, проводять санітарні заходи: уражені дерева видаляють, а здорові обробляють спеціальними препаратами або встановлюють феромонні пастки.

Крім комах, тополя може потерпати від грибкових і бактеріальних захворювань. Одним із найпоширеніших є іржа тополі, що проявляється у вигляді жовтогарячих плям на листках. Хвороба послаблює дерево та зменшує приріст біомаси. Для профілактики уражені листки збирають і знищують, а в разі масового поширення застосовують фунгіциди.

Ще однією небезпекою є борошниста роса, яка вкриває листя білим нальотом, перешкоджаючи нормальному фотосинтезу. Для її усунення використовують біологічні або хімічні засоби захисту, такі як розчини на основі сірки.

Захист тополі потребує комплексного підходу. Використання біологічних засобів дає змогу мінімізувати шкоду навколишньому середовищу, а правильний вибір сортів і своєчасні агротехнічні заходи забезпечують здоровий ріст і високу продуктивність деревини. Завдяки цьому тополя залишається перспективною культурою для біоенергетики й інших потреб [8].

Головна перевага енергетичної тополі – швидкий ріст, що дає змогу отримувати біомасу вже через 3–5 років після посадки. Загалом плантація залишається продуктивною 20–25 років, після чого її потрібно оновлювати. Регулярний догляд за деревами, контроль за умовами зростання й адаптація методів вирощування до місцевих умов дають змогу отримувати стабільний урожай та ефективно використовувати тополь як джерело відновлюваної енергії.

Збір біомаси тополі – це складний і технологічно насичений процес, який включає кілька основних етапів, починаючи від визначення оптимального часу заготівлі й закінчуючи підготовкою сировини до подальшої переробки. Найкращий період для збору – осінь і зима, коли вміст вологи в деревині мінімальний, що спрощує подальшу сушку та зменшує витрати на транспортування.

Процес зрізання дерев відбувається за допомогою спеціалізованої техніки. Лісозаготівельні машини або харвестери ефективно виконують цю роботу, зрізаючи стовбури й водночас подрібнюючи їх. У випадку промислової заготівлі використовуються рубальні машини, які відразу перетворюють деревину на тріску, що значно спрощує транспортування. Для менш масштабних робіт можуть застосовуватися бензопили й ручні інструменти, хоча цей метод значно менш продуктивний.

Після збору біомаса піддається первинній обробці. Якщо деревина була зрізана великими колодами, її транспортують на переробні підприємства, де відбувається подрібнення й сушіння. Якщо ж одразу отримано тріску, її зберігають у спеціальних штабелях або бункерах, щоб запобігти зайвому накопиченню вологи та процесам розкладання.

Отримана біомаса використовується для різних цілей. Велика частина йде на виробництво енергії – її спалюють у котельнях або перетворюють на паливні гранули та брикети. Інша частина може використовуватися для біохімічної переробки, зокрема для отримання біоетанолу, синтез-газу чи біовугілля. Крім того, залишки можуть бути використані в сільському господарстві як мульча або органічне добриво [1].

Вирощування тополі для енергетичних потреб має низку екологічних переваг, однак також потребує врахування певних ризиків і потенційного впливу на довкілля.

Однією з основних екологічних переваг вирощування тополі є її здатність поглинати вуглекислий газ з атмосфери. Протягом свого росту тополя активно засвоює CO_2 , що допомагає компенсувати викиди від її майбутнього спалювання як біопалива. Це створює вуглецево-нейтральний цикл, що зменшує загальний вплив на клімат порівняно з викопними видами палива.

Енергетичні плантації тополі можуть вирощуватися на малопродуктивних, еродованих або забруднених землях, які не придатні для сільського господарства. Завдяки потужній кореневій системі тополя сприяє закріпленню ґрунтів, запобігаючи їх ерозії.

Вирощування культури сприяє поліпшенню якості ґрунтів і води:

- фітореMediaційні властивості: тополя здатна поглинати важкі метали й інші забруднювачі, очищуючи ґрунти та ґрунтові води;
- відновлення структури ґрунту: листя й корені, що перегнивають, збагачують ґрунт органічними речовинами, підвищуючи його родючість;
- зниження рівня вимивання добрив: на відміну від багатьох сільськогосподарських культур, тополя потребує мінімального внесення добрив, що зменшує ризик забруднення водою [4].

Варто зазначити, що, з одного боку, енергетичні плантації тополі можуть відновлювати природні ландшафти, слугуючи середовищем існування для птахів, комах і дрібних ссавців. З іншого боку, монокультурні насадження можуть знижувати біорізноманіття, якщо вони займають значні площі та витісняють природні екосистеми.

Тополя має високу потребу у воді, що може створювати навантаження на водні ресурси, особливо в регіонах із посушливим кліматом. Оптимальним рішенням є вирощування цієї культури поблизу очисних споруд, де тополя може використовувати стічні води для росту.

Деякі види тополі мають здатність швидко поширюватися, що може призвести до витіснення місцевих видів рослин. Щоб запобігти цьому, варто обирати спеціально виведені сорти, які контролюються у своєму поширенні.

Вирощування тополі як енергетичної культури є перспективним екологічним рішенням, яке може сприяти скороченню викидів CO_2 , відновленню ґрунтів та очищенню води. Проте для мінімізації негативного впливу важливо впроваджувати сталий підхід до планування плантацій, раціональне використання водних ресурсів і збереження біорізноманіття.

Висновки. Вирощування тополі як енергетичної культури відповідає стратегічним цілям України щодо підвищення енергетичної незалежності й використання відновлюваних джерел енергії. Упровадження ефективних агротехнологій дасть змогу підвищити врожайність біомаси, зменшити витрати на виробництво та сприяти розвитку зеленої енергетики.

Тополя здатна швидко нарощувати деревну масу, що робить її цінним джерелом відновлюваної енергії. Вибір сорту або гібриду залежить від регіональних ґрунтово-кліматичних умов і цільового використання біомаси.

Тополя демонструє високу адаптивність до різних кліматичних умов, проте для досягнення максимальної продуктивності необхідно враховувати тип ґрунту, рівень зволоженості й забезпеченість поживними речовинами. Найкраще вона росте на родючих суглинкових і супіщаних ґрунтах з помірним рівнем вологості. Закладання енергетичних плантацій тополі потребує ретельної підготовки ґрунту, вибору якісного посадкового матеріалу й дотримання технології вирощування. Оптимальним способом розмноження є використання саджанців або живців, що дає змогу швидко створювати продуктивні насадження.

Вирощування тополі сприяє покращенню екологічної ситуації, зменшенню викидів парникових газів і запобіганню ерозії ґрунтів. Тополева плантація виконує також функцію фільтрації забруднень і поліпшення водного балансу територій.

Таким чином, вирощування тополі як енергетичної культури є важливим елементом стратегії сталого розвитку, що забезпечує енергетичну безпеку, екологічну стабільність та економічну вигоду для аграрного сектору України.

Список використаних джерел

1. Бордусь О.О. Вирощування садивного матеріалу тополі іноземної та вітчизняної селекції для створення енергетичних плантацій в умовах Центрального Лісостепу України. 2023. URL: https://bio.gov.ua/sites/default/files/dis_bordus_o_o_1.pdf.
2. Гнап І. Досвід вирощування енергетичної верби на території західної України. *Енергія біомаси* : матеріали Міжнародної конференції. Київ, 2018. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/04/9_Gnap_Salix-Energy.pdf.
3. Гументик М.Я., Радейко Б.М., Фучило Я.Д., Сінченко В.М., Ганженко О.М., Бондар В.С., Фурса А.В., Квак В.М., Харитонов М.М., Кателевський В.М. Вирощування біоенергетичних культур. К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 179 с.
4. Кирилко Я.О. Агроекологічні аспекти створення енергетичних плантацій тополі (*Populus L.*) в умовах Правобережного Лісостепу України. Київ, 2023. 129 с. URL: https://bio.gov.ua/sites/default/files/diser_kyrylko_6.pdf.
5. Одарченко І. Агротехнологічні засади плантаційного лісовирощування культиварів тополі в умовах Волинського Полісся та Опілля. 2017. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/65cd7084-5eda-4975-ac7c-b31c35e7c145/content>.
6. Санчес М. Види тополь. *Jardineriaon*. 2024. URL: <https://uk.jardineriaon.com/tipos-de-alamos.html>.
7. Сінченко В.М., Пиркін В.І., Гнап І.В., Мельничук Г.А. Умови, необхідні для вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2017. № 2(10). С. 9–13. URL: <http://be.bio.gov.ua/article/view/253805>.
8. Смолкова Н.П. Енергетична ефективність захисту посадок тополі чорної від бур'янів. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. № 28. С. 37–42. URL: http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/28_37-42_0.pdf.
9. Фучило Я.Д., Бордусь О.О. Вирощування однорічних живцевих саджанців тополі в умовах Правобережного Лісостепу. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2022. № 24. С. 129–135. URL: <https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/10065/1/718-Текст%20статті-1100-1-10-20230611.pdf>.
10. Фучило Я.Д., Гайда Ю.І., Сбитна М.В., Фучило Д.Я. Ріст і продуктивність енергетичних плантацій тополі в умовах Західного Лісостепу України. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2017. № 25. С. 86–93. URL: http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/86-25_0.pdf.
11. Шилін І.С., Маурер В.М. Особливості закладання тополевих плантацій у Західному Поліссі та Опіллі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 25.6. С. 112–118. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2015/25_6/20.pdf.

Pecheniuk V. A.

Postdoctoral Student at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,
Higher educational institution "Podillia State University"

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: vasylan911@gmail.com

ORCID: 0009-0003-9801-6325

Hryhoriev V. M.

Candidate of Agricultural Sciences,

Associate Professor at the Department of Agriculture,

Soil Science and Plant Protection,

Higher educational institution "Podillia State University"

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: grygoriyev@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8567-5466

Pecheniuk A. V.

Candidate of Economic Sciences,

Associate Professor at the Department of Energy-Saving Technologies

and Energy Management,

Higher educational institution "Podillia State University"

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: anvaspe@meta.ua

ORCID: 0000-0002-8348-5044

AGROTECHNOLOGICAL ASPECTS OF GROWING POPLAR AS AN ENERGY CROP UNDER UKRAINIAN CONDITIONS

Abstract

The article discusses the prospects of growing poplar as an energy crop under Ukrainian conditions. It describes its high productivity, economic efficiency, and environmental advantages. An analysis of the poplar variety composition is provided, including natural species (*Populus nigra*, *Populus alba*, *Populus deltoides*) and their hybrids (*Populus nigra* × *Populus deltoides*, *Populus* × *euramericana*, *Populus trichocarpa* × *Populus deltoides*). The main factors affecting plantation productivity are identified, including soil type, moisture level, nutrient availability, and climatic conditions.

Technological aspects of establishing and maintaining poplar energy plantations are outlined, particularly the selection of quality planting material, propagation methods (by seedlings or cuttings), and optimal agronomic practices, including irrigation, fertilization, and pest and disease control. The results of research on the adaptability of poplar to various soil and climatic conditions in Ukraine and its ability to quickly accumulate biomass, making it a valuable source of renewable energy, are presented.

Significant attention is given to the environmental aspects of growing poplar, such as reducing greenhouse gas emissions, preventing soil erosion, improving water balance, pollution filtration, and promoting biodiversity. The role of poplar plantations in enhancing the ecological stability of agro-landscapes and their contribution to the implementation of sustainable development is highlighted. Data on the ability of poplar plantations to effectively absorb carbon dioxide and their role in reducing the negative impact of industrial pollution are provided.

The importance of developing energy forestry in the context of enhancing Ukraine's energy independence and expanding the use of renewable energy sources is also analyzed. The need for improving agrotechnologies to increase biomass yield, reduce production costs, and stimulate the development of green energy is emphasized.

Thus, growing poplar as an energy crop is a strategically important direction that contributes to energy security, environmental stability, and economic benefits for Ukraine's agricultural sector. The implementation of modern poplar cultivation technologies and the improvement of the regulatory framework will enhance the effectiveness of this direction, ensuring the sustainable use of natural resources and the development of bioenergy.

Key words: poplar, energy crops, biomass, energy plantations, agrotechnologies, climatic conditions, adaptability.

References

1. Bordus, O.O. (2023). Vyroshchuvannya sadyvnoho materialu topoli inozemnoi ta vitchyznianoї selektsii dlia stvorennia enerhetychnykh plantatsii v umovakh Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Growing planting material of foreign and domestic poplar cultivars for establishing energy plantations in the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine]. Retrieved from: https://bio.gov.ua/sites/default/files/dis_bordus_o_o_1.pdf [in Ukrainian].
2. Hnap, I. (2018) Dosvid vyroshchuvannya enerhetychnoi verby na terytorii zakhidnoi Ukrainy [Experience in growing energy willow in the territory of Western Ukraine]. *Mizhnarodna konferentsiia «Enerhiia biomasy» – International Conference 'Biomass Energy'*. Kyiv, April 14, 2018. Retrieved from: https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/04/9_Gnap_Salix-Energy.pdf [in Ukrainian].
3. Humentyk, M.Ia., Radeiko, B.M., Fuchylo, Ya.D., Sinchenko, V.M., Hanzhenko, O.M., Bondar, V.S., Fursa, A.V., Kvak, V.M., Kharytonov, M.M. & Katelevskyi, V.M. (2018). Vyroshchuvannya bioenerhetychnykh kultur [Growing bioenergy crops]. Kyiv: TOV «TsP «Komprynt». 179 p. [in Ukrainian].
4. Kyrylko, Ya.O. (2023). Ahroekolohichni aspekty stvorennia enerhetychnykh plantatsii topoli (*Populus L.*) v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Agroecological aspects of establishing poplar (*Populus L.*) energy plantations in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. 129 p. Retrieved from: https://bio.gov.ua/sites/default/files/diser_kyrylko_6.pdf [in Ukrainian].
5. Odarchenko, I. (2017). Ahrotekhnolohichni zasady plantatsiinoho lisovyroshchuvannya kultyvariv topoli v umovakh Volynskoho Polissia ta Opillia [Agritechnological principles of plantation forestry of poplar cultivars in the conditions of Volyn Polissia and Opillia]. Retrieved from: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/65cd7084-5eda-4975-ac7c-b31c35e7c145/content> [in Ukrainian].
6. Sanches, M. (2024). Vyd topol [Types of poplars]. *Jardineriaon*. Retrieved from: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/65cd7084-5eda-4975-ac7c-b31c35e7c145/content>. [in Ukrainian].
7. Sinchenko, V.M., Pyrkin, V.I., Hnap, I.V. & Melnychuk, H.A. (2017). Umovy, neobkhidni dlia vyroshchuvannya enerhetychnoi verby [Conditions required for growing energy willow]. *Bioenerhetyka – Bioenergy*, 2(10). 9–13. Retrieved from: <http://be.bio.gov.ua/article/view/253805> [in Ukrainian].
8. Smolkova, N.P. (2020). Enerhetychna efektyvnist zakhystu posadok topoli chornoї vid burianiv [Energy efficiency of protecting black poplar plantations from weeds]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv – Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets*, 28. 37–42. Retrieved from: http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/28_37-42_0.pdf [in Ukrainian].
9. Fuchylo, Ya.D., & Bordus, O.O. (2022) Vyroshchuvannya odnorichnykh zhyvtsevykh sadzhantsiv topoli v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Growing one-year-old cutting saplings of poplar in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy – Scientific papers of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24. 129–135. Retrieved from: <https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/10065/1/718-Текст%20статті-1100-1-10-20230611.pdf> [in Ukrainian].
10. Fuchylo, Ya.D., Haida, Yu.I., Sbytna, M.V., & Fuchylo, D.Ia. (2017) Rist i produktyvnist enerhetychnykh plantatsii topoli v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Growth and productivity of poplar energy plantations in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv – Scientific papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets*, 25. 86–93. Retrieved from: http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/86-25_0.pdf [in Ukrainian].
11. Shylin, I.S., & Maurer, V.M. (2015) Osoblyvosti zakladannia topolevykh plantatsii u Zakhidnomu Polissi ta Opilli [Features of establishing poplar plantations in the Western Polissia and Opillia]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, 25.6. 112–118. Retrieved from: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2015/25_6/20.pdf [in Ukrainian].

УДК 631.811:581.1:632.51

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.samoilyk@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,
кафедри 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,
кафедри екології, збалансованого природокористування
та захисту довкілля,
Полтавський державний аграрний університет
Полтава, Україна
E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net*

МЕХАНІЗМ ДІЇ ПЛАСТОВОЇ МІНЕРАЛІЗОВАНОЇ ВОДИ НА КУЛЬТУРНІ РОСЛИНИ Й БУР'ЯНИ

Анотація

Нині в Україні через з економічну й енергетичну кризу, а також посилення вимог до втілення в життя екологічно обґрунтованих технологій виникла проблема захисту посівів культур від бур'янів недорогими й ефективними засобами. У зв'язку з цим стає особливо актуальним пошук нових методів боротьби з бур'янами, при цьому бажано, щоб ці методи були технологічно нескладними й, головне, щоб для їх застосування в господарствах не потрібно було великих фінансових витрат.

З огляду на це, ми поставили мета роботи, спрямовану на вивчення внутрішньоклітинного механізму фітотоксичної дії пластової мінералізованої води на рослини пшениці озимої, кукурудзи й бур'яни.

Проведені дослідження впливу пластової мінералізованої води на субклітинну організацію досліджуваних рослинних об'єктів дали змогу встановити низку фактів, що підтверджують їх різнопланову дію на культурні рослини й бур'яни. Дія пластової мінералізованої води на хлоропласти клітин бур'яну призводить до дезорганізації, деструкції й втрати впорядкованості локалізації мембран у цих органелах, причому в клітинах бур'янів відбувається не збільшення об'єму цих органел (як у культурних рослин), а, навпаки, зменшення.

Визначено, що після застосування обприскування бур'яну пластовою мінералізованою водою відбувається зниження об'ємних часток мітохондрій, а об'ємні частки мітохондрій клітин пшениці озимої та кукурудзи під дією пластової мінералізованої води збільшуються. Отже, функції, які властиві мітохондріям (біосинтез АТФ), у клітинах бур'яну порушуються.

Порівняльний аналіз дає змогу показати, що при використанні пластової мінералізованої води збільшення об'ємних часток мітохондрій у клітинах рослин пшениці озимої відбувається менш інтенсивно, ніж у клітинах кукурудзи. У бур'яну більше об'ємних часток хлоропластів і мітохондрій, які визначають їх високу спроможність в отриманні й трансформації енергії. Під дією пластової мінералізованої води їх число в одиниці об'єму клітин різко знижується, і це зумовлює зменшення структурних і функціональних показників клітин і загалом їх життєздатність.

Визначено, що в бур'янів під дією пластової мінералізованої води відбувається така перебудова організації клітинних компонентів, у результаті якої збільшується хаотичність і знижується впорядкованість у клітинах. Також встановлено рострегулюючу дію пластової мінералізованої води, що зумовлено вмістом фітогормонів абсцизової кислоти (АБК) та зеатину.

Ключові слова: пластова мінералізована вода, вплив, ґрунт, бур'яни, культурні рослини.

Вступ. Альтернативою сучасних інтенсивних систем землеробства є розробка еколого-орієнтованих технологій, які дають змогу вирощувати екологічно безпечну продукцію рослинництва при прогресуючому підвищенні ґрунтової родючості [1–3]. При цьому головним питанням формування сталих агроecosystem є спосіб відтворення ґрунтової родючості. Без вирішення цього питання відмова від хімізації може призвести до різкого зниження врожайності сільськогосподарських культур [16].

Нині в Україні через економічну й енергетичну кризу, а також посилення вимог до втілення в життя екологічно обґрунтованих технологій виникла проблема захисту посівів культур від бур'янів недорогими й ефективними засобами. У зв'язку з цим особливо актуальним стає пошук нових методів боротьби з бур'янами, при цьому бажано, щоб ці методи були технологічно нескладними й, головне, не потребували великих фінансових витрат.

Одним із таких методів може бути використання пластової мінералізованої води, що є побічним продуктом при нафтовидобутку [6; 7; 9; 10]. Проведені Павлом Писаренком дослідження дали змогу встановити механізм дії природних розсолів і мінералів на ґрунтову біоту, які дають можливість стверджувати, що їх використання сприяє оптимізації росту й розвитку злакових культур за рахунок ефективного регулювання живлення рослин і життєдіяльності мікрофлори ґрунту [19; 20]. Окрім того, використання пластової мінералізованої води як екобезпечного заміника агрохімікатів дає змогу вирішити проблему з відходами нафтогазового комплексу. Під час видобутку нафти й газу на поверхню у великих кількостях надходить пластова мінералізована вода (далі – ПМВ) [18]. Проблема утилізації великої кількості ПМВ є дуже значною, урахувавши те, що потрапляння великої кількості пластової води на землю призводить до значного засолення ґрунту, погіршення його структури та знищення рослинності.

Таким чином, для нафтовидобувної галузі це є проблема безвідходності виробництва, а для землеробства ми одержуємо екологічно безпечний та ефективно діючий продукт, застосування якого може вирішити проблему ефективного контролю бур'янів із мінімальним використанням (або зовсім без них) гербіцидів на посівах сільськогосподарських культур.

Мета роботи – вивчення внутрішньоклітинних механізмів фітотоксичної дії пластової мінералізованої води на культурні рослини й бур'яни.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження є пластова мінералізована вода Решетняківського родовища (Полтавська область). Пластова мінералізована вода – супутньо-пластова вода, що видобувається разом із нафтою. Сухий залишок становить до 180 г/дм³, а гідролітична кислотність коливається на різних родовищах від 5,30 до 7,50 [5; 21]. Склад органічної частини пластової мінералізованої води є досить унікальним, представлений у таблиці 1.

Після посіву (у фазі кущення пшениці озимої та 3–5 листків у кукурудзи) рослини були оброблені пластовою мінералізованою водою. Через 24 години після прояву її фітотоксичної дії зразки листків рослин (1 мм на 1 мм) були узяті для фіксації в глутаральдегіді. Після фіксації й промивання тканин у фосфатному буфері (рН=7,4) протягом однієї години здійснювалася дофіксація в 1%-ому розчині чотирьохокислу осмія OSO₄ на фосфатному буфері (рН=7,4). Наступним етапом було зневоднювання зразків у спиртах зростаючої концентрації й в ацетоні з наступним заливанням в епоксидні смоли [17]. Співвідношення заливних смол фірми «Fluka» таке: Епон – 5 мл, Аралдит-М – 3 мл, DDSA – 11 мл, DMP – 14 крапель. Смоли протягом 12 годин полімеризували в термостаті при температурі 60 °С.

Ультратонкі зрізи одержували на ультрамікромомі УМТП-7. Розправлення зрізів проводили за допомогою хлороформу, після чого їх переносили на знежирені сіточки.

Надалі відбувалося їх подвійне контрастування ураніацетатом і цитратом свинцю [22]. Отримані препарати проглядалися й фотографувалися в трансмісійному електронному мікроскопі ЕВМ-100БР.

Таблиця 1. Склад органічної компоненти пластових мінералізованих вод Решетняківського родовища

№ з/п	Компоненти	% мас.
		Решетняківське родовище (хлороформ)
1	Бензинові фракції з температурою википання до 180 °C	5
2	Парафінові вуглеводні C ₁₀ –C ₄₂	26,5
3	Циклопарафінові (нафтенові) вуглеводні, які характерні для середніх дистилатів 200–360 °C	19,0
4	Моноароматичні сполуки (похідні бензолу)	8,8
5	Діароматичні сполуки (нафталіни, дифеніли, дифенілалкани)	3,7
6	Три- й тетраароматичні сполуки (флуорени, фенантрени, антрацени, пірени, бензофлуорени, хризени)	18,0
7	Смоли	0,6
8	Сполуки із сіркою та неорганічні речовини	11,3
9	Утрачено при хроматографічному аналізі	5,1
	Усього	100,0

Для одержання об'єктивних кількісних даних щодо зміни в досліджуваних об'єктах застосовували стереологічні методи дослідження [8].

Визначалися такі параметри так: об'ємна частка хлоропластів – $V_{\text{хл}}$ і об'ємна частка мітохондрій – $V_{\text{мх}}$ як дві головні органели рослинних клітин, що продукують енергію. Для цієї мети виготовлялися фотографії стандартних розмірів (13x18) і за допомогою тестової системи сіток із різною кількістю й розмірами квадратів проводили підрахунок указаних вище параметрів.

З метою одержання можливості уявити кількісні дані після стереологічного опрацювання з функціональних позицій, а також мати інтегральні характеристики, що стосуються організації процесів у досліджуваній системі, застосовувалися положення теорії інформації з використанням інформаційного аналізу [4].

Обчислювалися основні показники, що використовуються в теорії інформації: групова ентропія (H), відносна ентропія (h) і коефіцієнт надмірності (R). Узвичаєно, що групова ентропія відбиває рівень розмаїтості елементів у системі або ступінь її гетерогенності. Рахується, що підвищення упорядкованості й життєздатності будь-яких біологічних об'єктів завжди супроводжується зменшенням групової ентропії. Відносна ентропія – це показник того, наскільки кількісно система заповнена інформацією, тобто чим більший цей показник, тим менше залишається можливостей для її адаптивних перетворень. Коефіцієнт надмірності дає змогу визначити надійність досліджуваної системи: чим він більший, тим більше в системі компонентів, які забезпечують стійке виконання функції, природно, результат такої роботи більш надійний.

Ентропію виражали в бітах – це основний показник теорії інформації, а коефіцієнт надмірності – у відсотках.

Хімічні властивості ґрунту визначали стандартними методами [11–15]. За допомогою кореляційного й регресійного аналізу проводили математичну обробку отриманих даних. При цьому достовірність отриманих значень експерименту визначали за допомогою t-критерію Стюдента при значенні рівня значимості відповідно 0,05.

Дані про зміну об'ємних часток хлоропластів у клітинах, отримані в результаті стереологічного аналізу досліджуваних рослин, подано в таблиці 2.

Таблиця 2. Зміна об'ємних часток ($V_{\text{хл}}$) хлоропластів у клітинах досліджуваних рослин, %

Пшениця озима		Кукурудза		Лобода біла	
Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
17,65 ± 0,33	18,74 ± 0,27	18,01 ± 0,34	19,28 ± 0,35	19,21 ± 0,28	9,31 ± 0,19

Одержані результати таблиці 2 свідчать про ріст об'ємних часток хлоропластів у клітинах пшениці озимої та кукурудзи й про істотне зменшення цього показника в клітинах бур'яну. При аналізі розходжень кінетики досліджуваного показника в пшениці озимої та кукурудзи встановлено, що в об'ємі клітин кукурудзи вміст хлоропластів більший. Аналогічні закономірності виявлені при застосуванні пластової мінералізованої води, де виявлено приріст об'ємних часток хлоропластів у цієї культури.

Проведені дослідження впливу ПМВ на субклітинну організацію досліджуваних рослинних об'єктів дали змогу встановити низку фактів, що підтверджують їх різнопланову дію на культурні рослини й бур'яни. Так, починаючи з клітинної стінки або оболонки в пшениці озимої та кукурудзи, після дії ПМВ відзначається тенденція до зменшення її товщини. У бур'янів цей ефект добре виражений. Хоча ультраструктурна організація як власне оболонки, так і зовнішньої мембрани клітин у контролі й у досліді практично не помітні.

Дія ПМВ на хлоропласти клітин бур'яну призводить до дезорганізації, деструкції й втрати впорядкованості локалізації мембран у цих органелах, причому в клітинах бур'янів відбувається не збільшення об'єму цих органел (як у культурних рослин), а, навпаки, зменшення. Міжмембранні простори в клітинах бур'янів зменшуються, мембрани тилакоїдів і гран зближуються, ущільнюються, а в багатьох ділянках чіткість меж між ними сти-

рається. Безумовно, порушення структурності в хлоропластах бур'янів детермінує початок дисфункціональних процесів, гальмування й значною мірою припинення фотосинтетичних процесів. Результатом дії цього ланцюжка причинно-наслідкових зв'язків є в'янення листків бур'янів.

З огляду на роль хлоропластів у хімічній модифікації азотних з'єднань (як однієї з функцій хлоропластів), можна трактувати різке зменшення об'ємних часток цих органел як чинник, що істотно впливає на біосинтез нуклеїнових кислот, адже відновлення нітриту (NO_2^-) до аміаку (NH_3), що відбувається у хлоропластах під дією світлової енергії, також різко гальмується. Відомо, що продукт цієї реакції, тобто аміак, слугує джерелом азоту при біосинтезі амінокислот і нуклеотидів. Останнє, безумовно, порушує пластичний обмін у клітинах і гальмує енергетичний обмін у деструктурованих хлоропластах, як результат, метаболічні процеси в таких органелах дуже далекі від норми.

Варто зазначити, що в стромі хлоропластів знаходяться ферменти, які каталізують утворення жирних кислот у клітині. Останні є одним із головних компонентів клітинних мембран. Тому ультраструктура мембран, особливо тилакоїдних, істотно перебудовується під впливом пластової мінералізованої води.

На основі даних стереологічного аналізу визначено, що після застосування обприскування бур'яну ПМВ відбувається зниження об'ємних часток мітохондрій (таблиця 3).

Таблиця 3. Зміна об'ємних часток мітохондрій у клітинах досліджуваних рослин (%)

Пшениця озима		Кукурудза		Лобода біла	
Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
1,13 + 0,42	1,36 + 0,61	1,38 + 0,55	1,43 + 0,48	1,45 + 0,66	0,11 + 0,04

Як видно з даних таблиці 3, об'ємні частки мітохондрій клітин пшениці озимої та кукурудзи під дією ПМВ збільшуються, водночас цей показник у клітинах бур'яну різко знижується.

Отже, функції, які властиві мітохондріям (біосинтез АТФ), у клітинах бур'яну порушуються. Порівняльний аналіз дає змогу показати, що при використанні ПМВ збільшення об'ємних часток мітохондрій у клітинах пшениці озимої відбувається менш інтенсивно, ніж у клітинах кукурудзи.

У бур'яну більше об'ємних часток хлоропластів і мітохондрій, які визначають їх високу спроможність в отриманні й трансформації енергії. Під дією ПМВ їх число в одиниці об'єму клітин різко знижується, і це зумовлює зниження структурних і функціональних показників клітин і загалом їх життєздатності.

Про збільшення хаотичності в хлоропластах рослинних клітин після застосування ПМВ свідчить ріст групової ентропії та зниження коефіцієнта надмірності, отримані після застосування інформаційного аналізу (таблиця 4). Ріст ентропії означає зниження впорядкованості, підвищення кількості нерегульованих, хаотичних процесів загалом призводить до посилення неорганізованості системи. Зменшення коефіцієнта надмірності трактується як показник зниження надійності аналізованої системи.

Проте в пшениці озимої та кукурудзи зміни настільки незначні, що це можна трактувати як тенденцію до подібних результатів. Водночас у клітинах бур'янів виявлено дуже переконливі інформаційні зсуви, що трактується як прямування процесів життєдіяльності до дезорганізації.

Таблиця 4. Інформаційні показники ультраструктурної організації хлоропластів досліджуваних рослин при дії пластових вод (у бітах)

Інформаційні показники	Пшениця озима		Кукурудза		Лобода біла	
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
H	0,875	0,880	0,803	0,807	0,736	0,934
H	0,329	0,332	0,300	0,306	0,306	0,412
R(%)	67,1	66,8	70,0	69,4	69,4	58,85

Таким чином, у бур'янів під дією ПМВ відбувається така перебудова організації клітинних компонентів, у результаті якої збільшується хаотичність і знижується впорядкованість у клітинах.

Для перевірки біологічної активності окремих складових частин органічної компоненти пластової води проведено додаткову екстракцію хлороформом Решетняківської ПМВ. Одержали 1,73 г речовини, яку розділили хроматографією на силікагелі, аналогічно попередньому аналізу, але бензинову фракцію в чистому вигляді не виділяли, так як остання мала близьку температуру кипіння з елюентом. Інші фракції поділили на чотири групи: 1) парафіни й циклопарафіни (густе біле масло); 2) моноароматичні сполуки – похідні бензолу (прозоре жовтувате масло); 3) діароматичні (нафталіни), дифеніли, дифенілалкани, три-, тетраароматичні сполучення, флюорени, фенантрени, антрацени, пірени, бензфлюорени, хрізени; 4) смоли.

З одержаних фракцій готували емульсії з концентраціями 3 г/л, 0,3 г/л, 0,03 г/л. Одержаними емульсіями обробляли насіння пшениці озимої сорту Альбатрос Одеський. Контролем були 3 варіанти: без обробки, з обробкою водою й обробкою водою з емульгантом.

Оскільки тільки фракція з нафтовими вуглеводами виявила біологічну дію на проростання пшениці, тільки ці експериментальні дані подано в таблиці 5.

Таблиця 5. Дані спостережень за проростанням пшениці озимої, обробленої нафтовою фракцією органічної частини ПМВ

Варіант	Енергія проростання	Схожість, %	Швидкість проростання, діб	Дружність проростання
Контроль – вода	75,3	92,0	3,0	9,2
Контроль – вода + емельгатор	76,0	92,7	3,0	9,3
Парафіни + Нафтени, 3 г/л	62,0	86,7	3,3	9,4
Парафіни + Нафтени, 0,3 г/л	77,0	89,0	3,2	8,9
Парафіни + Нафтени, 0,03 г/л	86,7	93,3	2,8	10,9
НІР 0,05	2,96	0,72	0,56	0,76

Біологічну активність для зерна пшениці озимої спостерігали тільки при використанні парафіново-нафтової фракції (таблиця 5), дія якої сильно залежала від концентрації. Так, висока концентрація знижувала енергію проростання і схожість, уповільнювала швидкість проростання. Поступове зниження концентрації в 10 і 100 разів змінило пригнічення – стимулюванням: енергія проростання для концентрації 0,03 г/л перебільшила контроль, швидкість проростання збільшилася. Щодо нафтових вуглеводнів, то вони в малих дозах стимулюють ріст і розвиток рослин, а в більших кількостях поведуть себе як гербіциди.

Рострегулюючу дію пластової мінералізованої води можна пояснити також тим, що вона містить фітогормони абсцизової кислоти (АБК) та зеатину. Уміст фітогормонів у ПМВ становив: АБК – 4,02 нг/мл, зеатину – 2,0–2,4 нг/мл.

Висновки. Проведені дослідження впливу ПМВ на субклітинну організацію досліджуваних рослинних об'єктів дали змогу встановити низку фактів, що підтверджують їх різнопланову дію на культурні рослини й бур'яни. Дія ПМВ на хлоропласти клітин бур'яну призводить до дезорганізації, деструкції й втрати впорядкованості локалізації мембран у цих органелах, причому в клітинах бур'янів відбувається не збільшення об'єму цих органел (як у культурних рослин), а, навпаки, зменшення.

Визначено, що після застосування обприскування бур'яну ПМВ відбувається зниження об'ємних часток мітохондрій, а об'ємні частки мітохондрій клітин пшениці озимої та кукурудзи під дією ПМВ збільшуються. Отже, функції, які властиві мітохондріям (біосинтез АТФ), у клітинах бур'яну порушуються.

Порівняльний аналіз дає змогу показати, що при використанні ПМВ збільшення об'ємних часток мітохондрій у клітинах пшениці озимої відбувається менш інтенсивно, ніж у клітинах кукурудзи. У бур'яну більше об'ємних часток хлоропластів і мітохондрій, які визначають їх високу спроможність в отриманні й трансформації енергії. Під дією ПМВ їх число в одиниці об'єму клітин різко знижується, і це зумовлює зниження структурних і функціональних показників клітин і загалом їх життєздатність.

Визначено, що в бур'янів під дією ПМВ відбувається така перебудова організації клітинних компонентів, у результаті якої збільшується хаотичність і знижується впорядкованість у клітинах. Також встановлено рострегулюючу дію пластової мінералізованої води, що зумовлено вмістом фітогормонів абсцизової кислоти (АБК) та зеатину.

Список використаних джерел

1. Балюк С.А., Воротинцева Л.І. Про стан ґрунтового покриву України, його родючість, деградацію та охорону. Моніторинг та показники нейтрального рівня деградації земель в Україні. Львів : Простір-М, 2018. 96 с.
2. Балюк С., Медведєв В., Воротинцева Л., Шимель В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів та заходи щодо досягнення її нейтрального рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. Вип. 95. № (8). С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovissnyk201708-01>.
3. Будзьяк О., Будзюк В. Планування природокористування земельних ділянок України в умовах зміни клімату. *Агросвіт*. 2018. № 1. С. 3–9.
4. Леонтюк А.С., Леонтюк Л.А., Сикало А.І. Інформаційний аналіз у морфологічних дослідженнях. Київ : Наука та техніка, 1981. 160 с.
5. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Горб О.О. Формування родючості ґрунту в умовах органічного землеробства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 85–91.
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., Тараненко А.О. Агроекологічні особливості дії природних розсолів та мінералів на ґрунтові мікроорганізми. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 157–164.
8. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю., Цьова Ю.А. Використання суміші СПВ та пробіотичних препаратів як основного добрива на посівах сільськогосподарських культур. *Journal of Innovations and Sustainability*. 2022. Vol. 6 (3). P. 252–261.
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. 196–202.

10. Рева М.А. Супутньо-пластова вода в Східному нафтогазоносному регіоні України як джерело небезпеки або цінний ресурс. *Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія «Геологія»*. 2016. № 1. С. 81–85.
11. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.3:2007. [Чинний від 2009-04-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 18 с. (Національні стандарти України).
12. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.6:2007. [Чинний від 2009-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 30 с. (Національні стандарти України).
13. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в однонормальній солянокислій витяжці методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 7832:2015. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 21 с. (Національні стандарти України).
14. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук цинку в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.2:2007. [Чинний від 2009-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 15 с. (Національні стандарти України).
15. Якість ґрунту. Оцінка впливу ґрунту, забрудненого нафтовими вуглеводнями: ISO 11504:2017. [Чинний від 2018-08-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 42 с. (Національні стандарти України).
16. Drugak V.M., Tretyak N.A. Methodological bases of formation of ecology of land use in the system of public interests. *Ecological sciences*. 2018. № 1. P. 61–68.
17. Nelson A., Barber L., Evans H. Nitrogen fixation associated witgrasses in Oregon. *Microbiol.* 1996. V. 22. № 4. P. 523–540.
18. Obire O., Amusan F. The Environmental Impact of Oilfield Formation Water on a Freshwater Stream in Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 2013. Vol. 7 (1). P. 61–66. <https://doi.org/10.4314/jasem.v7i1.17167>.
19. Pisarenko P.V., Samoilik M.S., Taranenko A.O., Tsova Yu.A. Improvement of technology of obtaining high quality of organic fertilizers with the use of associated layer water and probiotics. *Scientific journals of Vinnitsa national agrarian university. Agriculture and forestry*. 2022. № 24. P. 192–202. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-1-14.
20. Pisarenko P.V., Samoylik M.S., Korchagin O.P. Phytotoxic assessment of sewage treatment methods in disposal sites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 341 (1). P. 346–355. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012002>.
21. 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.org/10.15159/AR.22.045.
22. Rinaudo G. Fixation biologique de l'azote dans trois types de sol de rizieres. *These Doc. Ing., Montpellier*. 1970. P. 192–215.

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.

Postgraduate Student (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.

Postgraduate Student (specialty 201 «Agronomy»),
Department of Ecology, Balanced Nature Management
and Environmental Protection,
Poltava State Agrarian University
Poltava, Ukraine
E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net

MECHANISM OF ACTION OF FORMATIONAL MINERALIZED WATER ON CULTIVATED PLANTS AND WEEDS

Abstract

Currently, in Ukraine, due to the economic and energy crisis, as well as increased requirements for the implementation of environmentally sound technologies, the problem of protecting crops from weeds by inexpensive and effective means has arisen. In this regard, the search for new methods of weed control is becoming especially relevant, while it is desirable that these methods are not technologically complex and, most importantly, that their application in farms does not require large financial costs.

In view of this, we were set the goal of the work, which was aimed at studying the intracellular mechanism of the phytotoxic effect of mineralized water on winter wheat and corn plants and weeds.

The conducted studies of the influence of mineralized water on the subcellular organization of the studied plant objects allowed us to establish a number of facts confirming their diverse effect on cultivated plants and weeds. The effect of mineralized spring water on the chloroplasts of weed cells leads to disorganization, destruction, and loss of order in the localization of membranes in these organelles. Moreover, in weed cells, the volume of these organelles does not increase (as in cultivated plants), but rather decreases.

It was determined that after spraying weeds with mineralized water, the volume fraction of mitochondria decreases, and the volume fraction of mitochondria in winter wheat and corn cells increases under the influence of mineralized water. Therefore, the functions inherent in mitochondria (ATP biosynthesis) in weed cells are disrupted.

Comparative analysis shows that when using mineralized water, the increase in the volume fraction of mitochondria in winter wheat plant cells occurs less intensively than in corn cells. In weeds, there are more volume fractions of chloroplasts and mitochondria, which determine their high ability to obtain and transform energy. Under the influence of mineralized water, their number per unit volume of cells decreases sharply, and this causes a decrease in the structural and functional indicators of cells and their viability in general.

It was determined that in weeds, under the influence of mineralized aquifer water, such a reorganization of the organization of cellular components occurs, as a result of which the chaoticity increases and the orderliness decreases, occurring in the cells of the processes. It was also established that the growth-regulating effect of mineralized aquifer water is due to the content of phytohormones Absciscic acid (ABA) and Zeatin.

Key words: mineralized aquifer water, influence, soil, weeds, cultivated plants.

References

1. Baliuk, S.A., & Vorotyntseva, L.I. (2018). *Pro stan gruntovoho pokryvu Ukrainy, yoho rodiuchist, dehradatsiiu ta okhoronu. Monitorynh ta pokaznyky neitralnoho rinvnia dehradatsii zemel v Ukraini* [On the state of soil cover in Ukraine, its fertility, degradation and protection. Monitoring and indicators of the neutral level of land degradation in Ukraine]. Lviv: Prostir-M [in Ukrainian].
2. Baliuk, S., Medvediev, V., Vorotyntseva, L., & Shymel, V. (2017). Suchasni problemy dehradatsii gruntiv ta zakhody shchodo dosiahnennia yii neitralnoho rinvnia [Modern problems of soil degradation and measures to achieve its neutral level]. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 95 (8), 5–11 [in Ukrainian].
3. Budziak, O., & Budziuk, V. (2018). Planuvannia pryrodokorystuvannia zemelnykh dilianok Ukrainy v umovakh zminy klimatu [Environmental planning of land plots in Ukraine in the context of climate change]. *Ahrosvit – Agro world*, 1, 3–9 [in Ukrainian].
4. Leontiuk, A.S., Leontiuk, L.A., & Sykalo, A.I. (1981). *Informatsiyni analiz u morfolohichnykh doslidzhenniakh* [Information analysis in morphological studies]. K: Nauka ta tekhnika [in Ukrainian].
5. Pysarenko, V.M., Pysarenko, P.V., & Horb, O.O. (2019). Formuvannia rodiuchosti hruntu v umovakh orhanichnoho zemlerobstva [Formation of soil fertility in organic farming conditions]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 85–91 [in Ukrainian].
6. Pysarenko, P.V., Matiukha, V.L., & Pysarenko, P.P. (2021). Efektyvnist bakovykh sumishei pestytsydiv proty shkidnykiv ta khvorob u tekhnolohii vyroshchuvannia 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 ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 80–89 [in Ukrainian].

7. Pysarenko, P.V., Samoylik, M.S., Dychenko, O.Yu., & Taranenko, A.O. (2022). Ahroekologichni 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 ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2. 157–164 [in Ukrainian].
8. Pysarenko, P.V., Samoylik, M.S., Dychenko, O.Yu., & Tsova, Yu.A. (2022). Vykorystannia sumishi SPV ta probiotytykh preparativ yak osnovnoho dobrova na posivakh silskohospodarskykh kultur [Using a mixture of SPV and probiotic preparations as the main fertilizer for agricultural crops]. *Journal of Innovations and Sustainability*, 6 (3), 252–261 [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 ahrarnoi 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. Yakist hruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk kadmiiu v hrunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytyazhti z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Soil quality. Determination of the content of mobile cadmium compounds in soil in a buffered ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry]. (2009). *DSTU 4770.3:2007 from 01 April 2009*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
12. Yakist hruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk midi v hrunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytyazhti z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Soil quality. Determination of the content of mobile copper compounds in soil in a buffered ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry]. (2009). *DSTU 4770.6:2007 from 01 January 2009*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
13. Yakist hruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk svyntsiu v odnonormalnii solianokyslii vytyazhti metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Soil quality. Determination of the content of mobile lead compounds in a one-normal hydrochloric acid extract by atomic absorption spectrophotometry]. (2016). *DSTU 7832:2015 from 01 July 2016*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
14. Yakist hruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk tsynku v hrunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytyazhti z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Soil quality. Determination of the content of mobile zinc compounds in soil in a buffered ammonium acetate extract with pH 4.8 by atomic absorption spectrophotometry]. (2009). *DSTU 4770.2:2007 from 01 April 2009*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
15. Yakist hruntu. Otsinka vplyvu hruntu, zabrudnenoho naftovymy vuhlevodniamy [Soil quality. Impact assessment of soil contaminated with petroleum hydrocarbons]. (2018). *ISO 11504:2017 from 01 August 2018*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
16. Drugak, V.M., & Tretyak, N.A. (2018). Methodological bases of formation of ecology of land use in the system of public interests. *Ecological sciences*. No. 1. P. 61–68 [in English].
17. Nelson, A., Barber, L. & Evans, H. (1996). Nitrogen fixation associated witgrasses in Oregon. *Microbiol.* V. 22, № 4. P. 523–540 [in English].
18. Obire, O. & Amusan, F. (2013). The Environmental Impact of Oilfield Formation Water on a Freshwater Stream in Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. Vol. 7 (1), P. 61–66. <https://doi.org/10.4314/jasem.v7i1.17167> [in English].
19. Pisarenko, P.V., Samoilik, M.S., Taranenko, A.O., & Tsova, Yu.A. (2022). Improvement of technology of obtaining high quality of organic fertilizers with the use of associated layer water and probiotics. *Scientific journals of Vinnitsa national agrarian university. Agriculture and forestry*. № 24. P. 192–202. doi:10.37128/2707-5826-2022-1-14 [in English].
20. Pisarenko, P.V., Samoylik, M.S., & Korchagin, O.P. (2019). Phytotoxic assessment of sewage treatment methods in disposal sites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 341 (1). P. 346–355. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012002> [in English].
21. 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*. Vol. 20. № 4. P. 785–792. doi.org/10.15159/AR.22.045 [in English].
22. Rinaudo, G. (1970). Fixation biologique de l'azote dans trois types de sol de rizieres. *These Doc. Ing., Montpellier*. P. 192–215 [in English].

УДК 648.61

Свергун Ж. Г.

аспірантка кафедри ветеринарного акушерства,
внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: daniezana7@gmail.com
ORCID: 0009-0004-6378-2836

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

ОЦІНЮВАННЯ БАКТЕРИЦИДНОЇ ДІЇ ВОДНОЇ ФОРМИ ОЗОНУ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ЯЄЦЬ

Анотація

Більшість забруднень яєчної шкаралупи відбувається одразу після відкладання яєць, й основним джерелом їх забруднення є контакт шкаралупи з брудними поверхнями. Тому застосування екологічних безпечних та ефективних способів знезараження поверхні шкаралупи курячих яєць у технології виробництва яєчних продуктів харчування є актуальним, а розробки мають інноваційний характер, є досить перспективними. Метою дослідження було визначити мінімальну бактерицидну концентрацію та білковий індекс водної форми озону стосовно музейних штамів мікроорганізмів.

Установлено, що найбільш стійкими до водної форми озону виявилися спороутворюючі бактерії *B. subtilis*, для яких МБК озону становили 1,53 мг/л, на другому місці були дріжджі *S. albicans* – МБК – 1,23 мг/л, середній показник МБК реєструвався до *S. aureus* – 1,0 мг/л, найменша МБК водного озону була до штамів *E. coli* й *P. aeruginosa* – 0,8 мг/л. Найнижча бактерицидна концентрація (0,8–1,0 мг/л) водної форми озону на штами умовно-патогенних бактерій проявлялася протягом експозиції 12–15 хв. Для знищення клітин *E. coli* та *P. aeruginosa* протягом однієї хвилини необхідно, щоб концентрація озону становила 1,23 мг/л, а для *S. aureus* – 1,53 мг/л. Також бактерицидна концентрація водної форми озону на штами *B. subtilis* і *S. albicans* протягом 12–15 хв експозиції становила 1,53 та 1,23 мг/л, відповідно. За органічного забруднення закономірно знижується бактерицидна концентрація водної форми озону, зокрема протягом трьох хвилин експозиції, у середньому в 1,6 раза, а за експозиції протягом шести хвилин – приблизно 1,2 раза. Тобто для підвищення ефективності водної форми озону у виробничих умовах необхідно збільшувати його концентрацію й час впливу. Водночас для оптимізації концентрації водної форми озону та часу контакту з мікроорганізмами необхідно ще проводити ґрунтовніші дослідження для встановлення всіх чинників, які можуть впливати на процес дезінфекції.

Ключові слова: водна форма озону, бактерицидна дія, дезінфекція яєць, штами бактерій.

Вступ. Харчові яйця й напівфабрикати з них (меланж, яєчний порошок) належать до одних із найбільш споживаних продуктів у повсякденному житті завдяки їх високій поживній цінності й доступній ціні. Водночас ця категорія продуктів може бути джерелом харчових патогенів (*Salmonella* spp., *Proteus* spp., *Staphylococcus* spp., *Escherichia* spp. тощо), оскільки шкаралупа яєць є нестерильною і контамінована мікроорганізмами [11; 14; 27]. У технології виробництва яєчних продуктів яйце піддається санітарній обробці – миттю й дезінфекції, при цьому останню операцію зазвичай проводять хлорумісними засобами або хлорованою водою [15; 18]. Проте хлорована вода може спричинити потенційно несприятливий вплив на здоров'я людини й навколишнє середовище [19]. Крім того, сучасні споживачі негативно сприймають використання хімічних речовин у технологіях виробництва продуктів харчування [5; 13]. Тому в наш час все більшої глобальної занепокоєності щодо використання різних хімічних речовин у технології харчових продуктів необхідні пошуки стійких та екологічно чистих технологій, які володіють можливостями швидкої та ефективної дезінфекції. Одним із таких рішень є використання озону, а саме водної форми для знезараження поверхні курячих яєць.

Озон у водній формі може вбивати або інактивувати бактерії, гриби, найпростіші, віруси (включаючи віруси гепатиту А і В, вірус імунodefіциту людини та SARS-CoV-2) [1; 7; 24]. Повідомляється, що бактерицидний ефект водного озону в 600–3000 разів більший, ніж така сама концентрація хлору [2; 26]. Висококонцентрований водний озон, отриманий шляхом електролізу, не містить токсичних оксидів азоту й інших побічних продуктів. Управління з контролю за продуктами й ліками США (FDA) постановило, що озон можна безпечно використовувати як фунгіцид у виробництві харчових продуктів, а Агентство з охорони навколишнього середовища США

також погодилося на використання озону як дезінфікуючого засобу [22]. Нині озон вважається безпечним харчовим консервантом і широко використовується для оброблення овочів і фруктів для збільшення термінів реалізації [2] на фабриках для стерилізації заморожених морепродуктів перед пакуванням [9]. Озон також можна використовувати для стерилізації та дезінфекції холодильних складів, обладнання переробних заводів, повітря, побутових шаф [10], питної води та стічних вод, фруктів, соків [23; 25] та овочів [3; 16]. Стійкість мікроорганізмів до озону залежить від видового складу мікробіоти об'єкта, що піддається впливу, періоду їх фізіологічного росту й кількості бактерій [6; 14]. Також бактерицидний ефект озону залежить від його концентрації в середовищі впливу [21] та інших факторів, таких як рН, наявність органічних сполук тощо [8].

Повідомляється, що основний механізм впливу озону на мікробні клітини під час дезінфекції пов'язаний із пошкодженням цілісності мембран клітин із подальшим реагуванням із ферментами, ДНК і РНК і витіканням умісту через пошкоджені мембрани [4]. Отже, з огляду на наведені дані, науковий інтерес становлять дослідження з вивчення бактерицидної дії водного озону щодо мікробіоти курячих яєць для можливого його застосування в технології виробництва яєчних продуктів.

Метою роботи є визначити мінімальну бактерицидну концентрацію та білковий індекс водної форми озону щодо музейних штамів мікроорганізмів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Озон у водній формі генерував озоногенератор (Baerain, Китай) за температури навколишнього середовища від 15 до 20 °С. Концентрацію розчиненого водного озону вимірювали йодометричним методом, для цього в конічну колбу ємністю 250 мл додали 0,071 г KIO_3 і 1,5 г KI та 50 мл води. Після перемішування інгредієнтів додавали 10 мл оцтової кислоти. Титрування проводили 0,1 моль/л тіосульфату натрію до майже зникнення жовтого розчину [7; 20].

Для визначення мінімальної бактерицидної концентрації водного озону використовували музейні штами бактерій *S. aureus* (ATCC 25923), *P. aeruginosa* (27/99), *E. coli* (055K59 №3912/41), *Bacillus subtilis* (6633 ATCC), *Candida albicans* (ATCC 10231).

Мінімальну бактерицидну концентрацію водної форми озону визначали класичним суспензійним методом [17], для цього готували окремо кожну суспензію із 24-годинних мікроорганізмів у кількості 10^9 КУО/мл (оптичний стандарт каламутності МакФарланда – standard 2) і вносили 0,5 мл у 10 мл водного озону різної концентрації. Перемішували й витримували протягом 60 хв, нейтралізували дію озону шляхом додавання розчину тіосульфату натрію, після цього проводили відсів 1 мл у 5 мл м'ясопептонного бульйону (МПБ) та інкубували за температури $37 \pm 0,5$ °С протягом 24 год. У контролі маніпуляції були аналогічні, але, замість озону, використовували стерильну воду. Мінімальну бактерицидну концентрацію вважали ту найменшу, за якої в пробірці не спостерігався ріст мікроорганізмів (чистий, прозорий МПБ).

Мінімальну бактерицидну концентрацію водного озону залежно від часу експозиції проводили аналогічно, як вище описано, водночас відсів у МПБ проводили через 1, 3, 6, 9, 12 і 15 хв.

Білковий індекс водної форми озону визначали також класичним методом згідно з рекомендаціями [12], водночас, замість сироватки крові, додавали до озону 0,5% курячого білка.

Усі дослідження проводили в триразовій повторності, а статистичну обробку отриманих результатів дослідження – з використанням комп'ютерної програми Statistica 10. Вірогідними вважали дані за $p < 0,05$.

Для визначення мінімальної бактерицидної концентрації (МБК) водної форми озону використовували озон у максимальній концентрації (2,4 мг/л), яку продукує цей озоногенератор. Тому для визначення можливого його застосування в технології знезараження поверхні яєчної шкарлупи проводили визначення МБК генерованого озону та його нижчих концентрацій, при цьому кожне наступне розведення було нижчим на 20% від попереднього. Результати наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Мінімальна бактерицидна концентрація водної форми озону, визначена на музейних штамів мікроорганізмів у суспензійному методі

Концентрація, водного озону мг/л	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>C. albicans</i>
2,40	–	–	–	–	–
1,92	–	–	–	–	–
1,53	–	–	–	–	–
1,23	–	–	–	+	–
1,00	–	–	–	+	+
0,80	+	–	–	+	+
0,64	+	+	+	+	+
0,52	+	+	+	+	+
Контроль, вода стерильна	+	+	+	+	+

З досліджень таблиці 1 відмічаємо різну активність водної форми озону стосовно взятих у дослід музейних штамів мікроорганізмів. Зокрема, найнижча МБК озону реєструвалася стосовно грамнегативних бактерій *E. coli* й *P. aeruginosa*, яка становила для цих штамів 0,8 мг/л водної форми озону. Для грампозитивної мікрофлори МБК була вища, ніж для двох грамнегативних паличок, зокрема для штаму *S. aureus* МБК була на одне розведення

вища – 1,0 мг/л водного озону. Спорова бактерія *B. subtilis* проявляла найвищу стійкість до водної форми озону, оскільки МБК для цього штаму становила 1,53 мг/л, що в 1,9 раза вища МБК, порівнюючи зі штамми *E. coli* й *P. aeruginosa* та в 1,5 раза, ніж у *S. aureus*. Для знищення дріжджової мікрофлори – *C. albicans*, необхідно щоб концентрація водного озону була не нижча за 1,23 мг/л.

Отже, серед досліджених музейних штамів мікроорганізмів до водної форми озону найбільш стійкими виявилися спороутворюючі бактерії – *B. subtilis*, для яких МБК озону становили 1,53 мг/л, на другому місці були дріжджі *C. albicans* – МБК – 1,23 мг/л, середній показник МБК реєструвався до *S. aureus* – 1,0 мг/л, найменша МБК водного озону була до штамів *E. Coli* й *P. aeruginosa* – 0,8 мг/л.

У виробничих умовах застосування біоцидних засобів важливу роль відіграють дані щодо необхідного часу експозиції, за якого буде проявлятися найкращий знезаражувальний ефект. Водночас за умови недостатнього режиму експозиції на поверхні шкарлупи може виявлятися значна кількість вижливих мікроорганізмів, а за надто тривалої обробки збільшується тривалість технологічного часу виробництва продукту. Тому правильні підібрані режими знезараження яєчної шкарлупи мають поєднувати високу ефективність дезінфекції з раціональним часом експозиції. На рис. 1 наведено результати з визначення часу експозиції для бактерицидної дії водної форми озону, залежно від його концентрації на музейних штаммах грампозитивних і грамнегативних бактерій.

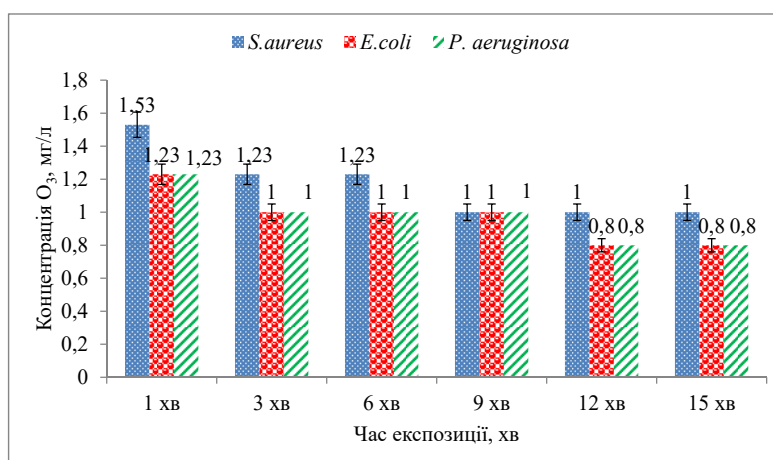


Рис. 1. Бактерицидна концентрація водного озону, залежно від часу експозиції на музейних штаммах *S. aureus*, *E. coli* й *P. aeruginosa*

Згідно з рис. 1, відмічаємо закономірний процес зниження бактерицидної концентрації водної форми озону стосовно музейних штамів бактерій зі збільшенням часу впливу на них. Зокрема, для інактивації клітин музейних штамів *S. aureus* протягом однієї хвилини необхідно, щоб концентрація водної форми озону становила не менше ніж 1,53 мг/л, а для штамів *E. coli* та *P. aeruginosa* – 1,23 мг/л. Зі збільшенням часу експозиції до трьох хвилин бактерицидна концентрація водної форми озону зменшується на одне розведення, до 1,23 мг/л для *S. aureus* і 1,0 мг/л для штамів грамнегативних бактерій. Збільшення експозиції водної форми озону до шести хвилин не зумовило зменшення бактерицидної концентрації біоциду, порівнюючи з дією протягом трьох хвилин. Водночас за контакту водної форми озону з музейними штамми протягом дев'яти хвилин відбулося зменшення бактерицидної концентрації для *S. aureus* до 1,0 мг/л, а для *E. coli* й *P. aeruginosa* бактерицидна концентрація не зазнавала змін і була як за дії протягом трьох і шести хвилин – 1,0 мг/л. Дія озону протягом 12 й 15 хв не змінювала бактерицидну концентрацію для штаму *S. aureus* (1,0 мг/л), водночас протягом цієї експозиції бактерицидна концентрація для штамів *E. coli* й *P. aeruginosa* була однаковою і становила 0,8 мг/л.

Отже, найнижча бактерицидна концентрація (0,8–1,0 мг/л) водної форми озону на штамів умовно-патогенних бактерій проявлялася протягом експозиції 12–15 хв. Для знищення клітин *E. Coli* й *P. aeruginosa* протягом однієї хвилини необхідно, щоб концентрація озону становила 1,23 мг/л, а для *S. aureus* – 1,53 мг/л.

Дослідження стосовно виявлення впливу тривалості експозиції штамів *B. subtilis* і *C. albicans* у водній формі озону на зміну бактерицидної концентрації наведено на рис. 2.

Згідно з рис. 2, для знищення клітин *B. subtilis* протягом однієї хвилини необхідно застосовувати максимальну концентрацію водної форми озону, яку продукував озоногенератор – 2,4 мг/л, а для штаму *C. albicans* протягом цього часу дії бактерицидна концентрація була на одне розведення нижча – 1,92 мг/л. Протягом трихвилинної експозиції концентрація озону для інактивування клітин *B. subtilis* зменшилася на одне розведення, водночас для знищення *C. albicans* бактерицидна концентрація не змінилася, порівняно з однохвилинною експозицією. За експозиції протягом шести хвилин бактерицидна концентрація озону на клітини *B. subtilis* не знизилася, порівняно з трьома хвилинами, і становила 1,92 мг/л, а для клітин *C. albicans* бактерицидна концентрація біоциду знизилася на одне розведення – до 1,53 мг/л. Збільшення часу експозиційного впливу водної форми озону до дев'яти хвилин не змінило бактерицидну концентрацію, порівняно із шістьма хвилинами дії. Водночас протягом

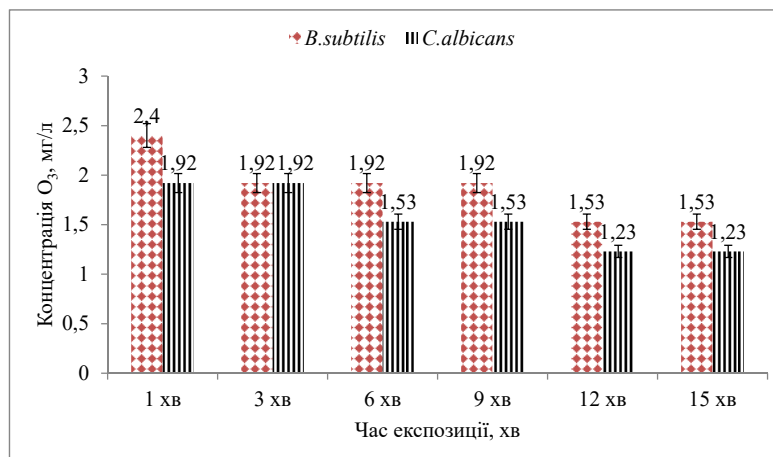


Рис. 2. Бактерицидна концентрація водного озону, залежно від часу експозиції на музейні штами *B. subtilis* і *C. albicans*

12 хв експозиції реєстрували зниження бактерицидної концентрації водної форми озону на одне розведення для *B. subtilis* і *C. albicans* до 1,53 та 1,23 мг/л, відповідно. Час дії водної форми озону на ці штами мікроорганізмів упродовж 15 хв не зменшив бактерицидну концентрацію, порівняно з 12 хв експозиції.

Отже, бактерицидна концентрація водної форми озону на штами *B. subtilis* і *C. albicans* протягом 12–15 хв експозиції становила 1,53 та 1,23 мг/л відповідно. Для швидшого прояву бактерицидної дії необхідно підвищувати концентрацію озону у воді.

У реальних виробничих умовах шкаралупа курячих яєць не є ідеально чистою, на ній зазвичай можуть бути сліди органічного забруднення, які перешкоджають знезаражувальній дії будь-якого біоцидного засобу. Тому для вірогіднішого оцінювання ефективності розроблюваних дезінфікувальних засобів та апробації режимів експозиції в лабораторних умовах визначають бактерицидну дію біоцидів за «білкового навантаження». Для цього зазвичай у різні концентрації біоциду додають органічні речовини (сироватка крові, знежирене молоко, білок курячого яйця) і визначають, у скільки разів змінюється бактерицидна дія деззасобу. Ми також визначили вплив додавання в різні концентрації водної форми озону курячого білка на його бактерицидний ефект. Результати досліджень подано в таблиці 2.

Таблиця 2. Білковий індекс водного озону стосовно музейних штамів мікроорганізмів

Мікроорганізми	Бактерицидна концентрація озону (мг/л) протягом 3 хв експозиції	Бактерицидна концентрація озону (мг/л) з 5% білку протягом 3 хв експозиції	Бактерицидна концентрація озону (мг/л) протягом 6 хв експозиції	Бактерицидна концентрація озону (мг/л) з 5% білку протягом 6 хв експозиції
<i>S. aureus</i>	1,23	1,92	1,23	1,92
<i>E. coli</i>	1,0	1,53	1,0	1,23
<i>P. aeruginosa</i>	1,0	1,53	1,0	1,23
<i>B. subtilis</i>	1,92	2,40	1,92	2,40
<i>C. albicans</i>	1,92	2,40	1,53	1,92

З таблиці 2 випливає, що у випадку забруднення водного середовища 5% білка бактерицидна концентрація розчину озону протягом трьох хвилин експозиції підвищувалася в середньому в 1,5–1,6 раза щодо штамів *S. aureus*, *E. coli* й *P. aeruginosa*. Тобто для *S. aureus* з 1,23 до 1,92 мг/л озону та з 1,0 до 1,53 для *E. coli* та *P. aeruginosa* відповідно. Для штамів *B. subtilis* і *C. albicans* протягом цього часу експозиції бактерицидна концентрація озону за присутності білка збільшилася в 1,25 раза (з 1,92 до 2,40 мг/л).

Збільшення часу впливу озону до шести хвилин на штами мікроорганізмів із білковим навантаженням не спричиняло зміни бактерицидної концентрації щодо клітин *S. aureus*. Водночас стосовно штамів *E. coli* й *P. aeruginosa* протягом цього часу впливу бактерицидна концентрація озону зросла в 1,2 раза – з 1,0 до 1,23 мг/л. Аналогічне збільшення концентрації озону (1,2 раза) відмічали й у *B. subtilis* і *C. albicans* за цієї експозиції.

Отже, органічне – білкове – забруднення об'єктів знезараження буде знижувати бактерицидний ефект водної форми озону протягом трьох хвилин експозиції в середньому в 1,6 раза, а за експозиції протягом шести хвилин – приблизно 1,2 раза. Тобто для підвищення ефективності водної форми озону у виробничих умовах необхідно збільшувати його концентрацію та час впливу.

Більшість забруднень яєчної шкаралупи відбувається одразу після відкладання яєць, основним джерелом їх забруднення є контакт шкаралупи з брудними поверхнями. Тому застосування екологічних безпечних та ефектив-

них способів знезараження поверхні шкарлупи курячих яєць у технології виробництва яєчних продуктів питання є актуальним, а розробки мають інноваційний характер і є досить перспективними. На ринку є значна кількість хімічних біоцидних засобів, які використовуються в технології дезінфекції інкубаційних яєць [28], водночас вони не можуть бути використані у виробництві яєчних продуктів через можливість потрапляння хімічних складників у харчовий продукт. Метою дослідження було визначити мінімальну бактерицидну концентрацію та білковий індекс водної форми озону стосовно музейних штамів мікроорганізмів, адже водна форма озону, на відміну від газоподібної, є не токсична, може генеруватися портативним озонатором і застосовуватися в технології знезараження багатьох харчових продуктів [2; 3; 16] як рослинного [23; 25], так і тваринного походження [9].

Наші дослідження встановили, що серед досліджених музейних штамів мікроорганізмів до водної форми озону, який генерує портативний озонатор (Baergain, Китай), найбільш стійкими виявилися спороутворюючі бактерії – *B. subtilis*, для яких МБК озону становили 1,53 мг/л, на другому місці були дріжджі *C. albicans* – МБК – 1,23 мг/л, середній показник МБК реєструвався до *S. aureus* – 1,0 мг/л, найменша МБК водного озону була до штамів *E. coli* й *P. aeruginosa* – 0,8 мг/л. У дослідженнях [6] показано, що стійкість досліджених мікроорганізмів до озонної води знаходилася в порядку *A. fumigatus* > *C. albicans* > *E. coli* > *S. aureus*. Зменшення бактерій кишкової палички на 7 log (100% видалення з текстильної тканини) спостерігалось у воді після обробки озоном за концентрації 3 мг/л протягом п'яти хвилин експозиції. Для порівняння: з такої концентрації озону *C. albicans* повністю інактивувалася протягом 11 хвилин експозиції. Також дослідники [1] продемонстрували, що водний озон у концентрації 0,75 мг/л є високоефективним для інактивації вірусу SARS-CoV-2 після 5 хвилин інкубації, при цьому концентрація 0,375 мг/л забезпечує 82–91,5% інактивації за цей час. Водночас така концентрація водного озону не була токсичною та не впливала на виживання двох експериментальних моделей комах.

Під час визначення часу впливу (експозиції) на бактерицидну дію водної форми озону встановлено, що найнижча бактерицидна концентрація (0,8–1,0 мг/л) водної форми озону на штами умовно-патогенних бактерій проявлялася протягом експозиції 12–15 хв. Для знищення клітин *E. coli* й *P. aeruginosa* протягом однієї хвилини необхідно, щоб концентрація озону становила 1,23 мг/л, а для *S. aureus* – 1,53 мг/л. Також бактерицидна концентрація водної форми озону на штами *B. subtilis* і *C. albicans* протягом 12–15 хв експозиції становила 1,53 й 1,23 мг/л відповідно. Для швидшого прояву бактерицидної дії необхідно підвищувати концентрацію озону у воді. Подібні результати отримали інші дослідники [8], які показали ефективність озонування щодо впливу в концентрації 1 мг/л протягом 30 с, 1 хв, 5 хв, 10 хв, 20 хв на штами *E. coli* й *E. faecalis*. Виявлено, що клітини *E. faecalis* інактивовані через 30 с після обробки 1 мг/л озону, тоді як клітини *E. coli* інактивувалися повільно, для повного їх знищення треба було 20 хв. У дослідженнях [28] бактерицидна концентрація стабілізованого водного озону на музейних штамів бактерій *S. aureus* і *P. aeruginosa*, які контамінували різні тест-платини (метал, кераміка, пластик), була 1,71 мг/л. Для музейного штаму *E. coli* бактерицидна концентрація була нижча – 1,22 мг/л з експозицією упродовж 2 хв.

Загалом більшість даних щодо бактерицидної концентрації озону на музейних штамів мікроорганізмів узгоджується між собою. На нашу думку, деяка різниця в результатах дослідження між бактерицидною концентрацією і часом впливу на мікроорганізми пов'язана з використанням різних штамів бактерій, умов експерименту, контролю концентрації озону в субстраті. Водночас зазвичай дані засвідчують високу ефективність водної форми озону за концентрації від 1 мг/л та експозиції до 20 хв.

Під час визначення бактерицидної концентрації водної форми озону за білкового навантаження ми виявили, що органічне – білкове – забруднення об'єктів знезараження буде знижувати бактерицидний ефект водної форми озону протягом трьох хвилин експозиції в середньому в 1,6 раза, а за експозиції протягом шість хвилин – приблизно 1,2 раза. Тобто для підвищення ефективності водної форми озону у виробничих умовах необхідно збільшувати його концентрацію і час впливу. Добру ефективність дії водної форми озону у виробничих умовах за миття салату показали дослідження [8], за їхніми даними, після п'яти хвилин миття салату в озонній воді за концентрації 5 мг/л зниження загального мікробного забруднення було в 1,8 log КУО/мл змиву. За іншими даними [2], дія водної форми озону в концентрації від 0,12 до 3,8 мг/л спричиняла зменшення грампозитивної мікрофлори в 1–7 log КУО/мл змиву. Вплив на грамнегативну мікрофлору був майже аналогічний, зокрема за обробки озоном від 0,4 до 6,5 мг/л загальне мікробне забруднення зменшувалося на 0,5–6,5 log КУО/мл змиву.

Таким чином, наші дослідження виявили досить високу антимікробну активність водної форми озону стосовно музейних штамів мікроорганізмів як у суспензійному методі, так і за білкового навантаження. Водночас для оптимізації доз (концентрації) водної форми озону й часу контакту з мікроорганізмами необхідно ще проводити ґрунтовніші дослідження для встановлення всіх чинників, які можуть впливати на процес дезінфекції.

Висновки. Отже, на основі викладеного вище можемо підсумувати таке:

1. Найбільш стійкими до водної форми озону виявилися спороутворюючі бактерії *B. subtilis*, для яких МБК озону становили 1,53 мг/л, на другому місці були дріжджі *C. albicans* – МБК – 1,23 мг/л, середній показник МБК реєструвався до *S. aureus* – 1,0 мг/л, найменша МБК водного озону була до штамів *E. coli* й *P. aeruginosa* – 0,8 мг/л.

2. Найнижча бактерицидна концентрація (0,8–1,0 мг/л) водної форми озону на штами умовно-патогенних бактерій проявлялася протягом експозиції 12–15 хв. Для знищення клітин *E. coli* й *P. aeruginosa* протягом однієї хвилини необхідно, щоб концентрація озону становила 1,23 мг/л, а для *S. aureus* – 1,53 мг/л. Також бактерицидна

концентрація водної форми озону на штами *B. subtilis* і *C. albicans* протягом 12–15 хв експозиції становила 1,53 та 1,23 мг/л відповідно.

3. За органічного забруднення закономірно знижується бактерицидна концентрація водної форми озону, зокрема, протягом трьох хвилин експозиції в середньому в 1,6 раза, а за експозиції протягом шести хвилин приблизно 1,2 раза. Тобто для підвищення ефективності водної форми озону у виробничих умовах необхідно збільшувати його концентрацію і час впливу.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні знезаражувального ефекту водної форми озону на різних тест-об'єктах (скло, сталь, шкарлупа яєць) та ефективних режимів застосування цього біоциду для деконтамінації поверхні курячих яєць у технології виробництва яєчних продуктів.

Список використаних джерел

1. Albert S., Amarilla A. A., Trollope B., Sng J. D., Setoh Y. X., Deering N., Khromykh A. A. Assessing the potential of unmanned aerial vehicle spraying of aqueous ozone as an outdoor disinfectant for SARS-CoV-2. *Environmental Research*. 2021. Vol. 196. P. 110944. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110944>
2. Aslam R., Alam M. S., Saeed P. A. Sanitization Potential of Ozone and Its Role in Postharvest Quality Management of Fruits and Vegetables. *Food Engineering Reviews*. 2019. Vol. 12, no. 1. P. 48–67. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09204-0>
3. Chandran S., Baker C. A., Hamilton A. N., Dhulappanavar G. R., Jones S. L., Gibson K. E. Aqueous Ozone Efficacy for Inactivation of Foodborne Pathogens on Vegetables used in Raw Meat-Based Diets for Companion Animals. *Journal of Food Protection*. 2023. P. 100175. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100175>
4. Czekalski N., Imminger S., Salhi E., Veljkovic M., Kleffel K., Drissner, D., Von Gunten U. Inactivation of Antibiotic Resistant Bacteria and Resistance Genes by Ozone: From Laboratory Experiments to Full-Scale Wastewater Treatment. *Environmental Science & Technology*. 2016. Vol. 50, no. 21. P. 11862–11871. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02640>
5. El Alami El Hassani N., Baraket A., Alem C. Recent advances in natural food preservatives: a sustainable solution for food safety and shelf life extension. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2024. Vol. 19. P. 293–315. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02969-x>
6. Epelle E. I., Macfarlane A., Cusack M., Burns A., Amaeze N., Richardson K., Yaseen M. Stabilisation of Ozone in Water for Microbial Disinfection. *Environments*. 2022. Vol. 9, no. 4. P. 45. <https://doi.org/10.3390/environments9040045>
7. Feng L., Zhang K., Gao M., Shi C., Ge C., Qu D., Han J. Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* by Aqueous Ozone. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2018. Vol. 28, no. 8. P. 1233–1246. <https://doi.org/10.4014/jmb.1801.01056>
8. Girgin Ersoy Z., Barisci S., Dinc O. Mechanisms of the *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis* inactivation by ozone. *LWT*. 2019. Vol. 100. P. 306–313. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.095>
9. Glowacz M., Colgan R., Rees D. The use of ozone to extend the shelf-life and maintain quality of fresh produce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014. Vol. 95, no. 4. P. 662–671. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6776>
10. Hamid Z., Meyrick B. K., Macleod J., Heath E. A., Blaxland J. The application ozone within the food industry, mode of action, current and future applications, and regulatory compliance. *Letters in Applied Microbiology*. 2024. Vol. 77, no. 11. P. 101. <https://doi.org/10.1093/lambio/ovae101>
11. Kouam M. K., Biekop M. H., Katte B., Teguia A. Salmonella status of table eggs in commercial layer farms in Menoua Division, West region of Cameroon. *Food Control*. 2018. Vol. 85. P. 345–349. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.09.037>
12. Kozlovska I. M., Romanjuk N. Y., Romanjuk L. M., Kukhtyn M. D., Horiuk Y. V., Karpuk G. V. The effect of antimicrobial agents on planktonic and biofilm forms of bacteria that are isolated from chronic anal fissures. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. Vol. 8, no. 4. P. 577–582. <https://doi.org/10.15421/021789>
13. Kukhtyn M., Horiuk Y., Yaroshenko T., Laiter-Moskaliuk S., Levytska V., Reshetnyk A. Effect of lactic acid microorganisms on the content of nitrates in tomato in the process of pickling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1, no. 11 (91). P. 69–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120548>
14. Kukhtyn M., Sverhun Z., Horiuk Y., Salata V., Laiter-Moskaliuk S., Mocherniuk M., Horiuk V. The influence of different methods of decontamination of microbial biofilms formed on eggshells. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2024. Vol. 18. P. 666–682. <https://doi.org/10.5219/1981>
15. Lin C. M., Chen S. Y., Lin Y. T., Hsiao C. P., Liu C. T., Hazeena S. H., Hou C. Y. Inactivating *Salmonella Enteritidis* on shell eggs by using ozone microbubble water. *International Journal of Food Microbiology*. 2023. P. 110213. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110213>
16. Miller F. A., Silva C. L. M., Brandão T. R. S. A Review on Ozone-Based Treatments for Fruit and Vegetables Preservation. *Food Engineering Reviews*. 2013. Vol. 5, no. 2. P. 77–106. <https://doi.org/10.1007/s12393-013-9064-5>
17. Mocherniuk M. M., Kukhtyn M. D., Horiuk Y. V., Danilov S. O. Effectiveness of using stabilized aqueous ozone for bioaerosol and surface sanitation in veterinary clinics. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*. 2023. Vol. 38. C. 203–209. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.30>
18. Mohammadi-Aragh M. K., Linhoss J. E., Evans J. D. Effects of various disinfectants on the bacterial load and microbiome of broiler hatching eggs using electrostatic spray. *Journal of Applied Poultry Research*. 2022. P. 100278. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100278>
19. Ölmez H., Kretschmar U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *LWT – Food Science and Technology*. 2009. Vol. 42, no. 3. P. 686–693. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.001>
20. Patil S., Cullen P. J., Kelly B., Frias J. M., Bourke P. Extrinsic control parameters for ozone inactivation of *Escherichia coli* using a bubble column. *Journal of Applied Microbiology*. 2009. Vol. 107, no. 3. P. 830–837. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04255.x>

21. Pavlovich M. J., Chang H. W., Sakiyama Y., Clark D. S., Graves D. B. Ozone correlates with antibacterial effects from indirect air dielectric barrier discharge treatment of water. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2013. Vol. 46, no. 14. P. 145202. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/46/14/145202>
22. Perry J. J., Yousef A. E. Decontamination of Raw Foods Using Ozone-Based Sanitization Techniques. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2011. Vol. 2, no. 1. P. 281–298. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022510-133637>
23. Sarron E., Gadonna-Widehem P., Aussenac T. Ozone Treatments for Preserving Fresh Vegetables Quality, A Critical Review. *Foods*. 2021. Vol. 10, no. 3. P. 605. <https://doi.org/10.3390/foods10030605>
24. Savitri D., Shetty S., Chandra S. S., Jayalakshmi K. B., Gowda M., Rai N., Reddy S. Efficacy of ozonated water, 2% chlorhexidine and 5.25% sodium hypochlorite on five microorganisms of endodontic infection: In vitro study. *Advances in Human Biology*. 2018. Vol. 8, no. 1. P. 19. https://doi.org/10.4103/aihb.aihb_45_16
25. Song W. J., Shin J. Y., Ryu S., Kang D. H. Inactivation of Escherichia coli O157:H7, Salmonella Typhimurium and Listeria monocytogenes in apple juice at different pH levels by gaseous ozone treatment. *Journal of Applied Microbiology*. 2015. Vol. 119, no. 2. P. 465–474. <https://doi.org/10.1111/jam.12861>
26. Tizaoui C. Ozone: A Potential Oxidant for COVID-19 Virus (SARS-CoV-2). *Ozone: Science & Engineering*. 2020. Vol. 42, no. 5. P. 378–385. <https://doi.org/10.1080/01919512.2020.1795614>
27. Wan Z., Chen Y., Pankaj S. K., Keener K. M. High voltage atmospheric cold plasma treatment of refrigerated chicken eggs for control of Salmonella Enteritidis contamination on egg shell. *LWT – Food Science and Technology*. 2017. Vol. 76. P. 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.051>
28. Zeweil H. S., Rizk R. E., Bekhet G. M., Ahmed M. R. Comparing the effectiveness of egg disinfectants against bacteria and mitotic indices of developing chick embryos. *The Journal of Basic & Applied Zoology*. 2015. Vol. 70. P. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2014.12.005>

Sverhun Zh. G.

Postgraduate Student at the Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery,
Higher educational institution “Podillia State University”

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: daniezana7@gmail.com

ORCID: 0009-0004-6378-2836

Kukhtyn M. D.

Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Head of the Department of Food Biotechnology and Chemistry,
Ternopil Ivan Pului National Technical University

Ternopil, Ukraine

E-mail: kuchtynnic@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0195-0767

ASSESSMENT OF BACTERICIDAL ACTION OF AQUEOUS OZONE TO DISINFECTED THE SURFACE OF EGGS

Abstract

Most egg shell contaminants occur immediately after the eggs are laid, and the main source of contamination is the contact of the shell with dirty surfaces. Therefore, the use of ecological safe and effective ways of decontamination of the surface of chicken eggs in the technology of egg production technology, the question is relevant, and the development is innovative and are quite promising. The purpose of this study was to determine the minimal bactericidal concentration and the protein index of aqueous ozone relative to museum strains of microorganisms.

It was established that the most resistant to the aqueous form of ozone were spore-forming bacteria *B. subtilis*, for which minimal bactericidal concentration ozone was 1.53 mg/l, in the second place were yeast *C. albicans* – minimal bactericidal concentration – 1.23 mg/l, the average minimal bactericidal concentration was registered to *S. aureus*, *E. coli* and *P. aeruginosa* – 0.8 mg/l. The lowest bactericidal concentration (0.8–1.0 mg/l) of aqueous ozone on strains of conditionally pathogenic bacteria was manifested during an exposure of 12–15 min. For the destruction of *E. coli* and *P. aeruginosa* cells within one minute, it is necessary that the ozone concentration is 1.23 mg/l, and for *S. aureus* – 1.53 mg/l. Also, the bactericidal concentration of ozone on strains *B. subtilis* and *C. albicans* within 12–15 min of the exposure was 1.53 and 1.23 mg/l, respectively. Organic contamination naturally reduces the bactericidal concentration of ozone, in particular within three minutes of the exposure, on average 1.6 times, and for exposures for six minutes about 1.2 times. That is, to increase the efficiency of the water form of ozone in production conditions it is necessary to increase its concentration and time of influence. At the same time, in order to optimize the concentration of the water form of ozone and contact with microorganisms, it is necessary to carry out more thorough studies to establish all factors that can affect the disinfection process.

Key words: water form of ozone, bactericidal action, egg disinfection, bacteria strains.

References

1. Albert, S., Amarilla, A.A., Trollope, B., Sng, J.D., Setoh, Y.X., Deering, N., ... & Khromykh, A.A. (2021). Assessing the potential of unmanned aerial vehicle spraying of aqueous ozone as an outdoor disinfectant for SARS-CoV-2. *Environmental Research*, 196, 110944. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110944> [in English].

2. Aslam, R., Alam, M.S., & Saeed, P.A. (2019). Sanitization potential of ozone and its role in postharvest quality management of fruits and vegetables. *Food Engineering Reviews*, 12(1), 48–67. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09204-0> [in English].
3. Chandran, S., Baker, C.A., Hamilton, A.N., Dhulappanavar, G.R., Jones, S.L., & Gibson, K.E. (2023). Aqueous ozone efficacy for inactivation of foodborne pathogens on vegetables used in raw meat-based diets for companion animals. *Journal of Food Protection*, 100175. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100175> [in English].
4. Czekalski, N., Imminger, S., Salhi, E., Veljkovic, M., Kleffel, K., Drissner, D., ... & Von Gunten, U. (2016). Inactivation of antibiotic resistant bacteria and resistance genes by ozone: From laboratory experiments to full-scale wastewater treatment. *Environmental Science & Technology*, 50(21), 11862–11871. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02640> [in English].
5. El Hassani, N.E.A., Baraket, A., & Alem, C. (2024). Recent advances in natural food preservatives: A sustainable solution for food safety and shelf life extension. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19, 293–315. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02969-x> [in English].
6. Epelle, E.I., Macfarlane, A., Cusack, M., Burns, A., Amaeze, N., Richardson, K., ... & Yaseen, M. (2022). Stabilisation of ozone in water for microbial disinfection. *Environments*, 9 (4), 45. <https://doi.org/10.3390/environments9040045> [in English].
7. Feng, L., Zhang, K., Gao, M., Shi, C., Ge, C., Qu, D., ... & Han, J. (2018). Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* by aqueous ozone. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28 (8), 1233–1246. <https://doi.org/10.4014/jmb.1801.01056> [in English].
8. Girgin Ersoy, Z., Barisci, S., & Dinc, O. (2019). Mechanisms of the *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis* inactivation by ozone. *LWT*, 100, 306–313. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.095> [in English].
9. Glowacz, M., Colgan, R., & Rees, D. (2014). The use of ozone to extend the shelf-life and maintain quality of fresh produce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95 (4), 662–671. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6776> [in English].
10. Hamid, Z., Meyrick, B. K., Macleod, J., Heath, E. A., & Blaxland, J. (2024). The application of ozone within the food industry, mode of action, current and future applications, and regulatory compliance. *Letters in Applied Microbiology*, 77(11), 101. <https://doi.org/10.1093/lambio/ovae101> [in English].
11. Kouam, M.K., Biekop, M.H., Katte, B., & Teguaia, A. (2018). *Salmonella* status of table eggs in commercial layer farms in Menoua Division, West region of Cameroon. *Food Control*, 85, 345–349. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.09.037> [in English].
12. Kozlovskaya, I.M., Romanjuk, N.Y., Romanjuk, L.M., Kukhtyn, M.D., Horiuk, Y.V., & Karpyk, G.V. (2017). The effect of antimicrobial agents on planktonic and biofilm forms of bacteria that are isolated from chronic anal fissures. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8 (4), 577–582. <https://doi.org/10.15421/021789> [in English].
13. Kukhtyn, M., Horiuk, Y., Yaroshenko, T., Laiter-Moskaliuk, S., Levytska, V., Reshetnyk A. (2018). Effect of lactic acid microorganisms on the content of nitrates in tomato in the process of pickling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11), 69–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120548> [in English].
14. Kukhtyn, M., Sverhun, Z., Horiuk, Y., Salata, V., Laiter-Moskaliuk, S., Mocherniuk, M., ... & Horiuk, V. (2024). The influence of different methods of decontamination of microbial biofilms formed on eggshells. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 18, 666–682. <https://doi.org/10.5219/1981> [in English].
15. Lin, C.M., Chen, S.Y., Lin, Y.T., Hsiao, C.P., Liu, C.T., Hazeena, S.H., ... & Hou, C.Y. (2023). Inactivating *Salmonella* Enteritidis on shell eggs by using ozone microbubble water. *International Journal of Food Microbiology*, 110213. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110213> [in English].
16. Miller, F.A., Silva, C.L. M., & Brandão, T.R.S. (2013). A review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation. *Food Engineering Reviews*, 5(2), 77–106. <https://doi.org/10.1007/s12393-013-9064-5> [in English].
17. Mocherniuk, M.M., Kukhtyn, M.D., Horiuk, Y.V., & Danilov, S.O. (2023). Effectiveness of using stabilized aqueous ozone for bioaerosol and surface sanitation in veterinary clinics. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 38, 203–209. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.30> [in English].
18. Mohammadi-Aragh, M.K., Linhoss, J.E., & Evans, J.D. (2022). Effects of various disinfectants on the bacterial load and microbiome of broiler hatching eggs using electrostatic spray. *Journal of Applied Poultry Research*, 100278. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100278> [in English].
19. Ölmez, H., & Kretschmar, U. (2009). Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. *LWT-Food Science and Technology*, 42 (3), 686–693. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.08.001> [in English].
20. Patil, S., Cullen, P. J., Kelly, B., Frias, J. M., & Bourke, P. (2009). Extrinsic control parameters for ozone inactivation of *Escherichia coli* using a bubble column. *Journal of Applied Microbiology*, 107 (3), 830–837. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04255.x>.
21. Pavlovich, M.J., Chang, H.W., Sakiyama, Y., Clark, D.S., & Graves, D.B. (2013). Ozone correlates with antibacterial effects from indirect air dielectric barrier discharge treatment of water. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 46 (14), 145202. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/46/14/145202> [in English].
22. Perry, J.J., & Yousef, A.E. (2011). Decontamination of raw foods using ozone-based sanitization techniques. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2 (1), 281–298. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022510-133637> [in English].
23. Sarron, E., Gadonna-Widehem, P., & Aussenac, T. (2021). Ozone treatments for preserving fresh vegetables quality: A critical review. *Foods*, 10 (3), 605. <https://doi.org/10.3390/foods10030605> [in English].
24. Savitri, D., Shetty, S., Chandra, S.S., Jayalakshmi, K.B., Gowda, M., Rai, N., ... & Reddy, S. (2018). Efficacy of ozonated water, 2% chlorhexidine and 5.25% sodium hypochlorite on five microorganisms of endodontic infection: In vitro study. *Advances in Human Biology*, 8 (1), 19. https://doi.org/10.4103/aihb.aihb_45_16 [in English].
25. Song, W.J., Shin, J.Y., Ryu, S., & Kang, D.H. (2015). Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium and *Listeria monocytogenes* in apple juice at different pH levels by gaseous ozone treatment. *Journal of Applied Microbiology*, 119(2), 465–474. <https://doi.org/10.1111/jam.12861> [in English].
26. Tizaoui, C. (2020). Ozone: A potential oxidant for COVID-19 virus (SARS-CoV-2). *Ozone: Science & Engineering*, 42(5), 378–385. <https://doi.org/10.1080/01919512.2020.1795614> [in English].

27. Wan, Z., Chen, Y., Pankaj, S.K., & Keener, K.M. (2017). High voltage atmospheric cold plasma treatment of refrigerated chicken eggs for control of *Salmonella Enteritidis* contamination on egg shell. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.051> [in English].

28. Zeweil, H.S., Rizk, R.E., Bekhet, G.M., & Ahmed, M.R. (2015). Comparing the effectiveness of egg disinfectants against bacteria and mitotic indices of developing chick embryos. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 70, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2014.12.005> [in English].

УДК 631.532/.536:582.661.21]:631.816.1

Тирус М. Л.

кандидат сільськогосподарських наук,
завідувач кафедри технологій у рослинництві,
Львівський національний університет природокористування
Дубляни, Україна
E-mail: tyrusmaria0408@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9882-9540

ВПЛИВ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ НА ПРОХОДЖЕННЯ ФАЗ ВЕГЕТАЦІЇ СОРТІВ АМАРАНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ДОБРІВ

Анотація

Ріст, розвиток рослин та формування урожайності найбільше залежать від п'ятих чинників зовнішнього середовища: тепла, вологи, світла, повітря, поживних мінеральних речовин. Перші чотири у сукупності формують агрометеорологічні ресурси. Найбільший вплив на врожайність мають гідротермічні чинники – опади, температура і розподіл їх під час вегетації. Дослідження з вивчення особливостей проходження фенологічних фаз росту і розвитку рослин амаранту проводили на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування впродовж 2020–2023 років. Встановлено основні чинники впливу росту і розвитку рослин амаранту в умовах достатнього зволоження Лісостепу західного. Тривалість вегетаційного періоду визначалася сортовими особливостями досліджуваних сортів амаранту. Підвищена температура повітря пришвидшувала проходження фаз вегетації сортів амаранту. Найдовший міжфазний період сімба–сходи (BVCH 01–10) тривав 21 день у 2020 році за температури у травні 10,8°C. Проходження наступних фаз вегетації амаранту змінювалось залежно від норм внесення мінеральних добрив і сортових особливостей досліджуваних сортів. Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду сходи–бутонізація (BVCH 11–50) становив $r = 0,93$. Підвищена температура повітря у липні (21,7°C) сприяла скороченню тривалості періоду бутонізація–цвітіння (BVCH 51–60) залежно від норми добрив і року досліджень. Це підтверджується результатами статистичного аналізу: встановлено помітний вплив температури повітря на проходження періоду бутонізація–цвітіння (BVCH 51–60), коефіцієнт кореляції $r = 53$. Найбільше норми добрив вплинули на настання фази дозрівання та тривалість вегетаційного періоду. Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду цвітіння–дозрівання (BVCH 61–89) і тривалістю вегетації відповідно становив $r = 0,88$ і $r = 0,97$.

Ключові слова: амарант, метеорологічні умови, фази вегетації.

Вступ. Зерно амаранту є високопоживною псевдозерновою культурою з більшою кількістю білка порівняно зі справжніми злаками. Це досить добре збалансована їжа з функціональними властивостями, які забезпечують лікувальні переваги. Переваги для здоров'я включають зниження рівня холестерину в плазмі крові, стимулювання імунної системи, прояв протипухлинної дії, зниження рівня глюкози в крові та покращення умов гіпертонії та анемії. Крім того, повідомляється, що він має протиалергічну та антиоксидантну дію [6; 7].

Аналіз особливостей росту і розвитку амаранту дає можливість встановити залежність процесу формування високої врожайності від сукупності процесів взаємодії рослин з факторами зовнішнього середовища.

Амарант належить до посухостійких культур, проте за недостатньої вологості ґрунту рослини відстають у рості, найбільш негативно впливає на врожай нестача вологи в період інтенсивного росту біомаси. Як теплолюбна культура максимальний добовий приріст забезпечує за температури понад +30°C, однак низькі температури і висока вологість викликають порушення розвитку. Надмірні опади в зоні західного Лісостепу сприяють сильному росту вегетативної маси, рослини можуть вилягати, погіршується їх фітосанітарний стан і знижується врожайність.

У дослідженнях [4] встановлювали такі фази розвитку амаранту, як: сходи, стеблуння, бутонізація (поява згорнутих пелюсток квітів), початок цвітіння (повне розпускання перших квітів), масове цвітіння (розпускання більше половини квітів), кінець цвітіння (цвітуть поодинокі квіти), досягання плодів (плоди повністю достиглі) [9]. Лінійний приріст рослин [1] встановлювали за такими фазами, як: сходи, стеблуння, гілкування, поява волотей, цвітіння, утворення зерна, воскова стиглість. Виділяють також фази викидання волотей (поява волотей, ріст волотей), початок цвітіння, утворення зерна.

Згідно зі спостереженнями [3] амарант характеризується різною інтенсивністю ростових процесів. Спочатку він росте повільно, а з фази бутонізації рослини переходять до інтенсивного росту. Найбільший приріст зеленої маси відбувся від фази викидання волоті до цвітіння. З початком фази цвітіння і впродовж всієї фази молочної стиглості, яка триває 30 днів, настає період повільного росту. Про це свідчить висота рослин амаранту: у фазі викидання волоті вона становила 26 см, впродовж фази бутонізації змінювалась у межах 42–73 см, у фазі цвітіння – 90–101 см, у фазі молочної стиглості – 115 см, воскової – 123 см.

За даними [2] на проходження фаз вегетації впливали строки сівби, а саме пізні строки прискорювали їх. Період вегетативного розвитку залежно від строку сівби становив у сорту Харківський 1 – 44–63 дні, у сорту Ацтек – 41–59 днів. Фаза бутонізації тривала 18–28 днів. Від цвітіння до досягання проходило 15–25 днів, а від сходів до збирання – 99–133 дні.

Дослідженнями встановлено, що повні сходи амаранту волотистого з глибини 2 і 4 см на фоні застосування допосівного прикочування у середньому за роки досліджень відзначено відповідно на 7 і 10-у добу після сівби і потребувало для цього суми ефективних температур відповідно 70,9 і 92,3°C [1].

У результаті досліджень виявилось, що початок бутонізації припадає на середину липня, початок цвітіння – кінець липня і початок серпня, масове цвітіння – середина серпня, кінець цвітіння припадає в основному на початок вересня. Масове цвітіння настає через 85–90 днів від посіву. Від початку сходів до плодоношення минає 90–95 днів [4].

За даними [4] тривалість фази цвітіння становить 30–40 днів. Сходи рослин появляются через 10–12 днів після сівби [4].

Фази росту та розвитку – сходи, ріст стебла (відростання), викидання волоті, цвітіння, молочна, воскова і повна стиглість [8; 9].

Сходи у сприятливих умовах – через 4–5 днів, у менш сприятливих – через 10–12 днів. Фаза відростання триває 25–35 днів. Викидання волоті – 8–12 днів. Фаза цвітіння займає 27–35 днів. У широкорядних посівах (70 см) усі міжфазні періоди були коротші на 3–5 днів порівняно з рядковим способом сівби [8].

Необхідно зазначити, що амарант належить до рослин короткого світлового дня і тому в наших умовах довгого світлового дня він проявляв гігантизм, тобто забезпечував інтенсивне наростання фітомаси [8].

Мета досліджень – провести фенологічні спостереження за ростом та розвитком рослин амаранту сортів Ультра і Лера в умовах достатнього зволоження Лісостепу західного. Дослідження проводили на дослідному полі кафедри технологій у рослинництві Львівського національного університету природокористування впродовж 2020–2023 років на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті. Польовий дослід проводився у чотириразовій повторності. Загальна площа дослідної ділянки становила 30 м², облікова – 20 м². Попередником амаранту в роки досліджень була озима пшениця. Вивчали особливості росту і розвитку сортів амаранту за різних норм мінеральних добрив: контроль (N₀P₀K₀), N₄₀P₂₀K₄₀, N₈₀P₄₀K₈₀, N₁₂₀P₄₀K₈₀, N₁₆₀P₈₀K₁₂₀, N₂₀₀P₈₀K₁₂₀, N₂₀₀P₈₀K₁₆₀. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком амаранту проводили в основні фази росту і розвитку культури згідно з «Методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур» [5].

Виклад основного матеріалу. Проходження фаз вегетації амаранту змінювалось залежно від норм внесення мінеральних добрив і досліджуваних сортів (табл. 1). За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено вельми сильний вплив норм удобрення і сортових особливостей на тривалість міжфазних періодів і тривалість вегетації рослин амаранту [10]. Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду сходів–бутонізації (BVCH 11-50) становив $r = 0,93$. Таку закономірність достовірно описує рівняння регресії:

$$\text{Тривалість періоду сходів–бутонізації, діб (BVCH 11-50)} = 31,1423 + 0,946 \cdot \text{Рівень удобрення} + 4,571 \cdot \text{Сорт},$$

$$\text{Коефіцієнт детермінації } R^2 = 0,86$$

Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду бутонізації–цвітіння (BVCH 51–60) становив $r = 0,77$.

$$\text{Тривалість періоду бутонізації–цвітіння, діб (BVCH 51-60)} = 28,691 + 0,720 \cdot \text{Рівень удобрення} + 1,964 \cdot \text{Сорт}$$

$$\text{Коефіцієнт детермінації } R^2 = 0,60$$

Добрива не вплинули на темпи проростання. На тривалість періоду сівба–сходи (BVCH 01–10) сильний вплив мали кількість опадів і температура повітря, коефіцієнт кореляції становив $r = 0,71$. Таку закономірність достовірно описують рівняння регресії:

$$\text{Тривалість періоду сівба–сходи, діб (BVCH 01-10)} = -7,522 + 2,171 \cdot \text{Температура повітря, } ^\circ\text{C} + 0,005 \cdot \text{Опади, мм}$$

$$\text{Коефіцієнт детермінації } R^2 = 0,51$$

Сходи у 2020 році появились одночасно на всіх фонах через 21 день, оскільки середньомісячна температура у травні була найнижчою в роки досліджень і становила 10,8°C (рис. 1, 2).

Фаза бутонізації настала через 38 днів після сходів, на один день пізніше, через 40 днів, ця фаза була за норми добрив N₁₂₀P₄₀K₈₀, а за максимального рівня удобрення N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 43 дні (табл. 1).

До цвітіння на контрольному варіанті рослини перейшли через 31 день після фази бутонізації. На варіанті із внесенням N₁₂₀P₄₀K₈₀ рослини зацвіли пізніше – 28 липня. Найпізніше у фазу масового цвітіння вступили варіанти з рівнем удобрення N₁₆₀P₈₀K₁₂₀, N₂₀₀P₈₀K₁₂₀, N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 31 липня, через 34 дні. Відносно більша тривалість міжфазного періоду сходів–бутонізації у 2020 році пояснюється нижчими температурами порівняно з іншими роками. Також у перший рік досліджень у травні і червні випала надмірна кількість опадів (рис. 1, 2).

На час настання фази дозрівання добрива мали сильний вплив. Якщо на контролі без добрив амарант достиг найшвидше 20 серпня, то за внесення добрив у нормі N₁₆₀P₈₀K₁₂₀ фазу досягання діагностували 31 серпня, а за максимальної норми внесення N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 3 вересня. Тривалість вегетаційного періоду на контролі становила

Таблиця 1. Вплив норм добрив на проходження фаз росту і розвитку сорту амаранту Ультра, 2020–2021 рр.

Рівень удобрєння	Міжфазний період, діб								Тривалість вегетацій-ного періоду	
	сівба – поява сходів (ВВСН 00–10)		сходи – бутонізація (ВВСН 11–50)		бутонізація – цвітіння (ВВСН 51–60)		цвітіння – повна стиглість (ВВСН 61–97)			
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
контроль	21	14	38	37	31	30	28	33	97	100
N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀	21	14	39	38	31	30	29	34	99	102
N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀	21	14	39	38	32	31	30	35	101	104
N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀	21	14	40	39	34	31	32	36	106	106
N ₁₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	21	14	41	40	34	33	33	37	108	110
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₂₀	21	14	43	41	34	33	34	39	111	113
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₆₀	21	14	43	41	34	33	34	39	111	113

Строк сівби – 25 квітня 2020 р.

Строк сівби – 4 травня 2021 р.

97 днів, а на варіанті із внесенням N₁₂₀P₄₀K₈₀ – 106 днів, що на 9 днів більше. У 2020 році прискорення дозрівання відбулось внаслідок зменшення суми опадів у серпні.

У 2021 році сіяли на 9 днів пізніше, ніж у 2020 році. Проте внаслідок вищої температури повітря у травні в 2021 році (12,7 °C) порівняно з 2020 роком (10,8 °C) на 1,9°C сходи з'явилися на 14-й день – 18 травня (табл. 1). Температура в червні була однаковою в ці роки, тому темпи росту теж майже не відрізнялись (рис 1, 2).

Фаза цвітіння у 2021 році настала залежно від норми добрив у період з 23 липня по 30 липня. Достигли посіви і були придатні до збирання 25 серпня – 7 вересня, тобто майже в ті ж терміни, що і в 2020 році. Це можна пояснити тим, що у 2021 році був жаркіший липень (21,7°C) та дещо прохолодніший серпень (17,3°C) стосовно інших років досліджень. Сума опадів у травні, червні та липні 2021 року була значно меншою порівняно з 2020 роком (рис. 1, 2), тому збільшення суми опадів у серпні до 127,9 мм після відносно сухого липня (47,1 мм) не спричинило негативних наслідків як для росту, так і досягання амаранту.

Вплив норм добрив на проходження фаз вегетації рослин амаранту та тривалість міжфазних періодів у 2021 році був аналогічним до 2020 року. Мінеральні добрива не впливали на строки появи сходів. Фази бутонізації та цвітіння настали на 2–4 дні пізніше на варіантах із внесенням добрив. Підвищена температура повітря у липні (21,7°C) сприяла скороченню на 1–3 дні тривалості періоду бутонізація–цвітіння (ВВСН 51–60) залежно від норми добрив і року досліджень. Це підтверджується результатами статистичного аналізу: встановлено помітний вплив температури повітря на проходження періоду бутонізація–цвітіння (ВВСН 51–60), коефіцієнт кореляції $r = 53$.

Найбільше норми добрив вплинули на настання фази дозрівання та тривалість періоду вегетації. Коефіцієнт кореляції між рівнем удобрення, сортом та тривалістю періоду цвітіння–дозрівання (ВВСН 61–89(97)) і тривалістю вегетації відповідно становив $r = 0,88$ і $r = 0,97$. Ці закономірності достовірно описують рівняння регресії:

$$\text{Тривалість періоду цвітіння–дозрівання, діб (ВВСН 61–89(97))} = 20,143 + 1,357 \cdot \text{Рівень удобрення} + 6,678 \cdot \text{Сорт}$$

$$\text{Коефіцієнт детермінації } R^2 = 0,77$$

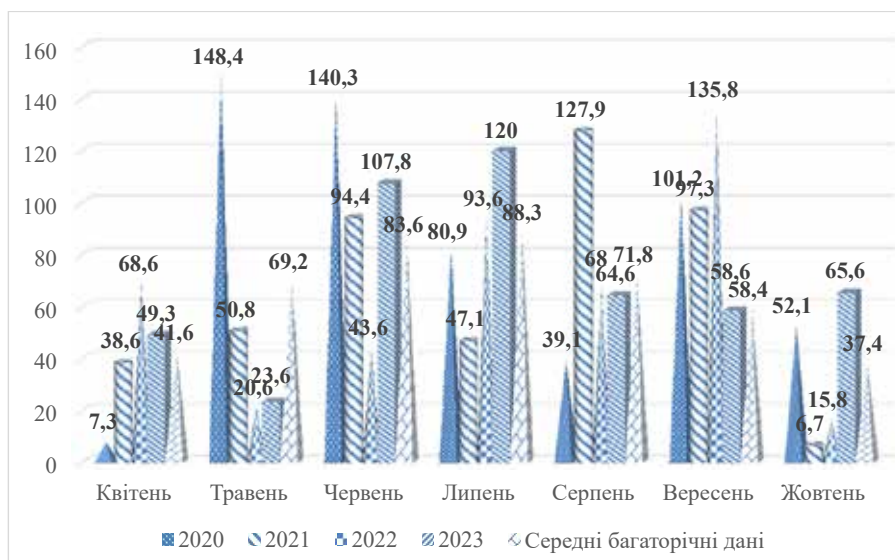


Рис. 1. Середньомісячна кількість опадів, мм, 2020–2023 рр.

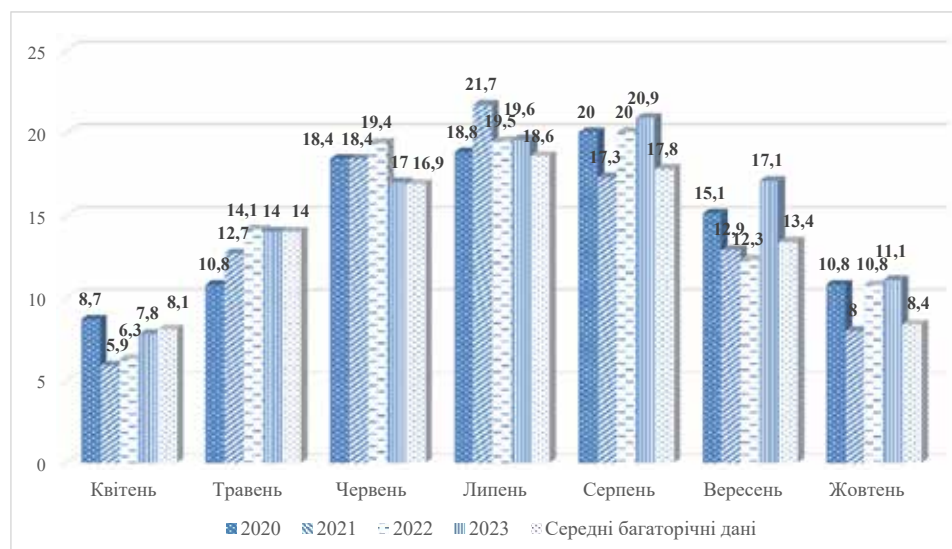


Рис. 2. Середньомісячна температура, °C, 2020–2023 рр.

Тривалість періоду вегетації, діб = $79,976 + 13,214 \cdot \text{Сорт} + 3,024 \cdot \text{Рівень удобреньня}$

Коефіцієнт детермінації $R^2=0,95$

Вищі норми добрив, особливо азотних, подовжують вегетацію. Різниця у настанні фази дозрівання становила до 13 днів. Тривалість вегетації амаранту сорту Ультра становила 100 днів на контролі без внесення добрив і збільшувалась до 106 днів на варіанті із внесенням норми добрив – $N_{120}P_{40}K_{80}$, а за максимальної норми добрив $N_{200}P_{80}K_{160}$ – 113 дні.

У 2022 році фенологічні спостереження проводили на двох сортах Лера і Ультра (табл. 2, табл. 3).

Таблиця 2. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком сорту амаранту Ультра, 2022–2023 рр.

Рівень удобрення	Міжфазний період, діб								Тривалість вегетаційного періоду	
	сівба – поява сходів (ВВСН 00–10)		сходи – бутонізація (ВВСН 11–50)		бутонізація – цвітіння (ВВСН 51–60)		цвітіння – повна стиглість (ВВСН 61–97)			
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
контроль	15	17	36	37	32	33	28	27	96	97
N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀	15	17	37	39	33	33	29	28	99	100
N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀	15	17	37	39	34	33	30	30	101	102
N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀	15	17	38	40	34	35	32	30	104	105
N ₁₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	15	17	39	41	35	36	33	31	107	108
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₂₀	15	17	41	42	36	39	34	32	111	113
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₆₀	15	17	41	42	36	39	34	32	111	113

Строк сівби – 1 травня 2022 р.

Строк сівби – 21 квітня 2023 р.

За результатами статистичного аналізу встановлено вплив сортових особливостей на тривалість міжфазного періоду сходи–бутонізація (ВВСН 11–50), коефіцієнт кореляції становив $r = 0,70$, що свідчить про помірний зв'язок. Також встановлено помітний зв'язок між сортовими особливостями амаранту і тривалістю міжфазного періоду цвітіння–повна стиглість (ВВСН 61–89(97)), коефіцієнт кореляції становив $r = 0,42$. За сівби 1 травня рослини зійшли на всіх варіантах одночасно і не залежали від сорту і добрив (табл. 2, табл. 3).

Починаючи з фази бутонізації сорт Ультра, який належить до ранньостиглих, випереджував у рості і розвитку сорт Лера. Ця фаза настанала 20–25 червня у сорту Ультра та 25 червня–2 липня у сорту Лера. Як і в попередні роки, фаза цвітіння розпочалася наприкінці липня. Прискорили ріст амаранту високі температури в травні (14,1 °C) і червні (19,5 °C), які в цей рік були найвищими порівняно з іншими роками (рис. 1, 2).

У ці ж місяці випало значно менше від норми опадів: у травні – 20,6 мм, у червні – 43,6 мм. У липні і серпні випало досить опадів, тому дефіциту вологи для росту амаранту не відчувалось. Внаслідок нижчої кількості опадів і вищих температур порівняно з іншими роками досліджень сорт Ультра досяг швидше, ніж у попередні роки, а саме 15 серпня – 8 вересня. Вегетаційний період сорту Ультра становив 96–111 днів. Сорт Лера мав триваліший період вегетації і досягав через 107–127 днів. Внесення добрив в умовах 2022 року мало більший вплив на тривалість вегетації.

Таблиця 3. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком сорту амаранту Лера, 2022–2023 рр.

Рівень удобрення	Міжфазний період, діб								Тривалість вегетацій-ного періоду	
	сівба – поява сходів (ВВСН 00–10)		сходи – бутонізація (ВВСН 11–50)		бутонізація – цвітіння (ВВСН 51–60)		цвітіння – повна стиглість (ВВСН 61–89)			
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
контроль	15	17	40	43	33	34	34	32	107	109
N ₄₀ P ₂₀ K ₄₀	15	17	40	43	34	35	35	33	109	111
N ₈₀ P ₄₀ K ₈₀	15	17	41	43	34	35	37	36	112	114
N ₁₂₀ P ₄₀ K ₈₀	15	17	42	45	35	36	41	39	118	120
N ₁₆₀ P ₈₀ K ₁₂₀	15	17	43	47	36	37	42	42	121	126
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₂₀	15	17	47	48	36	38	44	43	127	129
N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₆₀	15	17	47	48	36	38	44	43	127	129

Строк сівби – 1 травня 2022 р.

Строк сівби – 21 квітня 2023 р.

Так, якщо на варіанті без добрив рослини сорту Ультра достигали за 96 днів, то на фоні N₁₂₀P₄₀K₈₀ через 104 днів, або на 8 днів пізніше, а за максимальної норми удобрення N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 111 днів. Сорт Лера на контролі вегетував 107 днів, за внесення N₁₂₀P₄₀K₈₀ – 118 днів, тоді як за максимальної норми удобрення N₂₀₀P₈₀K₁₆₀ – 127 днів. Тобто тривалість вегетації збільшувалась залежно від норми добрив: на 2–20 днів у сорту Лера і на 2–15 днів у сорту Ультра.

У 2023 році амарант сіяли дуже рано – 21 квітня. Це значно швидше, ніж у попередні роки досліджень завдяки сприятливим умовам, а саме достатнім запасам зимово-весняної вологи в ґрунті та найкращим ресурсам тепла (квітень – 7,8°C; травень 14,0°C) (рис. 1, 2).

Сходи отримали 8 травня, через 17 днів. Випереджувальний ріст і розвиток рослин амаранту сорту Ультра у 2023 році спостерігався на всіх фазах (табл. 2). Фаза бутонізації у сорту Ультра, залежно від норми добрив, настала 13–18 червня, у сорту Лера – 20–25 червня. Фаза цвітіння настала відповідно 16–27 липня та 24 липня – 3 серпня. Тривалість вегетації сорту Ультра була подовжена стосовно 2022 року, на що вплинули надмірні опади у липні (120 мм). Підвищена температура серпня (20,9°C) і вересня (17,1°C) пришвидшили дозрівання сорту Лера на 2–4 дні стосовно 2022 року.

Встановлено, що у сорту Лера ростові процеси не припинялися після дозрівання насіння, тоді як у сорту Ультра вегетативна маса досягала фізіологічної стиглості одночасно з насінням.

Висновки. Тривалість вегетаційного періоду визначалася сортовими особливостями досліджуваних сортів амаранту. На тривалість періоду сівба–сходи сильно впливали погодні умови в роки досліджень. Тривалість наступних фаз вегетації амаранту змінювалась залежно від норм внесення мінеральних добрив і сортових особливостей досліджуваних сортів. Вищі норми добрив, особливо азотних, подовжували вегетацію. Тривалість вегетації збільшувалась залежно від норми добрив: на 2–20 днів у сорту Лера і на 2–15 днів у сорту Ультра.

Список використаних джерел

1. Дудка М.І. Агротехнологічні основи підвищення продуктивності однорічних кормових культур в північному Степу України : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.09. Дніпро, 2020. 480 с.
2. Кононенко Л.М. Формування продуктивності амаранту залежно від строків сівби у Правобережному Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 2. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270470>.
3. Рибий М.М., Горчанок А.В., Кузьменко О.А. та ін. Біологічна цінність зеленої маси амаранту та її використання у складі комбінованих силосів для молодяку свиней. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва* : зб. наук. пр. 2023. № 1. С. 57–66. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2023-178-1-57-66>.
4. Куцела О.Я., Буняк В.І., Кульбанська С.М. Особливості онтогенезу *Amaranthus paniculatus* L. в умовах дендрологічного парку «Дружба». *Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія Біологія*. 2008. № 12. С. 45–47. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/18041>.
5. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур / під ред. В.В. Волкодава. Київ, 2000. 100 с.
6. Akamine H., Ohshiro M., Hossain M.A. Fertilizer management for amaranth (*Amaranthus* spp.) cultivation on dark-red soil in Okinawa, Japan. *Applied Ecology and Environmental Research*. Budapest : ALÖKI Kft., 2020. P. 8145–8158. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aecer/1806_81458158.
7. Caselato-Sousa V., Amaya-Farfan J. State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *Journal of Food Science*. 2012. Vol. 77. P. R93–R104. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x>.
8. Dmitrieva O.F. Growth and development of *Amaranthus cruentus* L. in the soil and climate conditions of the Chuvash Republic. *Successes of Modern Natural Science*. 2018. No. 11–1. P. 30–36.
9. Martínez-Núñez M., Ruiz-Rivas M., Vera-Hernández P.F. et al. The phenological growth stages of different amaranth species grown in restricted spaces based in BBCH code. *South African Journal of Botany*. 2019. Vol. 124. P. 436–443. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.035>.
10. Tyrus M., Lykhochvor V. Yielding capacity of amaranth grain (*Amaranthus hypochondriacus*) depending on fertilizers. *Journal of Central European Agriculture*. 2022. Vol. 23, No. 4. P. 800–806. DOI: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.4.3528>.

Tyrus M. L.Candidate of Agricultural Sciences,
Head of the Department of Plant Production Technologies,
Lviv National Environmental University
Dubliany, Ukraine**E-mail:** tyrusmaria0408@gmail.com**ORCID:** 0000-0002-9882-9540**INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE PASSAGE
OF VEGETATION PHASES OF AMARANTH VARIETIES DEPENDING
ON FERTILISER RATES****Abstract**

Plant growth, development and yield formation are most dependent on five environmental factors: heat, moisture, light, air and mineral nutrients. The first four together form agrometeorological resources. Hydrothermal factors, such as precipitation, temperature and their distribution during the growing season, have the greatest impact on yields. The research on the peculiarities of the phenological phases of growth and development of amaranth plants was conducted at the experimental field of the Department of Plant Production Technologies of the Lviv National University Environmental during 2020–2023. The main factors influencing the growth and development of amaranth plants under conditions of sufficient moisture in the Western Forest-Steppe were determined. The duration of the growing season was determined by the varietal characteristics of the studied amaranth varieties. Increased air temperature accelerated the passage of vegetation phases of amaranth varieties. The longest inter-phase period of sowing-sowing (BBCH 01-10) lasted 21 days in 2020 at a temperature of 10.8°C in May. The passage of the following phases of the amaranth vegetation varied depending on the rates of mineral fertiliser application and varietal characteristics of the studied varieties. The correlation coefficient between the level of fertilisation, variety and duration of the germination-budding period (BBCH 11-50) was $r = 0.93$. The increased air temperature in July (21.7°C) contributed to a reduction in the duration of the budding-flowering period (BBCH 51-60), depending on the fertiliser rate and the year of research. This is confirmed by the results of statistical analysis: a significant effect of air temperature on the passage of the budding-flowering period (BBCH 51-60) was found, the correlation coefficient $r = 0.53$. Fertiliser rates had the greatest impact on the onset of the ripening phase and the duration of the growing season. The correlation coefficient between the level of fertilisation, variety and duration of the flowering-ripening period (BBCH 61-89) and the length of the growing season was $r = 0.88$ and $r = 0.97$, respectively.

Key words: amaranth, meteorological conditions, vegetation phases.**References**

1. Dudka, M.I. (2020). *Ahrotekhnologichni osnovy pidvyshchennia produktyvnosti odnorichnykh kormovykh kultur v pivnichnomu Stepu Ukrainy* [Agrotechnological basis for increasing the productivity of annual fodder crops in the northern Steppe of Ukraine] (Doctoral dissertation). Dnipro [in Ukrainian].
2. Kononenko, L.M. (2022). Formuvannia produktyvnosti amarantu zalezno vid strokiv sivby u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Formation of amaranth productivity depending on sowing dates in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Novitni ahrotekhnologii – Modern Agrotechnologies*, 10(2). <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270470> [in Ukrainian].
3. Kryvyi, M.M., Horchanok, A.V., Kuzmenko, O.A., Vasiliev, R.O., & Dikhtiar, O.O. (2023). Biologichna tsinnist zelenoi masy amarantu ta yii vykorystannia u skladi kombinovanykh sylosiv dlia molodniaku svynei [Biological value of amaranth green mass and its use in mixed silages for young pigs]. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktii tvarynytsva – Technology of Production and Processing of Livestock Products*, (1), 57–66. <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2023-178-1-57-66> [in Ukrainian].
4. Kutsela, O.Ya., Buniak, V.I., & Kulbanska, S.M. (2008). Osoblyvosti ontogenezu *Amaranthus paniculatus* L. v umovakh dendrolohichnoho parku «Druzhba» [Ontogenesis features of *Amaranthus paniculatus* L. in the conditions of the “Druzhba” dendrological park]. *Visnyk Prykarpatskoho natsionalnoho universytetu imeni Vasylia Stefanyka. Seriya Biolohiia – Bulletin of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology Series*, (12), 45–47. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/123456789/18041> [in Ukrainian].
5. Volkodav, V.V. (Ed.). (2000). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuвання silskohospodarskykh kultur* [Methodology for state variety testing of agricultural crops]. Kyiv [in Ukrainian].
6. Akamine, H., Ohshiro, M., & Hossain, M.A. (2020). Fertilizer management for amaranth (*Amaranthus* spp.) cultivation on dark-red soil in Okinawa, Japan. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(6), 8145–8158. https://doi.org/10.15666/aecer/1806_81458158 [in English].
7. Caselato-Sousa, V., & Amaya-Farfan, J. (2012). State of knowledge on amaranth grain: A comprehensive review. *Journal of Food Science*, 77(R93–104). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x> [in English].
8. Dmitrieva, O.F. (2018). Growth and development of *Amaranthus cruentus* L. in the soil and climate conditions of the Chuvash Republic. *Successes of Modern Natural Science*, 11(1), 30–36 [in English].
9. Martínez-Núñez, M., Ruiz-Rivas, M., Vera-Hernández, P.F., Bernal-Muñoz, R., Luna-Suárez, S., & Rosas-Cárdenas, F.F. (2019). The phenological growth stages of different amaranth species grown in restricted spaces based in BBCH code. *South African Journal of Botany*, 124, 436–443. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.035> [in English].
10. Tyrus, M., & Lykhochvor, V. (2022). Yielding capacity of amaranth grain (*Amaranthus hypochondriacus*) depending on fertilizers. *Journal of Central European Agriculture*, 23(4), 800–806. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.4.3528> [in English].

УДК 639.2/3

Ткачук В. П.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: v.tkachuk5791@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4811-6884

Шуляр Альона Л.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: alyonashulyar7@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8462-2135

Шуляр Аліна Л.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: kvitkashu777@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0823-6814

Лісогурська Д. В.

кандидат сільськогосподарських наук, завідувач кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: lisogurskadina@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2559-6520

Лісогурська О. В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біоресурсів, тваринництва та аквакультури,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: lisogurskaya2016@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3553-9351

Фурман С. В.

кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри ветеринарної епідеміології,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: svitlana.furman@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1079-5797

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА: СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ВІТЧИЗНЯНІ ПЕРСПЕКТИВИ

Анотація

Значущість проблем, пов'язаних із забезпеченням продовольчої безпеки, якості та безпечності харчових продуктів і здорового харчування населення планети загалом і нашої держави зокрема, зумовила пошук нових шляхів та рішень у цій площині на основі моніторингу світових тенденцій та вітчизняних перспектив розвитку такої важливої сфери аграрного бізнесу, як аквакультура, діяльність якої стосується штучного розведення та вирощування для різних потреб водних біоресурсів, які охоплюють, так би мовити, усі живі організми, що мешкають у водному середовищі. Продукція аквакультури багата на поживні речовини, в тому числі і на високоякісний білок, тому займає свою нішу у забезпеченні харчової безпеки. Крім того, важко переоцінити роль такої галузі у питаннях продовольчої безпеки як на глобальному, так і на національному

рівні, враховуючи ще й зростаюче населення та обмеження природних ресурсів, адже галузь аквакультури забезпечує приблизно 17% споживаного тваринного білка у світі, а в деяких країнах Азії та Африки цей показник перевищує 50%.

Головні світові тенденції в аквакультурі спрямовані на збільшення виробництва риби та морепродуктів у разі зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Інновації, стале використання ресурсів та підтримка з боку держав та інвесторів сприятимуть подальшому розвитку цієї галузі. Трендом у цій сфері агробізнесу є так звана «блакитна трансформація», концепція якої спрямована на перетворення продовольчих систем, які використовують водні біоресурси, з метою забезпечення продовольчої безпеки, покращення харчування та формування доступного здорового раціону для всіх людей.

Аквакультура в Україні має значний потенціал для розвитку завдяки природним ресурсам та сприятливим кліматичним умовам. Проте галузь стикається з низкою викликів, таких як недостатнє фінансування, застаріла інфраструктура та наслідки військових дій. Для подолання цих проблем необхідно реалізовувати державні програми, спрямовані на підтримку цього сектору, інвестувати в модернізацію виробництва та впровадження нових технологій, залучати інвестиції, що сприятиме підвищенню ефективності та конкурентоспроможності галузі, розвивати експортний потенціал через вихід на міжнародні ринки, що відкриє нові можливості для зростання та диверсифікації виробництва. Також необхідно сконцентруватися на сталому розвитку аквакультури через раціональне використання водних ресурсів та збереження екосистем.

Ключові слова: водні організми, аквакультура, продовольча безпека, харчування, виробництво, продукція.

Вступ. Сільськогосподарська діяльність, яка пов'язана зі штучним розведенням, утриманням і вирощуванням водних біоресурсів, тобто таких водних організмів, життя яких неможливе без перебування у воді (прісноводні, морські, анадромні та катадромні риби на всіх стадіях розвитку, круглороті, водні безхребетні (молоски, ракоподібні, черви, голкошкірі, губки, кишковопорожнинні), наземні безхребетні у водній стадії розвитку, водорості та інші водні рослини), що відбувається у повністю або частково контрольованих умовах, носить назву аквакультура [2; 8]. Метою діяльності такої важливої сфери агробізнесу є одержання сільськогосподарської продукції (продукції аквакультури) та її реалізація, а також виробництво кормів, відтворення біоресурсів, ведення селекційно-плеємної роботи, інтродукція, переселення, акліматизація та реакліматизація гідробіонтів, поповнення запасів водних біоресурсів, збереження їх біорізноманіття, надання рекреаційних послуг [5; 17].

Галузь аквакультури має значний потенціал у напрямі покращення харчування та здоров'я людей, адже риба та інші водні продукти є важливими джерелами високоякісного білка, омега-3 жирних кислот, вітамінів та мінералів, необхідних для здорового харчування [3; 10].

Окрім того, аквакультура є важливим елементом забезпечення продовольчої безпеки як на глобальному рівні, так і на національному, що є актуальною проблемою сучасного суспільства, забезпечуючи населення необхідними продуктами харчування та сприяючи розвитку аграрного сектору і стійкому розвитку [11; 15].

Мета роботи. З урахуванням значення галузі аквакультури та її продукції для якісного харчування населення і для забезпечення продовольчої безпеки **метою** наших досліджень була оцінка сучасного стану такої галузі у світі та в нашій державі та пошук перспектив її подальшого розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах зростаючого населення та обмежених природних ресурсів аквакультура відіграє одну із ключових ролей у забезпеченні якісного харчування людей: вона забезпечує приблизно 17% усього споживаного тваринного білка у світі, а в деяких країнах Азії та Африки цей показник перевищує 50% [9].

До основних переваг цієї галузі належать: збільшення виробництва харчових продуктів (у 2022 році світове виробництво риби та іншої продукції аквакультури досягло рекордних 223,2 мільйона тонн (185,4 млн тонн водних тварин і 37,8 млн тонн водоростей), що на 4,4% більше порівняно з 2020 роком), покращення харчової безпеки (аквакультура сприяє зменшенню недоїдання та дієтозалежних захворювань завдяки збільшенню глобального постачання продуктів харчування), виробництво високоякісного білка та інших цінних поживних речовин. Проте при цьому не варто забувати і враховувати екологічні аспекти щодо мінімізації впливу на стан природних екосистем [13; 16].

Починаючи з 2000 року галузь аквакультури стала, так би мовити, «добре інтегрованою» в глобальну продовольчу систему. Нині системи аквакультури відрізняються великою різноманітністю, як ті, де гідробіонти відгодуються, так і ті, де видобуваються. Штучне вирощування водних організмів нині є одним із найдинамічніших секторів світового виробництва продуктів харчування. За даними ФАО дрібномасштабне рибальство забезпечує засоби до існування для приблизно півмільярда людей, роблячи значний внесок у глобальну продовольчу безпеку та сталий розвиток [13; 18].

Аквакультура – це один із найбільш динамічніших секторів продовольчого виробництва у світі. Сучасні тенденції розвитку аквакультури спрямовані на підвищення ефективності, екологічної сталості та використання новітніх технологій. Оскільки світова аквакультура нині демонструє стійке зростання, тому відіграє дедалі важливішу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та економічного розвитку. Основні тенденції розвитку цієї галузі агробізнесу у світі зводяться до такого: подальше зростання виробництва продукції аквакультури – вперше виробництво аквакультури перевищило вилов дикої риби, склавши 94,4 мільйона тонн, або 51% від загального обсягу виробництва водних біоресурсів, при цьому за прогнозами Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН та Організації економічного співробітництва та розвитку досягнуть 111 млн тонн; розширення ринку аквакультури – глобальний ринок аквакультури оцінювався у 218,8 мільярда доларів США у 2023 році та за про-

гнозами досягне 315,2 мільярда доларів до 2030 року із середньорічним темпом зростання (CAGR) 5,4% з 2023 по 2030 роки; впровадження інноваційних технологій – дрони, сенсори, штучний інтелект, Інтернет речей (IoT) для покращення моніторингу та управління виробництвом; створення методами генної інженерії більш стійких і продуктивних видів; сталий розвиток та екологічність – зменшення впливу на довкілля, використання замкнених систем водопостачання (RAS), які мінімізують викиди відходів у природні водойми, зменшення використання антибіотиків і впровадження пробіотиків та вакцин для підвищення імунітету риб, поєднання вирощування риб, моллюсків та водоростей для утилізації відходів, використання альтернативних кормів, таких як личинки чорної льотки, що допомагає зменшити залежність від диких рибних запасів; зміна видового складу – збільшення виробництва нових видів, зокрема інших видів риб, водоростей, моллюсків та ракоподібних, популяризація рослинної аквакультури (вирощування спіруліни, ламінарії та інших водоростей для харчової та фармацевтичної промисловості); використання альтернативних кормів – перехід від традиційного рибного борошна до інноваційних кормів на основі комах, водоростей, ферментованих білків, використання кормів із меншим вмістом шкідливих речовин та вуглецевого сліду; розширення географії аквакультури – вирощування морепродуктів у регіонах із нестачею природних водойм завдяки системам рециркуляції, розвиток «офшорної» аквакультури, тобто морських ферм у відкритих водах; законодавчі ініціативи, міжнародна співпраця, інвестиції та фінансування – посилення регулювання для забезпечення відповідності екологічним та етичним нормам, зростання інвестицій у дослідження та розробки у сфері аквакультури [1; 2; 5; 7; 11; 13; 16; 18].

Загалом, на глобальному рівні аквакультура продовжує розвиватися, впроваджуючи інновації та прагнучи до сталого розвитку, щоб задовольнити зростаючий попит на водні продукти та зберегти екологічний баланс. Щодо прогнозів, то у 2025 році передбачається нарощування виробництва продукції аквакультури проти дещо негативних тенденцій 2024 року за низького попиту на рибу і морепродукти на головних ринках [2].

Варто зазначити, що у 2021 році Комітетом ФАО з рибного господарства була підтримана концепція під назвою «блакитна трансформація», основні цілі якої зводяться до забезпечення зростаючого населення достатньою кількістю харчової продукції з водних біоресурсів на принципах екологічної, соціальної та економічної стійкості, надання доступу до безпечної та поживної харчової продукції з водних біоресурсів для всіх, особливо для вразливих груп населення, покращення умов життя та розширення прав і можливостей людей, які залежать від аквакультури через підвищення їхніх доходів та доступу до ресурсів, підтримку стійкості виробничих систем аквакультури, з огляду на впливи зміни клімату та інших природних і антропогенних факторів. «Блакитна трансформація» є частиною більш широкої концепції «блакитної економіки», яка передбачає сталий розвиток морських та водних ресурсів для економічного зростання, покращення умов життя та створення робочих місць, одночасно зберігаючи морські та прибережні екосистеми [11; 14].

В Україні аквакультура має значний потенціал для розвитку завдяки наявності численних водойм та сприятливих кліматичних умов. Однак галузь стикається з викликами, такими як недостатнє фінансування, застаріла інфраструктура та потреба в підготовці кваліфікованих фахівців. Подолання цих перешкод сприятиме підвищенню конкурентоспроможності аквакультури та зміцненню продовольчої безпеки країни [1; 6].

Інтеграція окремих європейських елементів в українську аквакультуру сприятиме оновленню галузі та розширенню її конкурентних можливостей [4], а інновації у галузі – розвитку сталих та високоефективних рішень, які підвищують продуктивність, зменшують екологічний вплив та оптимізують використання ресурсів [7].

В Україні налічується понад 63 тисячі річок і струмків, близько 20 тисяч озер, 1 160 водосховищ та майже 28 тисяч ставків. Загальна площа поверхневих прісних водних об'єктів становить приблизно 24,2 тисячі квадратних кілометрів, що становить близько 4% території країни. Надпотужний потенціал для розвитку аквакультури в нашій державі представляють 49 тисяч водних рибогосподарських об'єктів, а саме: озера, ставки, технологічні водойми та водосховища, окрім таких, які мають комплексне призначення [1; 5].

Загалом вітчизняний рибогосподарський фонд прісноводних внутрішніх водойм становить понад 1 мільйон гектарів. Зокрема, загальна площа нагульних ставків перевищує 120 тисяч гектарів, водосховища дніпровського каскаду займають 797 тисяч гектарів, лиманні господарства на водосховищах Дніпра – 5,9 тисячі гектарів, водойми-охолоджувачі енергетичних установок – 13,5 тисячі гектарів, інші водойми України – 86,6 тисячі гектарів [2; 6].

Згідно з вітчизняним законодавством поняття аквакультури включає такі аспекти, як раціональне використання національних ресурсів, охорона і захист екосистем, держстимулювання виробництва продукції цієї галузі та забезпечення продовольчої безпеки [8]. Нині ж регулювання діяльності рибної галузі в нашій державі є неефективним, оскільки водні об'єкти і водні ресурси використовуються нераціонально, а суб'єкти господарювання стикаються із зайвими додатковими регуляторними бар'єрами [17].

Але з огляду на глобальні тренди на національному рівні варто надати аквакультурі пріоритетного значення як досить перспективному виду економічної діяльності в аграрному бізнесі, адже йдеться не лише про вагомий роль у забезпеченні продовольчої безпеки й виробництво якісної продукції і сировини для переробки, а й про зайнятість населення відповідних територій, створення робочих місць і розвиток місцевих економік, а також активізацію діяльності суміжних сфер і відтворення природних живих ресурсів [2; 5; 6].

У нашій державі, згідно з останніми статистичними даними, на галузь аквакультури припадає лише 27% виробництва всієї рибопродукції проти 51% у світі [5]. У 1990 р. обсяги виробництва прісноводної риби в Україні

досягли найвищого рівня – 136,5 тис. тонн. Однак надалі виробництво продукції аквакультури почало зменшуватися і скоротилося до 35,4 тис. тонн у внутрішніх водоймах у 2004 році. У 2005 році виробництво продукції аквакультури в Україні становило приблизно 20000 тонн. Це значення є частиною загальної тенденції зниження обсягів виробництва аквакультури в країні, яке зменшилося з 96000 тонн у 1988 році до 21000 тонн у 2016 році. У 2020 році, за зведеними даними Держрибагентства, загальний обсяг продукції аквакультури становив 18,6 тис. тонн, що на 1,5 тис. тонн менше, ніж у 2019 році. Нині українська аквакультура порівняно з попередніми роками демонструє певною мірою динамічний розвиток: у 2024 році виробництво цієї продукції зросло майже на 22% – до 18 621 т [1; 2; 11].

Вітчизняна аквакультура має значний потенціал для розвитку завдяки природним ресурсам, численним водоймам та сприятливим кліматичним умовам. Негативний вплив на цю сільськогосподарську діяльність спричинила війна в нашій державі, в тому числі і повномасштабне вторгнення. Проте її ефективне функціонування стримується і через недостатнє фінансування та брак інвестицій у модернізацію виробництва та впровадження новітніх технологій, через екологічні проблеми (забруднення водойм, зміна клімату), через конкуренцію за рахунок значного обсягу імпорту риби, що створює тиск на вітчизняних виробників [3; 6; 11].

Для того щоб стимулювати подальший розвиток галузі аквакультури, варто зосередитися на модернізації виробництв та впровадженні інноваційних технологій, на збільшенні обсягів експорту цього виду продовольчих ресурсів, на впровадженні екологічно чистих технологій та дбайливому використанні біоресурсів. При цьому держава має розробляти та впроваджувати програми підтримки аграрного сектору, зокрема і галузі аквакультури [5; 8].

Варто зазначити, що саме інновації у аквакультурі сприяють розвитку сталих та високоефективних рішень, які підвищують продуктивність, зменшують екологічний вплив та оптимізують використання ресурсів. Серед топ-тенденцій та інновацій у аквакультурі на сьогодні варто виділити: урбан-аквакультуру; креветкові ферми; менеджмент стічних вод; стартапи на основі даних для селекції та розведення риб; застосування систем рециркуляції води (RAS); виробництво альтернативних морепродуктів; використання штучного інтелекту, морських роботів, датчиків, IoT, сенсорів та інших інновацій; морську генетику; застосування інноваційних прийомів лікування риб; смарт-годовілля [12]. Також сюди можна додати аквапоніку (поєднання вирощування риби та рослин у замкнутій екосистемі, де відходи риби служать добривом для рослин, а рослини очищують воду для риби), цифрових двійників (створення віртуальних моделей рибних господарств для прогнозування та оптимізації процесів вирощування, що сприяє підвищенню ефективності та зниженню ризиків), системи маркування та відстеження (технології, які дозволяють споживачам відстежувати походження та якість морепродуктів, підвищуючи прозорість та довіру до продукції) [4; 7].

Та лише спільною і злагодженою діяльністю держави і бізнесу, науки і висококваліфікованих фахівців можна досягти не лише розвитку, а й успіху в галузі аквакультури [2].

Висновки. Серед численних галузей аграрного бізнесу, які забезпечують населення багатими на білок і мінеральні речовини харчовими продуктами, а промисловість цінною сировиною, чільне місце посідає галузь аквакультури. На сьогодні галузь заслуговує на особливу увагу, адже відіграє значущу роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Світові тенденції у сфері водних біоресурсів та аквакультури демонструють значне зростання та трансформацію галузі і полягають у застосуванні інновацій у підтримці держави з акцентом на збільшення виробництва продукції аквакультури у разі зменшення тиску на довкілля. Для розвитку вітчизняної аквакультури необхідно зосередитися на впровадженні сучасних технологій, підвищенні екологічної стійкості виробництва та зменшенні залежності від імпорту, що сприятиме зміцненню продовольчої безпеки та економічному зростанню країни.

Список використаних джерел

1. Аквакультура: з чого розпочати? Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм : вебсайт. URL: https://darg.gov.ua/index.php?lang_id=1&content_id=8315&lp=138 (дата звернення: 17.03.2025).
2. Виробництво аквакультури у 2025 році: прогнози та виклики. Житомирський рибоохоронний патруль : вебсайт. URL: https://zt.darg.gov.ua/_virobnictvo_akvakulturi_u_0_0_0_1611_1.html (дата звернення: 17.03.2025).
3. Гайдучок Т.С., Дмитренко О.М., Вітер С.А. Сучасний стан та обліково-аналітичне забезпечення управління підприємствами аквакультури. *Наукові горизонти*. 2018. № 5 (68). С. 60–69.
4. Гончарова О.В., Кутішев П.С. Аспекти формування потенціалу та розвитку української аквакультури на фоні євроінтегрування інноваційних рішень. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2023. № 1 (13). С. 73–83. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.6>.
5. За аквакультурою майбутнє. Львівський рибоохоронний патруль : вебсайт. URL: https://lv.darg.gov.ua/index.php?lang_id=1&content_id=1572&lp=24 (дата звернення: 17.03.2025).
6. Мельниченко С.Г., Бабушкіна Р.О., Маркелюк А.В. Аналіз сучасного стану водних біоресурсів України. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 2. С. 42–47. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.4>.
7. Радько В.І., Присяжнюк Н.М., Федорук Н.М., Горчанок А.В., Гейко О.Л. Інноваційний розвиток виробництва аквакультури в Україні. *Агросвіт*. 2024. № 6. С. 44–50. DOI: [10.32702/2306-6792.2024.6.44](https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.6.44).

8. Burhaz M.I., Matviienko T.I. The current state of extracting and consuming aquatic bioresources in Ukraine. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2023. № 1 (13). С. 7–23. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.1>.
9. Chan C.Y., Tran N., Pethiyagoda S., Crissman C.C., Sulser T.B., Phillips M.J. Prospects and challenges of fish for food security in Africa. *Global Food Security*. 2019. Vol. 20. P. 17–25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.12.002>.
10. Costlow L., Herforth A., Sulser T.B., Cenacchi N., Masters W.A. Global analysis reveals persistent shortfalls and regional differences in availability of foods needed for health. *Global Food Security*. 2025. Vol. 45. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100825>.
11. Dyudyayeva O. The state of the fish industry in the world and in Ukraine: development trends and global challenges. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2023. № 1 (13). С. 24–40. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.2>.
12. Explore the Top 10 Aquaculture Trends in 2025. StartUs : вебсайт. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/aquaculture-trends/> (дата звернення: 17.03.2025).
13. FAO Report: Global fisheries and aquaculture production reaches a new record high. Fao.org : вебсайт. URL: <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-global-fisheries-and-aquaculture-production-reaches-a-new-record-high/en> (дата звернення: 17.03.2025).
14. Fisheries and Aquaculture: Blue Transformation. Fao.org : вебсайт. URL: <https://www.fao.org/fishery/en/bluetransformation> (дата звернення: 17.03.2025).
15. Garlock T., Asche F., Anderson J., Ceballos-Concha A., C. Love D., Osmundsen T.C., Mezzalana Pincinato R.B. Aquaculture: The missing contributor in the food security agenda. *Global Food Security*. 2022. Vol. 32. P. 10–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100620>.
16. Lichna A.I., Bezyk K.I., Kudelina O.Yu. Analysis of FAO data on the global fisheries and aquaculture production volume. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2023. № 1 (13). С. 188–197. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.14>.
17. Prylipko T., Dulkay Y., Kostash V., Tkachuk V., Verbelchuk T., Verbelchuk S. Metabolism, productive performance of bright breeds of lacquer for feeding in the diet of aquaculture supplements. *Independent Journal of Management & Production*. 2022. Vol. 13, Issue 3. PP. 241–251. DOI: <https://doi.org/10.14807/ijmp.v13i3.1989>.
18. Record fisheries and aquaculture production makes critical contribution to global food security. Fao.org : вебсайт. URL: https://www.fao.org/newsroom/detail/record-fisheries-aquaculture-production-contributes-food-security-290622/en?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 17.03.2025).

Tkachuk V. P.

*Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor at the Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture Department,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: v.tkachuk5791@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4811-6884

Shuliar Alona L.

*Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor at the Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture Department,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: alyonashulyar7@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8462-2135

Shuliar Alina L.

*Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor at the Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture Department,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: kvitkashu777@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0823-6814

Lisohurska D. V.

*Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture Department,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: lisogurskadina@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2559-6520

Lisohurska O. V.

*Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor at the Bioresources, Animal Husbandry and Aquaculture Department,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: lisogurskaya2016@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3553-9351

Furman S. V.

*Candidate of Veterinary Sciences, Assistant Professor at the Veterinary Epidemiology Department,
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

E-mail: svitlana.furman@ukr.net

ORCID: 0000-0002-1079-5797

AQUATIC BIORESOURCES AND AQUACULTURE: GLOBAL TRENDS AND NATIONAL PROSPECTS

Abstract

The importance of the problems related to food security, food quality and safety, and healthy nutrition of the world's population in general, and our country in particular, has led to the search for new ways and solutions in this area based on monitoring global trends and national prospects for the development of such an important area of agricultural business as aquaculture, which involves the artificial breeding and cultivation of aquatic bioresources for various needs, covering all living organisms living in the aquatic environment. Aquaculture products are rich in nutrients, including high quality protein, and therefore play a key role in ensuring food security. In addition, it is difficult to overestimate the role of this industry in food security, both globally and nationally, given the growing population and limited natural resources, as aquaculture provides approximately 17% of the world's animal protein, and in some countries in Asia and Africa this figure exceeds 50%.

The main global trends in aquaculture are aimed at increasing fish and seafood production while reducing the negative impact on the environment. Innovations, sustainable use of resources and support from governments and investors will drive the industry's further development. A trend in this area of agribusiness is the "blue transformation", a concept that aims to transform food systems that use aquatic bioresources to ensure food security, improve nutrition and create an affordable healthy diet for all people.

Aquaculture in Ukraine has significant potential for development due to its natural resources and favorable climatic conditions. However, the industry faces a number of challenges, such as insufficient funding, outdated infrastructure and the effects of military operations. To overcome these problems, it is necessary to implement government programs aimed at supporting the sector, invest in modernizing production and introducing new technologies, attract investments that will help improve the efficiency and competitiveness of the industry, and develop export potential by entering international markets, which will open up new opportunities for growth and diversification. It is also necessary to focus on the sustainable development of aquaculture through the rational use of water resources and ecosystem conservation.

Key words: aquatic organisms, aquaculture, food security, nutrition, production, products.

References

1. Akvakul'tura: z choho rozpochaty? [Aquaculture: where to start?]. 2025. State Agency of Ukraine for the Development of Land Reclamation, Fisheries and Food Programs: website. (n. d.). Retrieved from: https://darg.gov.ua/index.php?lang_id=1&content_id=8315&lp=138 [in Ukrainian].
2. Vyrobnystvo akvakul'tury u 2025 rotsi: prohozy ta vyklyky [Aquaculture production in 2025: predictions and challenges]. 2025. Zhytomyr Fish Protection Patrol: website. (n. d.). Retrieved from: https://zt.darg.gov.ua/virobnictvo-akvakul'turi_u_0_0_0_1611_1.html [in Ukrainian].
3. Hayduchok, T.S., Dmytrenko, O.M., & Viter, S.A. (2018). Suchasnyy stan ta oblikovo-analitychne zabezpechennya upravlinnya pidpryyemstvamy akvakul'tury [Current status and accounting and analytical support for the management of aquaculture enterprises]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, 5 (68), 60–69 [in Ukrainian].
4. Honcharova, O.V., & Kutishchev, P.S. (2023). Aspekty formuvannya potentsialu ta rozvytku ukraïns'koyi akvakul'tury na foni yevrointehruvannya innovatsiynykh rishen' [Aspects of potential formation and development of Ukrainian aquaculture against the background of European integration of innovative solutions]. *Vodni bioresursy ta akvakul'tura – Aquatic bioresources and aquaculture*, 1 (13), 73–83. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.6> [in Ukrainian].
5. Za akvakul'turoyu maybutnye [The future lies in aquaculture]. 2025. Lviv Fish Protection Patrol: website. (n. d.). Retrieved from: https://lv.darg.gov.ua/index.php?lang_id=1&content_id=1572&lp=24 [in Ukrainian].
6. Melnychenko, S.G., Babushkina, R.O., & Markelyuk, A.V. (2020). Analiz suchasnoho stanu vodnykh bioresursiv Ukrayiny [Analysis of the current state of aquatic bioresources in Ukraine]. *Vodni bioresursy ta akvakul'tura – Aquatic bioresources and aquaculture*, 2. 42–47. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.4> [in Ukrainian].
7. Rad'ko, V.I., Prysyzhnyuk, N.M., Fedoruk, N.M., Horchanok, A.V., & Heyko, O.L. (2024). Innovatsiynnyy rozvytok vyrobnytstva akvakul'tury v Ukrayini [Innovative development of aquaculture production in Ukraine]. *Ahrosvit – Agroworld*, 6, 44–50. DOI: 10.32702/2306-6792.2024.6.44 [in Ukrainian].

8. Burhaz, M.I., & Matviienko, T.I. (2023). The current state of extracting and consuming aquatic bioresources in Ukraine. *Vodni bioresursy ta akvakul'tura – Aquatic bioresources and aquaculture*, 1 (13), 7–23. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.1> [in English].
9. Chan, C.Y., Tran, N., Pethiyagoda, S., Crissman, C.C., Sulser, T.B., & Phillips, M.J. (2019). Prospects and challenges of fish for food security in Africa. *Global Food Security*, 20, 17–25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.12.002> [in English].
10. Costlow, L., Herforth, A., Sulser, T.B., Cenacchi, N., & Masters, W.A. (2025). Global analysis reveals persistent shortfalls and regional differences in availability of foods needed for health. *Global Food Security*, 45, 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100825> [in English].
11. Dyudyayeva, O. (2023). The state of the fish industry in the world and in Ukraine: development trends and global challenges. *Vodni bioresursy ta akvakul'tura – Aquatic bioresources and aquaculture*, 1 (13), 24–40. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.2> [in English].
12. Explore the Top 10 Aquaculture Trends in 2025. 2025. StartUs: website. (n. d.). Retrieved from: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/aquaculture-trends/> [in English].
13. FAO Report: Global fisheries and aquaculture production reaches a new record high. 2025. Fao.org: website. (n. d.). Retrieved from: <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-global-fisheries-and-aquaculture-production-reaches-a-new-record-high/en> [in English].
14. Fisheries and Aquaculture: Blue Transformation. 2025. Fao.org: website. (n. d.). Retrieved from: <https://www.fao.org/fishery/en/bluetransformation> [in English].
15. Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Ceballos-Concha, A., C. Love, D., Osmundsen, T.C. et al. (2022). Aquaculture: The missing contributor in the food security agenda. *Global Food Security*, 32, 10–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100620> [in English].
16. Lichna, A.I., Bezyk, K.I., & Kudelina, O.Yu. (2023). Analysis of FAO data on the global fisheries and aquaculture production volume. *Vodni bioresursy ta akvakul'tura – Aquatic bioresources and aquaculture*, 1 (13), 188–197. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.14> [in English].
17. Prylipko, T., Dulkay, Y., Kostash, V., Tkachuk, V., Verbelchuk, T., & Verbelchuk, S. (2022). Metabolism, productive performance of bright breeds of lacquer for feeding in the diet of aquaculture supplements. *Independent Journal of Management & Production*, 13 (3), 241–251. DOI: <https://doi.org/10.14807/ijmp.v13i3.1989> [in English].
18. Record fisheries and aquaculture production makes critical contribution to global food security. 2025. Fao.org: website. (n. d.). Retrieved from: https://www.fao.org/newsroom/detail/record-fisheries-aquaculture-production-contributes-food-security-290622/en?utm_source=chatgpt.com [in English].

УДК 635.611:631.559:631.53.04](477.4)

Яценко Н. В.

доктор сільськогосподарських наук,
доцент кафедри овочівництва,
Уманський національний університет садівництва
Умань, Україна
E-mail: vorob2807@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3752-314X

Бурковецький О. О.

здобувач освітньо-наукового ступеня доктора філософії кафедри овочівництва,
Уманський національний університет садівництва
Умань, Україна
E-mail: oleksiiburkovetskyi@gmail.com
ORCID: 0009-0009-2886-1199

ВПЛИВ СХЕМИ РОЗМІЩЕННЯ І ГУСТОТИ РОСЛИН НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИНІ ЗВИЧАЙНОЇ (*CUCUMIS MELO L.*) В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

У статті висвітлено результати дослідження впливу схеми розміщення рослин дині звичайної на урожайність та біометричні показники. Дослідження проводились в умовах Правобережного Лісостепу України (м. Умань, 48°46'N, 30°14'E) у 2023–2024 рр. Для дослідження використовувався ранньостиглий гібрид дині Амал F₁, призначений для споживання у свіжому вигляді, який вважається одним із найбільш затребуваних гібридів дині в мережах супермаркетів України. В дослідженні використовувалися такі схеми розміщення рослин 1,4+0,4×0,5 м (К), 1,6+0,4×0,5 м, 1,8+0,4×0,5 м, 2,0+0,4×0,5 м, 2,2+0,4×0,5 м, 2,4+0,4×0,5 м. Під час вегетації проводили визначення довжини стебла у різні фенологічні фази розвитку рослини, маси плоду та урожайності. Для проведення дослідження використовували польовий та лабораторний методи дослідження. Дослід закладений згідно із методикою досліджень. У результаті досліджень встановлено, що довжина стебла значно залежала від схеми розміщення рослин, чим більша була відстань між рослинами, тим довшим було стебло. Найбільша довжина стебла формувалася за використання схеми розміщення 2,4+0,4×0,5 м та 2,2+0,4×0,5 м. Найбільшу масу плоду формували дині, вирощені за схемами 2,0+0,4×0,5 та 2,4+0,4×0,5, вона становила 2,0 та 1,9 кг відповідно. Найменшу середню врожайність мали рослини, вирощені за схемою 1,6+0,4×0,5, де відповідність маси плоду до кількості рослин на гектар не забезпечує кращої врожайності, як у варіантах з іншою схемою розміщення. Найвища урожайність відзначена у дині, вирощеної за схемою 2,0+0,4×0,5 м, та становила 53,8 т/га, що на 5,95 т/га більше, ніж у контрольного варіанту. На врожайність вагомо вплинула відстань між рослинами: чим більша була відстань між рослинами, тим більшою була маса плоду. Тому вирощування дині звичайної за схемою 2,0+0,4×0,5 забезпечує кращу врожайність у разі раціонального використання земельної площі.

Ключові слова: диня звичайна, схема розміщення, урожайність, довжина стебла.

Вступ. Диня є поширеною баштанною овочевою культурою, яка цінується за її поживні та лікувальні властивості. Вона належить до світлолюбних рослин, саме тому дуже вимоглива до освітлення. Нестача світла у період росту сприяє утворенню меншої вегетативної маси рослини, листової поверхні. Нестача світла в період дозрівання плодів гальмує процес утворення цукрів у плодах, що своєю чергою погіршує смакові та товарні якості. Крім цукристості, загущення посівів може затримувати фенологічні стадії розвитку рослини, що може ускладнювати процес догляду за рослинами та збирання урожаю.

Схеми посадки, включаючи міжряддя, густоту рослин і проміжне вирощування культур, відіграють ключову роль у визначенні врожайності, ефективності використання ресурсів і впливу на навколишнє середовище.

Саме тому правильний вибір схеми розміщення є одним із ключових факторів врожайності, що забезпечить максимальну продуктивність культури у разі раціонального використання ґрунтової поверхні.

Це дослідження спрямоване на визначення найбільш ефективної схеми розміщення для вирощування дині шляхом оцінки біометричних, агрономічних та екологічних результатів.

О.С. Аєні та ін. стверджують, що правильний підбір щільності насаджень дині має вагомий вплив на регулювання рівня забур'яненості в міжряддях. Дослідженням встановлено, що оптимальними для зменшення забур'яненості та забезпечення необхідною кількістю світла є міжряддя 1 м та 0,6 м [4].

Ц.У. Угвуоке та ін. стверджують, що схема розміщення впливає також на норму висіву насіння та збільшує витрати на насіннєвий матеріал. Дослідження вказують, що економічно ефективно вирощувати диню з міжряддями 0,6 м та 0,9 м [16; 13].

У разі правильного підбору схеми розміщення дині покращуються товарна якість та цукристість плодів [14].

Щільніша схема розміщення дині зменшує масу плодів та погіршує загальну врожайність [7].

М. Алуко зазначає, що вирощування дині з міжряддям 2 м покращує процес фотосинтезу та нагромадження листової поверхні і відповідно збільшує масу плоду. У разі вирощування дині з міжряддям 1,5 м плоди дині утворювалися менші за розмірами, проте завдяки більшій кількості плодів на гектар врожайність була вищою, ніж у рослин з міжряддям 2 м [3].

Дослідження вказують, що врожайність дині на одиницю земельної площі збільшилася зі збільшенням щільності. Зі збільшенням густоти посадки розмір плодів зменшувався [11].

За дослідженнями А.К. Сінг та ін. встановлено, що ближча відстань між рослинами (0,5 м) та обрізування головного стебла дині позитивно впливає на показники продуктивності та врожайності [15].

Й.Й. Пералта зазначає, що відстань між рослинами дині не мала вагомого впливу на зміну врожайності, проте вузькі міжряддя затрудняють догляд за рослинами під час вегетаційного періоду [12].

В.І. Лихацький, К.М. Шевчук стверджують, що вирощування дині у разі застосування краплинного зрошення показує кращі результати за розміщення рослин дині за схемою 0,4+2,4×0,5 м [2].

С.А. Могамедіан стверджує, що за відстані між рослинами дині 50 см прискорюється дозрівання, проте зменшується вміст цукрів у плодах [10].

За дослідженнями Л.Ц. Грангеіро встановлено, що схема розміщення впливає не тільки на врожайність, але й на форму плоду. У плодів дині з довгастою формою плоду у разі збільшення густоти посадки спостерігалася тенденція до заокруглення плоду [8].

В.А.П. Лоуренкао та ін. стверджують, що схема розміщення рослин дині впливає на стійкість до понижених температур. Під час вирощування дині за схемою 2×5 м з використанням суданської трави як покривної культури у міжряддях забезпечується підвищення стійкості до несприятливих умов, таких як перезволоження та низька температура [9].

Р.П. Брасу та ін. стверджують, що зі зменшенням відстані між рослинами дині (0,6 м) зменшується маса плоду, проте урожайність залишається однаковою, як у міжряддях 1,2 та 1,8 м, оскільки у разі густішої посадки утворюється більше плодів меншого розміру, а у разі рідкішої – менше плодів більшого розміру [6].

Д. Бан та ін. вказують, що у разі міжрядь 1,5 м урожайність дині була на 25% нижчою, ніж у міжряддях 0,6 м, проте маса плодів була найвищою у рослин з міжряддям 1,5 м [5].

Мета роботи полягає у виявленні впливу схеми розміщення на динаміку росту та врожайність дині звичайної в умовах Правобережного Лісостепу України.

Дослідження проводились на дослідному полі кафедри овочівництва НВВ Уманського НУС (м. Умань, 48°46'N, 30°14'E) у 2023–2024 рр.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з гумусовим горизонтом товщиною 40–45 см та вмістом гумусу 1,5%; рН (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг-екв/100 г, насиченість ґрунту основами 90–95%, показник суми ввібраних основ – 24,6 мг-екв/100 г.

Для дослідження використовувався ранньостиглий гібрид дині Амал F₁, призначений для споживання у свіжому вигляді. Амал F₁ вважається одним із найбільш затребуваних гібридів дині в мережах супермаркетів України.

Сівбу насіння у відкритий ґрунт проводили за стрічковими схемами: 1,4+0,4×0,5 м (контроль); 1,6+0,4×0,5 м; 1,8+0,4×0,5 м; 2,0+0,4×0,5 м; 2,2+0,4×0,5 м; 2,4+0,4×0,5 м.

Під час вегетації проводили визначення довжини стебла у різні фенологічні фази розвитку рослини, масу плоду та врожайність під час збирання плодів. Для проведення дослідження використовували польовий та лабораторний методи дослідження. Дослід закладений згідно із методикою досліджень в овочівництві та баштанництві [1].

Об'єктом дослідження слугували фенологічні процеси росту та розвитку і формування врожайності дині звичайної.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зі збільшенням довжини стебла збільшується площа листової поверхні та покращується фотосинтез рослини. На формування довжини стебла схема розміщення впливала вагомим чином, а саме тим, що чим більша була відстань між рослинами, тим вищим був показник довжини стебла рослин дині (табл. 1).

Таблиця 1. Довжина стебла дині звичайної гібриду Амал F₁ за період вегетації залежно від фази розвитку за 2023–2024 рр., см

Варіант досліді	ВВСН 20–49	ВВСН 50–59	ВВСН 60–69	ВВСН 70–79	ВВСН 80–89
1,4+0,4×0,5(К)	18	48	75	107	120
1,6+0,4×0,5	21	60	95	122	133
1,8+0,4×0,5	23	62	102	129	152
2,0+0,4×0,5	32	80	113	140	159
2,2+0,4×0,5	36	84	134	147	166
2,4+0,4×0,5	42	92	139	161	188

У фазі ВВСН 20–49 найбільша довжина стебла за роки досліджень спостерігалася у 2024 році у варіантах 2,4+0,4×0,5 м та 2,2+0,4×0,5 м та становила 50 та 40 см відповідно. У фазі 50–59 найбільша довжина стебла становила 147 і 132 см у варіантах 2,4+0,4×0,5 м та 2,2+0,4×0,5 м. У фазі розвитку 60–69 найдовша довжина стебла спостерігалася у варіантів 2,4+0,4×0,5 м та 2,2+0,4×0,5 м та становила 168 та 162 см.

У фазі 70–79 найбільша довжина стебла спостерігалася у 2023 році у варіантів 2,4+0,4×0,5 м та 2,2+0,4×0,5 м та становила 172 та 150 см відповідно.

У фазі розвитку 80–89 найбільша довжина стебла була у варіанту 2,4+0,4×0,5 м та становила 195 см у 2024 році та 182 см у 2023 році. У результаті застосування схеми розміщення 2,4+0,4×0,5 м довжина стебла у фазі ВВСН 80–89 збільшилася на 75 см у 2024 році та на 62 см у 2023 році порівняно з контрольним варіантом. Довжина стебла у всіх варіантах за всі роки дослідження значно залежала від схеми розміщення рослин, чим більша була відстань між рослинами, тим довшим було стебло.

Одним із основних показників, який має вагомий вплив на врожайність, є маса плоду. На кожній рослині утворювалось у середньому по 2 плоди, які за забарвленням та формою відповідали типовій характеристиці сорту.

У результаті вирощування дині звичайної в Правобережному Лісостепу України у відкритому ґрунті встановлено відповідність маси плоду дині до схеми розміщення рослин. Серед досліджуваних схем розміщення найбільша маса плодів спостерігалася за вирощування дині за схемою 2,0+0,4×0,5 у 2024 році. Найменша маса плодів була у дині, вирощеної за схемою 1,4+0,4×0,5, у 2024 році (рис. 1).

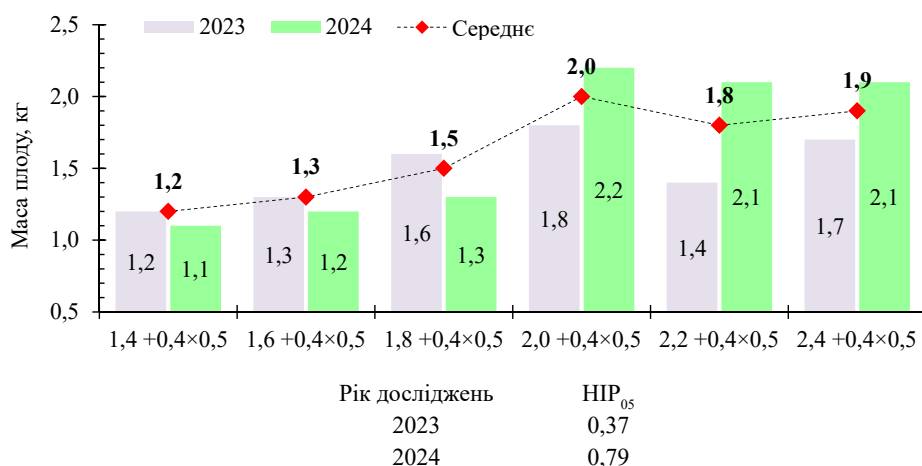


Рис. 1. Маса плодів дині звичайної гібриду Амал F1 залежно від схеми розміщення рослин, кг (2023–2024)

У 2023 році найбільшою масою плоду відзначилася схема розміщення 2,0+0,4×0,5, маса становила 1,8 кг, що на 0,6 кг більше ніж у контрольному варіанті. У дині, вирощеної за схемою 1,4+0,4×0,5, у 2024 році маса плоду становила 1,1 кг, що було найнижчим показником за всі роки досліджень у всіх варіантах досліді. За параметром середньої маси плоду переважає схема розміщення 2,0+0,4×0,5 та становить 2 кг.

У 2024 році найбільшу масу плоду мали схеми розміщення 2,0 +0,4×0,5, 2,2 +0,4×0,5 та 2,4 +0,4×0,5 та становили 2,2, 2,1, 2,1 кг відповідно. Проведені дослідження вказують на те, що чим більша була відстань між рослинами, тим вища була в них маса плодів. Найбільш стабільною масою плоду дині була за схеми вирощування 1,6+0,4×0,5 та 1,8+0,4×0,5 та становила у середньому за роки досліджень 1,3 та 1,5 кг відповідно.

У середньому за всі роки досліджень на рослинах формувалося по 2 плоди. Найвищу врожайність за роки досліджень мала диня, вирощена за схемою розміщення 2,0 +0,4×0,5, та становила 73,8 т/га (рис. 2).

Проте у 2023 році за цієї схеми розміщення урожайність була низькою, що зумовлювалося кліматичними умовами Лісостепової зони в цей період. За показником середньої урожайності за роки досліджень переважав варіант 2,0 +0,4×0,5 м, в якого урожайність становила 53,8 т/га, що на 5,95 т/га більше, ніж у контрольного варіанту.

У всіх варіантах досліді у 2024 році відзначалася вища урожайність, крім дині, вирощеної за схемою 1,6+0,4×0,5, що зумовлено сприятливішими погодними умовами та температурним режимом за вегетаційний період. Загалом, урожайність дині у всіх варіантах відповідала середній врожайності гібриду, вказаного заявником сорту.

Найменшу середню врожайність мали рослини, вирощені за схемою 1,6+0,4×0,5, де відповідність маси плоду до кількості рослин на гектар не забезпечує кращої врожайності, як у варіантах з іншою схемою розміщення.

Висновки. Довжина стебла значно залежала від схеми розміщення рослин: чим більшою була відстань між рослинами, тим довшим було стебло. Найбільша довжина стебла формувалася за використання схеми розміщення 2,4+0,4×0,5 м та 2,2+0,4×0,5 м.

Найбільшу масу плоду формували дині, вирощені за схемами 2,0+0,4×0,5 та 2,4+0,4×0,5, та становила 2,0 та 1,9 кг відповідно.

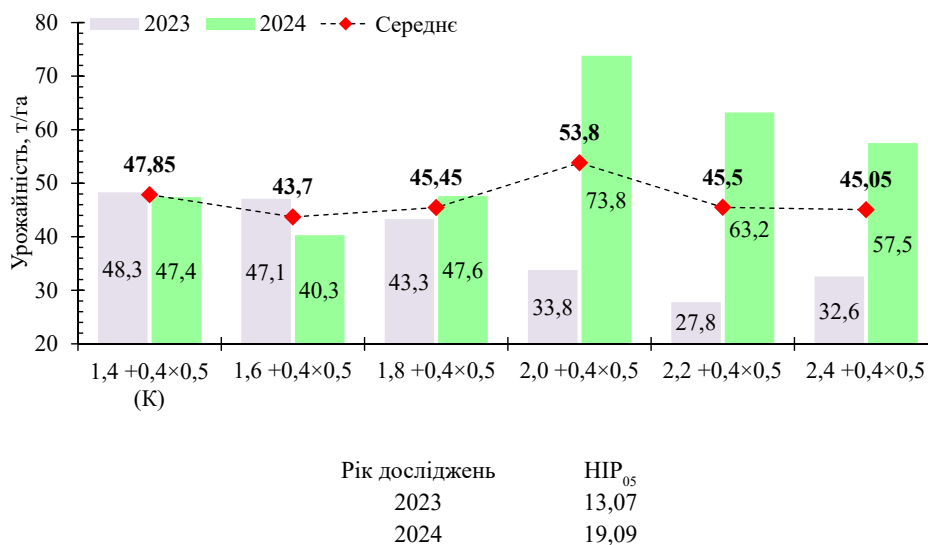


Рис. 2. Урожайність дині звичайної гібриду Амал F₁ залежно від схеми садіння, т/га (2023–2024)

Найвища урожайність відзначена у дині, вирощеної за схемою 2,0+0,4×0,5 м, та становила 53,8 т/га, що на 5,95 т/га більше, ніж у контрольного варіанту. На врожайність вагомо вплинула відстань між рослинами: чим більшою була відстань між рослинами, тим більшою була маса плоду. Тому вирощування дині звичайної за схемою 2,0+0,4×0,5 м забезпечує кращу врожайність у разі раціонального використання земельної площі.

Подальші дослідження полягають у визначенні динаміки врожайності та якості плодів дині звичайної залежно від кліматичних умов, схем розміщення рослин, нормування навантаження рослин плодами та розширення сортименту і засад створення сортових технологій вирощування.

Список використаних джерел

- Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків : Основа, 2001. 369 с.
- Лихацький В.І., Шевчук К.М. Оцінка елементів технології вирощування дині в умовах Південного Степу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 2014, 6. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Nd_2014_6_13.pdf (дата звернення: 26.02.2025).
- Aluko M. Plant population density affect on muskmelon (*Cucumis melo* L.) growth and yield. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 2024, 102.3. P. 425–434.
- Ayeni O.S., Makinde E.A., Odeyemi O.M., Sobukola O.P. Plant density due to intra-row spacing on growth, weed control, and yield of Golden melon. *International Journal of Vegetable Science*, 2021, 27.4. P. 315–326.
- Ban D., Goreta S., Borošić J. Plant spacing and cultivar affect melon growth and yield components. *Scientia Horticulturae*, 2006, 109.3. P. 238–243.
- Bracy R.P., Parish R.L. Row number, seed spacing, and fertilizer rate effects on melon production. *Journal of Vegetable Crop Production*, 1997, 3.1. P. 47–57.
- Díaz-Alvarado J.M., Monge-Pérez J.E., Loria-Coto M. Honey Dew melon (*Cucumis melo* L.) grown under greenhouse conditions: correlation among plant density and yield variables. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(3). P. 34–50.
- Grangeiro L.C., Pedrosa J.F., Neto B.F., Negreiros M.Z.D. Qualidade de híbridos de melão amarelo em diferentes densidades de plantio. *Horticultura brasileira*, 1999, 17. P. 110–113.
- Lourenção W.A.P., Neves J.F., Dias L.D.E., da Silva Ferreira F., de Lima Toledo C.A., da Silva Ponce F., Júnior S.S. Produção e qualidade de melão amarelo submetido a diferentes sistemas de plantio. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 2021, 12.12. P. 64–73.
- Mohamedian S.A., Selim M.A.M., Alian F.S.S. Impact of plant spacing and density on yield and quality of newly local developed cantaloupe F1 hybrids. *Annals of Agric. Sci., Moshthor*, 2013, 51.4. P. 391–401.
- Paris H.S., Nerson H., Burger Y., Edelstein M., Karchi Z., Mccollum T.G., Cantliffe D.J. Synchrony of yield of melons as affected by plant type and density. *Journal of horticultural science*, 1988, 63.1. P. 141–147.
- Peralta J.J. Producción y calidad de melón tipo “Harper” a diferentes distancias entre plantas. 2020. PhD Thesis. Zamorano : Escuela Agrícola Panamericana, 2020. P. 7–11.
- Pradi Vendruscolo E., Cardoso Campos L.F., Seleguini A., Batista Martins A.P., Ferreira de Lima S. Economic viability of muskmelon cultivation in different planting spacing in Brazil central region. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 2017, 70.3. P. 8319–8325.
- Rodriguez J.C., Shaw N.L., Cantliffe D.J. Influence of plant density on yield and fruit quality of greenhouse-grown galia muskmelons. *HortTechnology*, 2007, 17.4. P. 580–585.
- Singh A.K., Saver N., Jat G.S., Singh J., Singh V., Singh A., Kumar A. Influence of spacing and pruning on growth, yield and economics of off-season long melon (*Cucumis melo*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2022, 92.2. P. 185–189.

16. Ugwuoke C.U., Asogwa A.A., Okwo C.R., Onu F.M., Eze G.E., Onah F.C. Effects of Planting Distance and Seed Rate on the Growth and Yield of Egusi Melon (*Citrullus colocynthis*). *Legume Research – An International Journal*, 2021, 44.3. P. 328–333.

Yatsenko N. V.

Doctor of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Vegetable Growing,
Uman National University of Horticulture
Uman, Ukraine

E-mail: vorob2807@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3752-314X

Burkovetskyi O. O.

Postgraduate Student at the Department of Vegetable Growing,
Uman National University of Horticulture
Uman, Ukraine

E-mail: oleksiiburkovetskyi@gmail.com

ORCID: 0009-0009-2886-1199

THE INFLUENCE OF THE PLACEMENT SCHEME AND PLANT DENSITY ON YIELD AND BIOMETRIC INDICATORS OF THE COMMON MELON (*CUCUMIS MELO* L.) IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE OF UKRAINE

Abstract

The article highlights the results of the study of the impact of the arrangement of melon plants on productivity and biometric indicators. The research was conducted in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine (Uman, 48°46'N, 30°14'E) in 2023–2024. For the study the early-ripening melon hybrid Amal F1, intended for fresh consumption, which is considered one of the most popular melon hybrids in Ukrainian supermarket chains, was used. The research used the following plant placement schemes 1.4+0.4×0.5 m (K), 1.6+0.4×0.5 m, 1.8+0.4×0.5 m, 2.0+0.4×0.5 m, 2.2+0.4×0.5 m, 2.4+0.4×0.5 m. During the growing season, stem length was determined in different phenological phases of plant development, fruit weight, and productivity. Field and laboratory research methods were used to conduct the research. The experiment is laid out in accordance with the research methodology. As a result of research, it was established that the length of the stem depended significantly on the arrangement of the plants, the greater the distance between the plants, the longer the stem was. The largest length of the stem was formed using the placement scheme of 2.4+0.4×0.5 m and 2.2+0.4×0.5 m. Melons grown according to the schemes 2.0+0.4×0.5 and 2.4+0.4×0.5 formed the largest fruit mass and amounted to 2.0 and 1.9 kg, respectively. Plants grown according to the scheme 1.6+0.4×0.5 had the lowest average yield, where the correspondence of the weight of the fruit to the number of plants per hectare does not ensure a better yield, as in the variants with a different placement scheme. The highest yield was recorded in melon grown according to the scheme of 2.0+0.4×0.5 m, and it was 53.8 t/ha, which is 5.95 t/ha more than in the control variant. The yield was strongly influenced by the distance between the plants, the greater the distance between the plants, the greater the weight of the fruit. Therefore, cultivation of common melon according to the scheme 2.0+0.4×0.5 provides better yield, with rational use of the land area.

Key words: common melon, placement scheme, productivity, stem length.

References

1. Bondarenko, G.L., & Yakovenko, K.I. (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methodology of experimental research in vegetable growing and melons]. Kharkiv. Osnova, P. 369 [in Ukrainian].
2. Lykhatskyi, V.I., & Shevchuk, K.M. (2014). Otsinka elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia dyni v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Evaluation of elements of melon cultivation technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, (6). Retrieved from: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Nd_2014_6_13.pdf [in Ukrainian].
3. Aluko, M. (2024). Plant population density affect on muskmelon (*Cucumis melo* L.) growth and yield. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 102(3), 425–434 [in English].
4. Ayeni, O.S., Makinde, E.A., Odeyemi, O.M., & Sobukola, O.P. (2021). Plant density due to intra-row spacing on growth, weed control, and yield of Golden melon. *International Journal of Vegetable Science*, 27(4), 315–326 [in English].
5. Ban, D., Goreta, S., & Borošić, J. (2006). Plant spacing and cultivar affect melon growth and yield components. *Scientia Horticulturae*, 109(3), 238–243 [in English].
6. Bracy, R.P., & Parish, R.L. (1997). Row number, seed spacing, and fertilizer rate effects on melon production. *Journal of Vegetable Crop Production*, 3(1), 47–57 [in English].
7. Diaz-Alvarado, J.M., Monge-Pérez, J.E., & Loría-Coto, M. (2021). Honey Dew melon (*Cucumis melo* L.) grown under greenhouse conditions: correlation among plant density and yield variables. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(3), 34–50 [in English].
8. Grangeiro, L.C., Pedrosa, J.F., B Neto, F., & Negreiros, M.Z.D. (1999). Qualidade de híbridos de melão amarelo em diferentes densidades de plantio [Quality of yellow melon hybrids at different planting densities]. *Horticultura brasileira*, 17, 110–113 [in Portuguese].

9. Lourenção, W.A.P., Neves, J.F., Dias, L.D.E., da Silva Ferreira, F., de Lima Toledo, C.A., da Silva Ponce, F., & Júnior, S.S. (2021). Produção e qualidade de melão amarelo submetido a diferentes sistemas de plantio [Production and quality of yellow melon subjected to different planting systems]. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12(12), 64–73 [in Portuguese].
10. Mohamedian, S.A., Selim, M.A.M., & Alian, F.S.S. (2013). Impact of plant spacing and density on yield and quality of newly local developed cantaloupe F1 hybrids. *Annals of Agric. Sci., Moshtohor*, 51(4), 391–401 [in English].
11. Paris, H.S., Nerson, H., Burger, Y., Edelstein, M., & Karchi, Z., Mccollum, T.G., Cantliffe, D.J. (1988). Synchrony of yield of melons as affected by plant type and density. *Journal of Horticultural Science*, 63(1), 141–147 [in English].
12. Peralta, J.J. (2020). Producción y calidad de melón tipo “Harper” a diferentes distancias entre plantas [Production and quality of Harper melon at different plant spacings]. *PhD Thesis*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 7–11 [in Spanish].
13. Pradi Vendruscolo, E., Cardoso Campos, L.F., Seleguini, A., Batista Martins, A.P., & Ferreira de Lima, S. (2017). Economic viability of muskmelon cultivation in different planting spacing in Brazil central region. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(3), 8319–8325 [in English].
14. Rodriguez, J.C., Shaw, N.L., & Cantliffe, D.J. (2007). Influence of plant density on yield and fruit quality of greenhouse-grown galia muskmelons. *HortTechnology*, 17(4), 580–585 [in English].
15. Singh, A.K., Saver, N., Jat, G.S., Singh, J., Singh, V., Singh, A., & Kumar, A. (2022). Influence of spacing and pruning on growth, yield and economics of off-season long melon (*Cucumis melo*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 92(2), 185–189 [in English].
16. Ugwuoke, C.U., Asogwa, A.A., Okwo, C.R., Onu, F.M., Eze, G.E., & Onah, F.C. (2021). Effects of planting distance and seed rate on the growth and yield of Egusi melon (*Citrullus colocynthis*). *Legume Research – An International Journal*, 44(3), 328–333 [in English].



ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

UDC 2-57(477.43004

Chaikovska O. V.

*Candidate of Philological Sciences, Associate Professor,
Head of the Foreign Languages Department,
Higher educational institution "Podillia State Univesity"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: olgachaikovskaya@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9161-457*

Chaikovskiy O. V.

*Postgraduate Student at the Department of Management and Public Administration,
Educational and Scientific Institute of Business and Finance,
Higher educational institution "Podillia State Univesity"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: olehchaikovskiy@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3175-242X*

PROSPECTS FOR GREEN PILGRIMAGE IN THE KHMELNYTSKYI REGION: THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF THE CAMINO PODOLICO

Abstract

Religious tourism is one of the most dynamic areas of the tourism industry, combining spiritual experiences, cultural heritage and economic development of regions. One promising area is green pilgrimage, which involves environmentally responsible travel and digital technologies to improve the tourist experience. In this context, developing the Camino Podolico pilgrimage route in the Khmelnytskyi region is an important aspect that can contribute to preserving the natural environment, attracting international tourists and creating new opportunities for local communities. The study is based on an analysis of global practices in developing pilgrimage routes, particularly the experience of the Camino de Santiago in Spain. Digital technologies, such as mobile applications for navigation and booking, play a key role in increasing the route's accessibility and improving communication among pilgrims. To analyze the tourist attractiveness of the Camino Podolico in the Khmelnytskyi region, the method of assessing the tourist readiness of the region (TDI) was applied, which includes a comprehensive assessment of such parameters as infrastructure, resource base, socio-economic level and competitive position. Each indicator was evaluated on a 5-point scale, which made it possible to determine the region's generalized index of tourist attractiveness. The obtained TDI value of 3.12 indicates a moderate level of readiness of the Khmelnytskyi region to receive pilgrims and the need for further development of the route.

To transform the Camino Podolico into a powerful tool for attracting tourists, a set of measures has been proposed, including activating the involvement of local entrepreneurs and organizations to create a developed network of budget accommodation and food for pilgrims, expanding the advertising campaign, as well as strengthening cooperation with international pilgrimage associations to popularize the route among foreign tourists.

Thus, the study confirms that green pilgrimage tourism in the Khmelnytskyi region has significant potential, but its implementation requires an integrated approach, including infrastructure development, digital solutions and international cooperation. Camino Podolico can become essential for the region's cultural and spiritual development and economic growth.

Key words: Camino Podolico, Khmelnytskyi region, TDI, digital technologies, accommodation, advertising campaign

Introduction. Religious tourism is one of the most dynamic sectors of the tourism industry, combining spiritual experiences, cultural heritage and economic development of regions. One of the promising areas of this type of tourism is green pilgrimage tourism, which involves environmentally responsible travel and digital technologies to improve the tourist experience. In this context, developing the Camino Podolico pilgrimage route in the Khmelnytskyi region is of particular interest, as it can contribute to preserving the natural environment, attracting international tourists, and creating new opportunities for local communities. For example, the Green Pilgrimage (GP) project demonstrates that pilgrimage is one of the most dynamic tourism segments, with over 300 million pilgrims annually [6]. Well-known pilgrimage routes, such as the Way of St. James, record an annual 10% increase in the number of visitors, in particular among non-religious travellers. This indicates a growing interest in journeys that combine spirituality, culture and environmental sustainability. The Camino is not just a route but a unique experience. It is an opportunity to test your strength, find answers to important questions and feel the unique spirit of the pilgrim community. Having tried it once, many return again – after all, “Camino once, Camino forever”.

In this context, the Camino Podolico, which passes through the Khmelnytskyi region, becomes a powerful tool for the region’s development. The route contributes to the preservation of local traditions, job creation and the development of low-impact tourism. In addition, using mobile applications and digital platforms for route planning makes pilgrimage trips more accessible and comfortable.

Kunaeva (2012) examines the issue of sustainable tourism management along the Camino de Santiago pilgrimage routes. The work focuses on the impact of tourism activities on territorial resources and mechanisms for preserving cultural heritage [7]. Lois González (2013) explores the contemporary revival of pilgrimage on the Camino de Santiago, analyzing its impact on forming territorial identity [8]. The authors highlight the increasing commercialization of the route, which is changing its religious and cultural context. Campos et al. (2022) analyze the ecological footprint of the Camino de Lebañego pilgrimage route in Spain [5]. They use the Life Cycle Assessment (LCA) method to determine CO₂ emissions, emphasizing the need to introduce environmental certificates and the use of public transport. Meištė et al. (2019) explore the concept of green pilgrimage tourism, particularly in Lithuania, and point to the lack of research on this topic in the region [9]. They propose combining religious, spiritual, and eco-tourism, calling for conserving natural resources.

Romanelli et al. (2021) examine the role of religious tourism routes in developing local communities [10]. Analyzing data on the Camino de Santiago and the Via Francigena, the authors highlight the importance of collaboration between local communities and tourism operators for sustainable development. Sharpley (2020) draws attention to the gap between theoretical approaches to sustainable development and its application in tourism [11]. The author emphasizes the need to review the concept of sustainable tourism, considering the industry’s specifics.

Religious tourism in Ukraine, particularly in the Carpathian and Ternopil regions, has significant potential for development due to its rich historical, cultural and sacred heritage. Studies show that although many sites are already included in tourist routes, a substantial part of the resources remains underutilized, which requires more active promotion and support from local authorities. For effective development, it is necessary to improve infrastructure and advertising strategies and focus on economic benefits, cultural authenticity and accessibility of tourism products [1; 2; 3; 4; 9]. Despite the growing interest in pilgrimage and religious tourism, scientific research is limited regionally, and there is a lack of scientific research on the prospects for further development of Camino Podolico in the Khmelnytskyi region. In addition, the topic of the introduction of digital platforms in the planning of pilgrimage routes has not been sufficiently researched.

Aim of the paper. This study aims to analyze the prospects of green pilgrimage in the Khmelnytskyi region and explore the role of digital technologies in route planning. Based on the results obtained, identify key success factors and develop recommendations for the further development of the Camino Podolico as a vital tourism product of the region.

Results. The Way of St. James (Camino de Santiago) is a pilgrimage route to the cathedral in Santiago de Compostela (Spain), where, according to legend, the relics of the apostle James rest. Its history dates back over a thousand years, and among the famous pilgrims were kings, saints and artists. In modern times, the Camino has gained popularity as a religious route and a path of self-discovery. Paulo Coelho’s book “Diary of a Magician” and the film “The Way” (2010) had a significant influence on the revival of the Camino. Today, several routes, including the French, the Northern, the Portuguese, and others, range from 100 to 3000 km. The Camino is not just a tourist hike but a unique experience. People here do not discuss everyday topics but talk about essential things. The atmosphere promotes internal changes, and chance meetings can become significant. Among the symbols of the Camino, it is worth noting the pilgrim’s passport – a document in which stamps are collected to confirm the route travelled, the Scallop Shell – a symbol of the Camino, which pilgrims wear and use to mark the path, the Yellow Arrows – the prominent landmark of the route and, of course, the phrase “Buen Camino!” – a traditional greeting and wish for a good journey.

The route is well marked with yellow arrows; for convenience, there are mobile applications (for example, Buen Camino). Pilgrims usually spend the night in albergues – shelters, which can be municipal (cheaper) or private (with more comfortable conditions). You can cook your food or take advantage of the “pilgrim’s lunch” in a cafe (6–15 euros). The average budget is about 30 euros per day, but expenses can be reduced by choosing economical options.

The Camino is within the power of most people, but beginners should practice before the journey. The optimal weight of the backpack is 7–8 kg. Required things: a comfortable backpack, a light sleeping bag, trekking shoes, a minimum of clothes, a first aid kit, a headlamp and a water bottle.

A detailed description of all routes, divided into stages, can be found in the aforementioned application (Fig. 1).



Fig. 1. Schematic map of all routes. Source: <https://www.gorgany.com/pro/camino/>

1. *Historical significance of the route.* The Way of St. James (Camino de Santiago) has over a thousand years of history. Its significance goes beyond the religious context – it is a cultural and spiritual path that kings, saints and famous artists have walked in different eras. Today, the Camino attracts not only believers but also those who seek self-knowledge and new experiences.

2. *Popularization and development of routes.* A significant contribution to the popularization of the route was made by Paulo Coelho's book "The Diary of a Magician" and the film "The Way" (2010). Thanks to them, thousands of people learned about this unique experience.

3. *Factors influencing the development of pilgrimage tourism.*

- Marked routes: yellow arrows and scallop shells are the prominent landmarks.

- Accommodation: development of the albergue network (pilgrim shelters), budget expansion and comfortable accommodation options.

- Food: availability of economical options (for example, a "pilgrim's lunch" for 6–15 euros).

- Additional services: mobile applications for orientation (Buen Camino, etc.) and luggage transportation services.

Analysis of the specifics of the implementation of the Camino in Spain, Portugal and France tells us that to develop such a powerful pilgrimage movement, it is necessary to improve the infrastructure in the region (development of the albergue network, creation of new routes), implement cultural initiatives through the organization of lectures, exhibitions and festivals on the Camino, advertise the Camino on social networks, cooperate with travel companies, develop interactive maps and mobile applications, and implement nature conservation programs along the routes. Therefore, developing pilgrimage tourism requires an integrated approach: improving logistics, active marketing, and creating comfortable travel conditions.

Khmelnitskyi region has a strong historical and cultural potential for developing pilgrimage tourism. One of the key factors is the passage through the area of the Camino Podolico – the Podillia Way of St. James. Kamianets-Podilskyi has become an essential node of the route, and since 2024, new sections of the route have been expanded to Zavalle and Panivtsi, where the Church of St. James is located.

In addition, the region has a rich sacred heritage:

- Churches and monasteries – Dominican and Franciscan monasteries in Kamianets-Podilskyi, the Church of the Most Holy Corpus Christi, etc.

- Orthodox shrines – Bakota Rock Monastery, Medzhybizh Fortress with Letychiv Church, the Church of the Intercession in Dunaivtsi.

Today, pilgrimage within the Camino Podolico is actively developing, in particular in the Khmelnytskyi region. According to the results of 2024:

- 247 pilgrims completed the route to Kamianets-Podilskyi, and 15 tried the new section to Zavallia and Panivtsi.

- Interest in the route is growing: Khmelnytskyi region is gradually becoming one of the centres of pilgrimage movement in Ukraine.

- Confirmed European status: Camino Podolico is recognized as part of the European network of the Ways of St. James, which opens up opportunities for international cooperation (Fig. 2).



Let's assess the Khmelnytskyi region's tourism readiness index (TDI) for pilgrimage tourism along the Camino Podolico route.

Formula TDI:

$$TDI = \frac{I + R + S + C}{4}$$

where:

- I – Infrastructure (hotels, roads, transport)
- R – Resource base (natural and cultural attractions)
- S – Socio-economic level (local business participation, economic impact)
- C – Competitive position (uniqueness of the route, international cooperation)

Table 1. Calculation of the tourist attractiveness index

Parameters	Evaluation	Justification
Infrastructure (I)	3	There are roads and budget manors but little specialized housing for pilgrims.
Resources (R)	4.5	Many historical monuments, monasteries, and cultural heritage.
Social and economic level (S)	3	Tourism is developing but still needs the support of local businesses.
Competitive position (C)	2	The route is unique for Ukraine but is still little known internationally.

$$TDI = \frac{3+4.5+3+2}{4} = \frac{12.5}{4} = 3.12$$

TDI 3.12 means that the Khmelnytskyi region has a moderate level of readiness for pilgrimage tourism. Improving the infrastructure (hostels, roads) and working on international route recognition is necessary.

The development of pilgrimage tourism in the Khmelnytskyi region, particularly the Camino Podolico route, requires an integrated approach and the involvement of various stakeholders. One of the main problems is the limited budget accommodation, which can be an obstacle for many potential pilgrims. Using private estates through partnership programs can significantly improve the situation while stimulating local businesses.

Logistics also plays a key role in the convenience of following the route. The lack of proper marking and insufficient integration into digital platforms can make navigation difficult for travellers. Improving the signage and developing a mobile application can contribute to greater popularization of the route.

Another vital aspect is promotion and attracting new tourists. Organizing thematic festivals, creating active content on social networks and involving bloggers and influencers can help spread information about the Camino Podolico. In addition, educational initiatives such as lectures, youth programs and pilgrimages for church communities will contribute to developing a conscious attitude towards the route and its historical value.

Equally important is the cooperation with tourist agencies and religious organizations, which will allow the expansion of the tour network and attract international partners. Integrating the Camino Podolico with European pilgrimage routes could take this tourist destination to a new level.

Conclusions. Khmelnytskyi region has significant potential for developing pilgrimage tourism thanks to the Camino Podolico and its rich historical and cultural heritage. Expanding the budget accommodation network, improving logistical conditions, creating convenient digital navigation tools, and actively promoting the route through modern media are necessary to attract more pilgrims. A critical component is the support of local businesses and integrating the route with other regional tourist attractions. Thanks to an integrated approach and international cooperation, the Camino Podolico can become one of the leading pilgrimage routes in Ukraine.

References

1. Luhovyi, B.V., & Ostrovska, N. (2022). Osoblyvosti rozvytku relihiinoho turyzmu na Ternopilli [Features of the development of religious tourism in Ternopil] [in Ukrainian].
2. Nagirnyak, A. (2022). Palomnytstvo ta relihiinyi turizm: Kharakterni rysy ta osoblyvosti [Pilgrimage and religious tourism: Characteristics and features]. *Economy and society – Ekonomika ta suspilstvo*, (44). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-91> [in Ukrainian].
3. Panchenko, S.A. (2019). Relihiinyi turizm v Ukraini: stan, potentsial, perspektyvy [Religious tourism in Ukraine: status, potential, prospects]. Kyiv: Avtohrad, 22–24 [in Ukrainian].
4. Pankiv, N. (2022). Tendentsii rozvytku relihiinoho turyzmu v Karpatskomu rehioni Ukrainy [Trends in the development of religious tourism in the Carpathian region of Ukraine]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky* – Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences, 304(2(1)), 77–89 [in Ukrainian].
5. Campos, C., Laso, J., Cristóbal, J., Albertí, J., Bala, A., Fullana, M., & Aldaco, R. (2022). Towards more sustainable tourism under a carbon footprint approach: The Camino Lebaniego case study. *Journal of Cleaner Production*, 369, 133222. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133222> [in English].
6. Canton, H. (2021). World Tourism Organization – UNWTO. In *The Europa Directory of International Organizations 2021*, pp. 393–397. Routledge [in English].
7. Kunaeva, M. (2012). Sustainable tourism management along the Camino de Santiago pilgrimage routes (Bachelor's thesis). HAAGA-HELIA University of Applied Sciences. Retrieved from: <https://www.theseus.fi/handle/10024/40139> [in English].
8. Lois González, R.N.C. (2013). The Camino de Santiago and its contemporary renewal: Pilgrims, tourists and territorial identities. *Culture and Religion*, 14(1), 8–22. <https://doi.org/10.1080/14755610.2012.756406> [in English].
9. Meištė, R., Navickienė, R., & Sadauskaitė, R. (2019). Perspectives of green pilgrimage tourism in Lithuania. *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences*, 65–72 [in English].
10. Romanelli, M., Gazzola, P., Grechi, D., & Pollice, F. (2021). Towards a sustainability-oriented religious tourism. *Systems Research and Behavioral Science*, 38(3), 386–396. <https://doi.org/10.1002/sres.2791> [in English].
11. Sharpley, R. (2020). Tourism, sustainable development and the theoretical divide: 20 years on. *Journal of Sustainable Tourism*, 8(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/09669582.2020.17797> [in English].

Чайковська О. В.

кандидат філологічних наук, доцент,
завідувач кафедри іноземних мов,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: olgachaikovskaya@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9161-4574

Чайковський О. В.

аспірант кафедри менеджменту, публічного управління та адміністрування,
Навчально-науковий інститут бізнесу та фінансів,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»,
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: olehchaikovskiy@ukr.net
ORCID: 0000-0002-3175-242X

ПЕРСПЕКТИВИ ЗЕЛЕНОГО ПАЛОМНИЦТВА НА ХМЕЛЬНИЧЧИНІ: РОЛЬ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗВИТКУ CAMINO PODOLICO

Анотація

Релігійний туризм є одним із найбільш динамічних напрямів туристичної індустрії, що поєднує духовні переживання, культурну спадщину та економічний розвиток регіонів. Одним із перспективних напрямів є зелене паломництво, що передбачає екологічно відповідальні подорожі та використання цифрових технологій для покращення туристичного досвіду. У цьому контексті розвиток паломницького маршруту Camino Podolico у Хмельницькій області є важливим аспектом, який може сприяти збереженню природного середовища, залученню міжнародних туристів і створенню нових можливостей для місцевих громад.

Дослідження ґрунтується на аналізі світових практик розвитку паломницьких маршрутів, зокрема досвіду Каміно де Сантьяго в Іспанії, та враховує основні екологічні та інфраструктурні виклики. Використання цифрових технологій, таких

як мобільні додатки для навігації та бронювання, відіграє ключову роль у підвищенні доступності маршруту та покращенні комунікації серед паломників. Для аналізу туристичної привабливості *Camino Podolico* у Хмельницькій області застосовано метод оцінки туристичної готовності регіону (TDI), що включає комплексну оцінку таких параметрів, як інфраструктура, ресурсна база, соціально-економічний рівень та конкурентна позиція. Кожен із показників оцінювався за 5-бальною шкалою, що дозволило визначити узагальнений індекс туристичної привабливості регіону. Отримане значення ІТП на рівні 3,12 свідчить про помірний рівень готовності Хмельниччини до прийому паломників та необхідність подальшого розвитку маршруту.

Для трансформації *Camino Podolico* у потужний інструмент залучення туристів запропоновано комплекс заходів, серед яких – активізація залучення місцевих підприємців та організацій для створення розвиненої мережі бюджетного житла та харчування для паломників, розширення рекламної кампанії, а також посилення співпраці з міжнародними паломницькими асоціаціями для популяризації маршруту серед іноземних туристів.

Таким чином, дослідження підтверджує, що зелений паломницький туризм у Хмельницькій області має значний потенціал, проте його реалізація вимагає комплексного підходу, включаючи розвиток інфраструктури, цифрових рішень та міжнародного співробітництва. *Camino Podolico* може стати важливим інструментом не лише для культурного та духовного розвитку регіону, а й для його економічного зростання.

Ключові слова: *Camino Podolico*, Хмельницька область, ІТП, цифрові технології, проживання, рекламна кампанія.

Bibliography

1. Луговий Б.В., Островська Н. Особливості розвитку релігійного туризму на Тернопільщині. 2022.
2. Нагірняк А. Паломництво та релігійний туризм: характерні риси та особливості. Економіка та суспільство. 2022. № 44. DOI: 10.32782/2524-0072/2022-44-91.
3. Панченко С.А. Релігійний туризм в Україні: стан, потенціал, перспективи. Київ : Автограф, 2019. С. 22–24.
4. Паньків Н. Тенденції розвитку релігійного туризму в Карпатському регіоні України. Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2022. № 304(2(1)). С. 77–89.
5. Campos C., Laso J., Cristóbal J., Albertí J., Bala A., Fullana M., Aldaco R. Towards more sustainable tourism under a carbon footprint approach: The Camino Lebaniego case study. Journal of Cleaner Production. 2022. Vol. 369. P. 133222. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133222.
6. Canton H. World Tourism Organization – UNWTO. The Europa Directory of International Organizations 2021. Routledge, 2021. P. 393–397.
7. Kunaeva M. Sustainable tourism management along the Camino de Santiago pilgrimage routes: Bachelor's thesis. HAAGA-HELIA University of Applied Sciences, 2012. URL: <https://www.theseus.fi/handle/10024/40139>.
8. Lois González R.N.C. The Camino de Santiago and its contemporary renewal: Pilgrims, tourists and territorial identities. Culture and Religion. 2013. Vol. 14(1). P. 8–22. DOI: 10.1080/14755610.2012.756406.
9. Meištė R., Navickienė R., Sadauskaitė R. Perspectives of green pilgrimage tourism in Lithuania. Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences. 2019. P. 65–72.
10. Romanelli M., Gazzola P., Grechi D., Pollice F. Towards a sustainability-oriented religious tourism. Systems Research and Behavioral Science. 2021. Vol. 38(3). P. 386–396. DOI: 10.1002/sres.2791.
11. Sharpley R. Tourism, sustainable development and the theoretical divide: 20 years on. Journal of Sustainable Tourism. 2020. Vol. 8(1). P. 1–19. DOI: 10.1080/09669582.2020.17797.

УДК 338.3

Гайбура Ю. А.

кандидат економічних наук,

доцент кафедри фінансів, банківської справи, страхування та електронних платіжних систем,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: hayburay@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2267-4968

**ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПІДПРИЄМСТВА:
СУТНІСТЬ І ЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ НЕГАТИВНИХ ВПЛИВІВ****Анотація**

У статті обґрунтовано теоретичні аспекти сутності й значення фінансово-економічного потенціалу підприємства в умовах негативних впливів. Аналіз наукової думки щодо категорії фінансово-економічного потенціалу показав наявність різних підходів та оцінок.

Установлено, що фінансово-економічний потенціал підприємства формується на базі функціонального взаємозв'язку фінансового й економічного потенціалів з урахуванням специфічних особливостей кожного з них.

Систематизовано підходи до визначення змісту понять «економічний потенціал підприємства» й «фінансовий потенціал підприємства», які взаємодіють і доповнюють один одного, створюючи комплексне уявлення про фінансово-економічний потенціал підприємства. Це підкреслює актуальність і значимість фінансово-економічного потенціалу як інструмента управлінського аналізу та прийняття рішень, особливо в умовах нестабільності й трансформацій.

З'ясовано, що фінансово-економічний потенціал пов'язаний із процесом залучення фінансових ресурсів, їх використання, а також тісно пов'язаний з інвестиційним складником стратегії підприємства. Визначено, що фінансово-економічний потенціал не варто ототожнювати з фінансовими ресурсами, оскільки він є значно ширшим поняттям і формує механізм динамічної трансформації ресурсів у результати діяльності підприємства.

Поглиблено розуміння фінансово-економічного потенціалу виокремлення реалізованого складника (який уже використовується підприємством) і резервного (який можна активувати в майбутньому), що є важливим для прийняття виважених управлінських рішень з метою забезпечення успішного розвитку та стійкості підприємства в умовах ринкової конкуренції.

Установлено, що повномасштабне вторгнення суттєво позначається на формуванні фінансово-економічного потенціалу підприємств, визначаючи нові реалії та виклики для бізнес-середовища.

Ключові слова: підприємство, економічний потенціал підприємства, фінансовий потенціал підприємства, ресурси, фінансово-економічний потенціал підприємства, бізнес-середовище.

Вступ. Нестабільність національної економіки, недостатній обсяг залучених іноземних інвестицій і залежність від зовнішніх кредиторів та інші негативні ризики мають значний вплив на господарську діяльність вітчизняних підприємств, що обмежує їхнє зростання й розвиток, адже саме економічний розвиток суб'єктів підприємницької діяльності України є одним із найважливіших складників вітчизняної господарської системи в сучасних умовах. Тому для покращення й активації господарської діяльності підприємств різних форм власності є забезпечення розвитку їхнього фінансово-економічного потенціалу. Конкурентні переваги підприємства на ринку та його фінансово-економічний потенціал є одним із основних складників загального економічного розвитку країни, що сприятиме зростанню підприємницької діяльності в умовах викликів і загроз.

Метою роботи є дослідження науково-теоретичних аспектів дефініції фінансово-економічного потенціалу підприємства та його значення в сучасному економічному середовищі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Фінансово-економічний потенціал підприємства є основним фактором, що визначає його стійкість до змін у ринковому середовищі, платоспроможність і конкурентоспроможність у сучасних умовах господарювання. Формування ефективного фінансово-економічного потенціалу характеризується сукупністю аспектів і підходів, які ґрунтуються на теоретичному розумінні його сутності.

Досить часто в дослідженнях вітчизняних і закордонних учених-економістів фінансово-економічний потенціал розглядається як окремі компоненти загального потенціалу або як його складники, тобто фінансовий та економічний потенціал.

Щодо розкриття сутності економічного потенціалу підприємства науковці виокремлюють різноманітні наукові підходи, виходячи із двох ключових аспектів: з погляду ресурсів і як потенціал, що включає здатності, можливості й резерви для розвитку й діяльності суб'єкта господарювання.

Так, О. Арєф'єва й Д. Долженко вважають, що «економічний потенціал підприємства можна розглядати як сукупність ресурсів, можливостей, компетенцій і стратегічних резервів, які підприємство може мобілізувати та використовувати для досягнення своїх цілей і забезпечення стійкого розвитку в умовах транспарентності націо-

нального економічного середовища. Це поняття включає в себе фінансові ресурси, технічний потенціал, кадровий потенціал, інтелектуальні ресурси, ринкові можливості та інші аспекти, які сприяють конкурентоспроможності та успішності підприємства в економічному середовищі» [2].

На думку Н. Андрушкевич, О. Телепенко й А. Тараненко, економічний потенціал підприємства – це система ресурсів, унаслідок взаємодії яких досягаються поставлені цілі фінансово-господарської діяльності підприємства. Вона поєднує такі основні елементи: фінансові ресурси; інформаційні ресурси; кадрові ресурси; технологічні ресурси; технічні ресурси; просторові ресурси; ресурси системи управління.

Окрім ресурсного підходу, функціональний підхід передбачає, що структура потенціалу підприємства визначається основними функціями, серед яких – виробництво, техніко-технологічне забезпечення, маркетинг, зберігання й передача інформації, організація роботи підприємства, соціальне обслуговування працівників, пошук і розміщення фінансових ресурсів.

Проте автори наголошують, що обидва вищезазначені підходи є односторонніми й не розкривають повною мірою структури потенціалу підприємства [1, с. 7].

З огляду на відмінності в підходах науковців до трактування економічного потенціалу, А. Лисенко й С. Коряк уважають за доцільне виокремлювати його ресурсно-виробничий, ресурсно-стратегічний, виробничо-стратегічний складники й формувати на цій основі відповідні концепції: ресурсно-виробничу, ресурсно-стратегічну, виробничо-стратегічну та ресурсно-виробничо-стратегічну. Виходячи із цього, автори пропонують поняття «економічний потенціал» розуміти як сукупність ресурсів і можливостей, що з розвитком продуктивних сил та економічних відносин можуть бути максимально використаними в процесі вирішення стратегічних завдань [8, с. 225].

Отже, при визначенні економічного потенціалу більшість науковців вважає, що «економічний потенціал» є сукупністю ресурсів підприємства з його наявними можливостями та здібностями, за допомогою яких забезпечується найбільш можливий обсяг виробництва, досягається необхідний рівень відтворення підприємства з максимальним економічним ефектом, тобто його прибутковістю.

Одним із основних факторів ефективного розвитку підприємств різних форм господарювання, успішність функціонування й результативність діяльності значною мірою залежать від фінансового потенціалу.

Більшість науковців вважає, що фінансовий потенціал – це частина економічного потенціалу підприємства, є одним із найважливіших чинників забезпечення ефективності діяльності сучасних суб'єктів господарювання.

У наукових дослідженнях дуже часто фінансовий потенціал розглядається як поєднання наявних у підприємстві фінансових ресурсів і можливості щодо їх нарощення шляхом отримання максимального результативного ефекту.

Погоджуємося з думкою А. Дараган та А. Геворкян, що сутність фінансового потенціалу полягає не стільки в наявності фінансових ресурсів у конкретний проміжок часу, як у здатності підприємства формувати й відтворювати необхідні активи в повному обсязі з мінімальними витратами й у стислі терміни [4, с. 56].

Деякі автори в дослідженнях зазначають, що фінансовим потенціалом є фінансові ресурси, з приводу яких виникають відносини на підприємстві з метою досягнення його ефективного та рентабельного функціонування. Інші ж вважають, що фінансовий потенціал являє собою сукупність фінансових ресурсів, за допомогою ефективного й раціонального використання яких підприємство здатне отримати прибуток і досягти поставленої мети своєї діяльності, а також отримати максимально можливий фінансовий результат за рахунок використання наявних власних ресурсів і залучення додаткових [3, с. 75].

Дослідивши особливості підходів до трактування понять «економічний потенціал» і «фінансовий потенціал», можемо узагальнити й об'єднати їх у єдину дефініцію «фінансово-економічний потенціал». Це дасть змогу отримати ширше уявлення про потенціал підприємства, що сприятиме розробленню ефективної стратегії для забезпечення його функціонування в сучасному бізнес-середовищі та конкурентоспроможності на ринку.

Економічна категорія фінансово-економічного потенціалу виникає як результат розуміння того, що для успішної діяльності суб'єктів господарювання необхідно не лише мати фінансові ресурси, а й ефективно використовувати їх у поєднанні з економічними можливостями [5, с. 34].

Так, на думку І. Труніної й О. Глазунової, фінансово-економічний потенціал підприємства – це інтегрована система оптимальних пропорцій наявних фінансових та економічних ресурсів, а також можливостей використання резервів суб'єкта господарювання для забезпечення його успішного функціонування в стратегічному періоді за динамічних умов господарювання [10, с. 110].

На нашу думку, для забезпечення максимальної ефективності використання фінансово-економічного потенціалу залучення до виробничого процесу всієї сукупності фінансових та економічних ресурсів можливо лише за абсолютної стабільності зовнішнього середовища.

Тому сьогодні суб'єктам господарювання для запобігання кризовим явищам варто забезпечити свою діяльність відповідними ресурсними запасами, які знаходяться в резерві й не задіяні у виробничому процесі (рис. 1).

Д. Крилов вважає, що фінансово-економічний потенціал уособлює комплексну характеристику, що в конкретний момент часу й при певних умовах відображає наявні й потенційні ресурси, а також має орієнтацію на досягнення поставлених цілей діяльності підприємства [7]. Тому погоджуємося з думкою автора, що основною передумовою оцінювання фінансово-економічного потенціалу суб'єкта господарювання є побудова подальшої



Рис. 1. Сутність дефініції фінансово-економічного потенціалу підприємства

Джерело: сформовано автором на основі [10].

стратегії його розвитку, яка передбачатиме мінімізацію потенційних ризиків і максимізацію ефективності його діяльності в майбутньому.

Цікавим, на нашу думку, є твердження [9], що фінансово-економічний потенціал підприємства – це можливий стан підприємства, його місце й значення на ринку, оцінені з урахуванням поточного фінансово-економічного стану підприємства та кон'юнктури ринку в поточному й прогнозованому періоді часу.

Тому, досліджуючи фінансово-економічний потенціал підприємства, доцільно брати до уваги не лише внутрішні фактори, а й зовнішні. При цьому мати на увазі, що ризики й можливості, які несе зовнішнє середовище, можуть негативно впливати на стан і рівень розвитку самого підприємства в сучасних умовах.

Сучасні складні умови сьогодення, зумовлені повномасштабною війною, негативно позначаються на фінансово-економічному потенціалі вітчизняних підприємств, адже за таких обставин важко оцінювати та прогнозувати окремі складники потенціалу підприємства та його господарську діяльність загалом.

Тому за таких умов для досягнення високих результатів діяльності вітчизняним підприємствам необхідно згуртованіше й раціональніше використовувати наявні та потенційні ресурси й можливості, вчасно реагувати на виклики й загрози зовнішнього середовища, спрямовуючи свою діяльність не лише на задоволення поточних потреб, зокрема у вигляді прибутку, а й на планування діяльності й нарощування фінансово-економічного потенціалу в майбутньому.

У цьому контексті особливого значення набувають дослідження й оцінювання наявного фінансово-економічного потенціалу підприємства та виявлення можливостей його нарощування.

Фінансово-економічний потенціал є підґрунтям визначення стратегічних напрямів розвитку суб'єкта господарювання, формуючи при цьому механізм перетворення ресурсного й виробничого потенціалів у фінансові результати діяльності підприємства [6].

Досліджуючи фінансово-економічний потенціал підприємства, доцільно систематично оцінювати його фінансовий стан і визначати фінансову безпеку, адже, приймаючи виважені управлінські рішення й ураховуючи рівень інвестиційного та резервного фінансового забезпечення, показники фінансового стану суб'єкта господарювання мають використовуватися під час оцінювання досягнень визначених потреб і вирішенні поставлених завдань у поточному періоді й у перспективі зокрема.

Саме оцінювання показників фінансового стану дасть підприємству змогу виявити резерви та шляхи покращення його потенційних можливостей на ринку. Наявність і рівень фінансово-економічного потенціалу дає змогу більш досконало визначати потребу підприємства в капіталі, оцінювати вартість джерел формування капіталу, а також відповідно до обраної стратегії розвитку підприємства визначати його структуру капіталу.

Висновки. Таким чином, на основі виникнення й походження основних ідей науковців пропонуємо розглядати фінансово-економічний потенціал підприємства як комплексну систему, яка містить фінансовий та економічний складники, а також сукупність ресурсів, що використовується для досягнення фінансових та економічних цілей, і можливостей їх використання з метою забезпечення успішного розвитку та стійкості підприємства в умовах ринкової конкуренції. За результатами дослідження встановлено, що успішність господарської діяльності підприємства залежить від формування фінансово-економічного потенціалу, можливостей його використання й розвитку в майбутньому.

Список використаних джерел

1. Андрушкевич Н.В., Телепенько О.В., Тараненко А.А. Особливості формування і аналізу економічного потенціалу сільськогосподарських підприємств. *Підприємництво і торгівля*. 2024. № 42. С. 5–11.
2. Арєф'єва О., Долженко Д. Теоретичне підґрунтя формування економічного потенціалу підприємства в умовах посилення транспарентності розвиткових процесів. *Адаптивне управління: теорія і практика. Серія «Економіка»*. 2024. Вип. 18(36). URL: [https://doi.org/10.33296/2707-0654-18\(36\)-06](https://doi.org/10.33296/2707-0654-18(36)-06).

3. Громова А.Є. Фінансовий потенціал, як основа формування прибутку підприємства. *Інфраструктура ринку*. 2017. Вип. 5. С. 75–78.
4. Дараган А.В., Геворкян А.Ю. Формування складників фінансового потенціалу підприємства. *Економічний простір*. 2021. № 167. С. 55–58.
5. Заїка К.О. Формування адаптивного фінансово-економічного потенціалу промислового підприємства : дис. ... канд. екон. наук : 051 «Економіка» / Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, МОН України. Кременчук, 2024. 231 с.
6. Куліш Г.П., Чепка В.В. Фінансовий потенціал підприємства та його роль в умовах нестабільності економіки. *Статистика України*. 2017. № 1. С. 29–35.
7. Крилов Д.В. Структура та принципи фінансово-економічного потенціалу підприємства в сучасних умовах. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія «Економіка та управління»*. 2024. № 14. URL: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-14-04-09>.
8. Лисенко А.М., Коряк А.С. Поняття економічного потенціалу та концептуалізація підходів до його трактування. *Центральноукраїнський науковий вісник. Серія «Економічні науки»*. 2020. Вип. 5 (38). С. 221–227.
9. Мережко В.М. Формування фінансово-економічного потенціалу у розвитку ЗЕД підприємств за умов євроінтеграції : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)» / Хмельницький національний університет. Хмельницький, 2021. 283 с.
10. Труніна І.М., Глазунова О.О. Теоретико-концептуальні засади фінансово-економічного потенціалу промислового підприємства. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Економічні науки»*. 2023. № 6. С. 107–111.

Haibura Yu. A.

Candidate of Economic Sciences,

*Associate Professor at the Department of Finance, Banking, Insurance and Electronic Payment Systems,
Higher educational institution “Podillia State University”*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: hayburay@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2267-4968

FINANCIAL AND ECONOMIC POTENTIAL OF AN ENTERPRISE: ESSENCE AND SIGNIFICANCE IN THE CONDITIONS OF NEGATIVE INFLUENCES

Abstract

The article substantiates the theoretical aspects of the essence and significance of the financial and economic potential of an enterprise in the conditions of negative influences.

Analysis of scientific opinion regarding the category of financial and economic potential showed the presence of different approaches and assessments.

It has been established that the financial and economic potential of an enterprise is formed on the basis of the functional relationship between financial and economic potentials, taking into account the specific features of each of them. The approaches to defining the content of the concepts of “economic potential of an enterprise” and “financial potential of an enterprise” are systematized, which interact and complement each other, creating a comprehensive picture of the financial and economic potential of an enterprise. This emphasizes the relevance and significance of financial and economic potential as a tool for management analysis and decision-making, especially in conditions of instability and transformations.

It is found that financial and economic potential is associated with the process of attracting financial resources, their use, and is also closely related to the investment component of the enterprise's strategy.

It is determined that financial and economic potential should not be identified with financial resources, since it is a much broader concept and forms a mechanism for the dynamic transformation of resources into the results of the enterprise's activities.

The understanding of the financial and economic potential of separating the realized component (which is already used by the enterprise) and the reserve component (which can be activated in the future) has been deepened, which is important for making balanced management decisions in order to ensure the successful development and sustainability of the enterprise in conditions of market competition.

It has been determined that full-scale invasion significantly affects the formation of the financial and economic potential of enterprises, determining new realities and challenges for the business environment.

Key words: *enterprise, economic potential of the enterprise, financial potential of the enterprise, resources, financial and economic potential of the enterprise, business environment*

References

1. Andrushkevych, N.V., Telepen'ko, O.V., & Taranenko, A.A. (2024). Osoblyvosti formuvannya i analizu ekonomichnoho potentsialu sil'skohospodars'kykh pidpryyemstv. [Peculiarities of the formation and analysis of the economic potential of agricultural enterprises]. *Pidpryyemnytstvo i torhivlya*, 42, pp. 5–11 [in Ukrainian].
2. Aref'yeva, O., & Dolzhenko, D. (2024). Teoretychne pidgruntya formuvannya ekonomichnoho potentsialu pidpryyemstva v umovakh posylennya transparentnosti rozvytkovykh protsesiv. [Theoretical background of formation of economic potential of enterprise in conditions of strengthening transparency development processes]. *Adaptyvne upravlinnya: teoriya i praktyka. Seriya Ekonomika*, 18(36). [https://doi.org/10.33296/2707-0654-18\(36\)-06](https://doi.org/10.33296/2707-0654-18(36)-06) [in Ukrainian].

3. Hromova, A.Ye. (2017). Finansovyy potentsial, yak osnova formuvannya prybutkupidpryyemstva. [Financial potential as basis of forming company profits]. *Infrastruktura rynku*, 5, pp. 75–78 [in Ukrainian].
4. Darahan, A.V., & Hevorkyan, A. Yu. (2021). Formuvannya skladnykiv finansovoho potentsialu pidpryyemstva. [Formation of components of financial potential of the enterprise]. *Ekonomichnyy prostir*, 167, pp. 55–58 [in Ukrainian].
5. Zayika, K.O. (2024). Formuvannya adaptivnoho finansovo-ekonomichnoho potentsialu promyslovoho pidpryyemstva : dys. ... kand. ekon. nauk : 051 – Ekonomika. [Formation of adaptive financial and economic potential of industrial enterprises]. Kremenchuts'kyi natsional'nyy universytet imeni Mykhayla Ostrohrads'koho, MON Ukrayiny. Kremenchuk, 231 p. [in Ukrainian].
6. Kulish, H.P., & Chepka, V.V. (2017). Finansovyy potentsial pidpryyemstva ta yoho rol' v umovakh nestabil'nosti ekonomiky. [Financial Potential of an Enterprise and its Significance in the Economically Unstable Environment]. *Statystyka Ukrayiny*, 1, pp. 29–35 [in Ukrainian].
7. Krylov, D.V. (2024). Struktura ta pryntsypy finansovo-ekonomichnoho potentsialu pidpryyemstva v suchasnykh umovakh. [The structure and principles of the financial and economic potential of the enterpris in modern conditions]. *Problemy suchasnykh transformatsiy. Seriya: ekonomika ta upravlinnya*, 14. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-14-04-09> [in Ukrainian].
8. Lysenko, A.M., & Koryak, A.S. (2020). Ponyattya ekonomichnoho potentsialu ta kontseptualizatsiya pidkhodiv do yoho traktuvannya. [The concept of economic potential and conceptualization of approaches to its interpretation]. *Tsentral'no ukrayins'kyi naukovy visnyk. Ekonomichni nauky*, 5 (38), pp. 221–227 [in Ukrainian].
9. Merezko, V.M. (2021). Formuvannya finansovo-ekonomichnoho potentsialu u rozvytku ZED pidpryyemstv za umov yevrointegratsiyi [Formation of financial and economic potential in the development of foreign economic activity of enterprises in conditions of European integration]. *Candidate's thesis*. Khmel'nyts'kyi natsional'nyy universytet. Khmel'nyts'kyi, 283 p. [in Ukrainian].
10. Trunina, I.M., & Hlazunova, O.O. (2023). Teoretyko-kontseptual'ni zasady finansovo-ekonomichnoho potentsialu promyslovoho pidpryyemstva. [Theoretical and conceptual basis of the financial and economic potential of an industrial enterprise]. *Visnyk NTU «KHPI» (ekonomichni nauky)*, 6, pp. 107–111 [in Ukrainian].

УДК 338.43:502/504

Кушнір В. О.

кандидат економічних наук,

докторант кафедри економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: kusvo27@gmail.com

ORCID: 0009-0002-6162-8849

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СТРАТЕГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ: ВИКЛИКИ Й ПЕРСПЕКТИВИ

Анотація

Сучасні аграрні підприємства стикаються зі значними екологічними викликами, зокрема зі зміною клімату, деградацією ґрунтів, зменшенням водних ресурсів і посиленням екологічного регулювання. Ці фактори змушують виробників переглядати свої бізнес-моделі й упроваджувати стратегічні підходи, спрямовані на зменшення негативного впливу на довкілля. У статті досліджено вплив екологічних факторів на діяльність аграрного сектору й обґрунтовано необхідність інтеграції екологічно орієнтованого стратегічного менеджменту. Зокрема, проаналізовано впровадження технологій точного землеробства, органічного виробництва, циркулярної економіки та використання відновлюваних джерел енергії. Особливу увагу приділено екологічним ризикам, які впливають на економічну ефективність аграрного бізнесу, і можливостям їх мінімізації через стратегічні інновації.

Обґрунтовано ключові підходи до екологічного менеджменту, включаючи застосування цифрових технологій, розширення органічного виробництва й упровадження ресурсозберігаючих методів ведення сільського господарства. Досліджено міжнародний досвід інтеграції екологічних стратегій в агробізнес і визначено перспективи впровадження подібних ініціатив в Україні. На основі аналізу чинних екологічних загроз і тенденцій запропоновано конкретні заходи для підвищення екологічної стійкості українських аграрних підприємств. Окреслено необхідність державної підтримки й міжнародного партнерства в розвитку сталого аграрного виробництва. Результати дослідження свідчать, що інтеграція екологічних стратегій у стратегічний менеджмент агропідприємств може сприяти довгостроковій економічній стабільності, покращенню екологічної ситуації та підвищенню конкурентоспроможності аграрного сектору.

Ключові слова: стратегічний менеджмент, аграрний бізнес, екологічна відповідальність, сталий розвиток, точне землеробство, екологічна безпека, відновлювані джерела енергії, органічне виробництво.

Вступ. Аграрний сектор відіграє ключову роль у соціально-економічному розвитку країн, однак інтенсивне використання природних ресурсів створює значні екологічні ризики. Забруднення ґрунтів, деградація земель, зменшення запасів прісної води та зростання викидів парникових газів вимагають упровадження нових управлінських підходів до ведення агробізнесу.

Одним із ключових напрямів удосконалення стратегічного менеджменту є екологізація виробничих процесів шляхом застосування технологій точного землеробства, цифрового моніторингу екологічних ризиків, використання альтернативних джерел енергії та циркулярної економіки. Упровадження цих рішень сприяє не лише охороні навколишнього середовища, а й підвищенню економічної ефективності аграрних підприємств.

Мета роботи. Метою дослідження є аналіз екологічних викликів для аграрних підприємств і розроблення стратегічних підходів до впровадження екологічного менеджменту з урахуванням сучасних технологічних і цифрових рішень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аграрний сектор є важливим компонентом економіки України, відіграючи ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки, створенні робочих місць і розвитку сільських територій. Однак унаслідок інтенсивного використання природних ресурсів він створює значні екологічні ризики. Порушення ґрунтового покриву, деградація земель, забруднення водних ресурсів, зростання викидів парникових газів і зміни клімату стали серйозними викликами для сталого розвитку аграрного сектору. У цих умовах стає надзвичайно важливим удосконалення стратегічного менеджменту аграрних підприємств через інтеграцію екологічно орієнтованих підходів, які дадуть змогу зберегти природні ресурси, покращити економічну ефективність і підвищити конкурентоспроможність на міжнародному ринку.

Особливо актуальною проблема екологічного менеджменту аграрного бізнесу стала в умовах війни в Україні, коли відбуваються значні зміни в агропродовольчому ландшафті. Військовий конфлікт спричинив різке збільшення забруднення атмосфери шкідливими викидами від знищених об'єктів, техніки, а також через порушення виробничих процесів. Це ще більше загострило проблему екологічних ризиків у сільському господарстві, адже боротьба із забрудненням ґрунтів, води й повітря у воєнний час стає значно складнішою [2, с. 124].

У таблиці 1 продемонстровано основні екологічні виклики для аграрного сектору в Україні. Ці проблеми потребують термінових і комплексних заходів для збереження екологічної рівноваги в країні та підтримки сталого розвитку аграрного виробництва.

Ця проблема ускладнюється тим, що екологічні наслідки війни можуть мати тривалий і значний вплив на відновлення аграрного сектору після закінчення бойових дій. Забруднення ґрунтів важкими металами, хімічними речовинами й нафтовими продуктами створює постійну загрозу для сільськогосподарських угідь. Пошкодження водних ресурсів, зокрема забруднення річок та озер важкими металами й токсичними речовинами, ускладнює доступ до чистої води для зрошення та споживання, що є критичним для відновлення аграрних виробництв.

Таблиця 1. Перелік екологічних викликів для аграрного сектору в Україні

Екологічні виклики	Опис
Забруднення ґрунтів	Накопичення хімічних добрив, пестицидів, а також ерозія ґрунтів через інтенсивне землеробство.
Деградація земель	Утрата родючості через надмірне використання сільськогосподарських ресурсів.
Зниження водних ресурсів	Обмеження запасів прісної води через неефективне зрошення й забруднення води.
Викиди парникових газів	Викиди CO ₂ , метану й інших парникових газів від аграрного виробництва.
Зміни клімату	Суворі погодні умови, що впливають на врожайність і стабільність аграрних виробництв.

Джерело: розроблено автором на основі [2; 3; 4].

Крім того, екологічні ризики пов'язані з порушенням природних циклів, що негативно позначається на біорізноманітті, зокрема на популяціях корисних комах, таких як бджоли, які є важливими для запилення сільськогосподарських культур. Утрата таких екосистемних послуг значно знижує ефективність агровиробництва й підвищує витрати на відновлення екологічної рівноваги.

Надзвичайно важливим є також забезпечення ефективного моніторингу стану довкілля, що дасть змогу своєчасно виявляти екологічні загрози та приймати необхідні заходи для їх усунення. Усі ці аспекти повинні бути включені в стратегії стратегічного менеджменту аграрних підприємств, що дасть змогу оптимізувати використання ресурсів і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище в умовах війни й після її завершення.

Відповідно до сучасних тенденцій, стратегічний менеджмент аграрних підприємств має сприяти впровадженню екологічно чистих технологій, зменшенню використання хімічних добрив і пестицидів, а також переходу до органічного виробництва, що має значний потенціал для збереження природних ресурсів і покращення якості продукції. Однією з таких інновацій є технології точного землеробства, які дають можливість значно знизити вплив на навколишнє середовище. У таблиці 2 показано переваги технологій точного землеробства, зокрема зменшення витрат води, добрив і пестицидів, а також підвищення ефективності виробництва.

Таблиця 2. Технології для зниження екологічного впливу в аграрному секторі

Технологія	Застосування та вплив
Точне землеробство	Використання GPS, датчиків і спеціалізованих програм для оптимізації використання води, добрив і пестицидів.
Відновлювальні джерела енергії	Використання сонячних панелей, біогазових установок і вітрових турбін для зменшення енергетичних витрат.
Органічне виробництво	Використання природних методів землеробства, без застосування хімічних добрив і пестицидів.
Циркулярна економіка	Переробка відходів, компостування, повторне використання органічних матеріалів.
Біологічне землеробство	Використання біологічних методів для боротьби з шкідниками та хворобами.

Джерело: розроблено автором на основі [6; 10].

Використання технологій точного землеробства має велику важливість для мінімізації впливу аграрної діяльності на екологію. Застосування GPS-навігації, датчиків і спеціалізованих програм дає змогу зменшити витрати води, добрив і пестицидів, що, у свою чергу, знижує навантаження на довкілля. Такі технології допомагають досягти більш точного застосування ресурсів і зменшити загальний екологічний слід.

Загальне зниження рівня викидів парникових газів і шкідливих речовин також може бути досягнуто завдяки розвитку відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні панелі або біогазові установки. Використання альтернативних джерел енергії зменшує залежність агропідприємств від традиційних енергоресурсів, що дає можливість значно знизити їх екологічний слід. Важливим є й розвиток органічного землеробства, яке відмовляється від хімічних добрив і пестицидів, зберігаючи при цьому високу якість ґрунтів і продукції [3, с. 86].

Ще однією важливою стратегією є інтеграція концепції циркулярної економіки в сільське господарство. Вона спрямована на максимальне використання ресурсів, зокрема через повторне використання органічних відходів, компостування й переробку, що дає змогу зменшити навантаження на довкілля. У таблиці 3 подано досвід різних країн, які активно використовують технології циркулярної економіки, відновлювальних джерел енергії та органічного виробництва.

Міжнародний досвід свідчить, що інтеграція екологічних стратегій в аграрний бізнес є важливим фактором підвищення його конкурентоспроможності. Для України, що має значний аграрний потенціал, адаптація

Таблиця 3. Міжнародний досвід в екологічному аграрному менеджменті

Країна	Інновації в аграрному секторі	Вплив на екологічну ситуацію
Німеччина	Використання біогазових установок, відновлювальні джерела енергії, технології точного землеробства	Зниження викидів парникових газів, економія енергії, зменшення забруднення води та ґрунтів
Франція	Розвиток органічного землеробства, стимулювання переходу до сталого виробництва	Покращення якості ґрунтів, зниження використання хімії, підвищення біорізноманіття
США	Упровадження технологій автоматизації та цифрового моніторингу для управління водними ресурсами	Зменшення витрат води, покращення якості врожаїв, підвищення сталості виробництва
Нідерланди	Циркулярна економіка й переробка органічних відходів	Зменшення кількості відходів, оптимізація використання ресурсів

Джерело: розроблено автором на основі [1; 10].

таких стратегій може стати важливим кроком до забезпечення сталого розвитку агропідприємств і зниження їхнього екологічного впливу.

У таблиці 4 подано заходи для зниження екологічного сліду аграрних підприємств в Україні, серед яких – розвиток державної підтримки для впровадження екологічно чистих технологій, а також освітні ініціативи для підвищення екологічної свідомості серед аграріїв.

Таблиця 4. Заходи для зниження екологічного сліду аграрних підприємств в Україні

Захід	Опис
Розвиток державної підтримки	Забезпечення фінансування для впровадження екологічно чистих технологій.
Підтримка переходу до органічного виробництва	Спрощення процедур сертифікації органічних господарств, субсидії для органічних виробників.
Використання технологій точного землеробства	Застосування GPS, датчиків і спеціалізованих програм для оптимізації витрат води й добрив.
Освітні програми для аграріїв	Проведення навчальних курсів для аграріїв щодо екологічних стандартів і нових технологій.
Розвиток співпраці з міжнародними партнерами	Спільні проекти з міжнародними організаціями для обміну досвідом і залучення інвестицій.

Джерело: розроблено автором на основі [5].

Протягом дослідження визначено низку ключових заходів, які можуть сприяти підвищенню екологічної стійкості аграрних підприємств в Україні. Важливим аспектом є не лише впровадження нових технологій, а й активна участь держави в підтримці таких ініціатив, а також міжнародне співробітництво для розширення можливостей українських аграріїв на світовому ринку.

Висновки. Застосування екологічних інновацій на аграрних підприємствах не тільки зменшує їхній негативний вплив на навколишнє середовище, а й надає значні економічні переваги. Зокрема, упровадження таких технологій, як точне землеробство, органічне виробництво та відновлювальні джерела енергії, дає змогу значно зменшити витрати на енергію, водні й матеріальні ресурси, що безпосередньо впливає на зниження собівартості продукції. Водночас це сприяє підвищенню конкурентоспроможності аграрних підприємств на міжнародному ринку, де зростає попит на екологічно чисті продукти й технології сталого розвитку.

Особливо важливим є підвищення екологічної свідомості серед аграріїв і забезпечення їх доступом до сучасних технологій. Це потребує активної освітньої політики й державної підтримки. В Україні варто розробити спеціалізовані програми для аграріїв, що охоплюють як практичні аспекти сталого землеробства, так і теоретичні знання про екологічну відповідальність. Такі програми можуть бути реалізовані у формі навчальних курсів, семінарів, майстер-класів, що мають на меті покращити навички фермерів в управлінні природними ресурсами та зменшенні їх негативного впливу на навколишнє середовище. Необхідно також урахувати, що на екологічні стратегії аграрних підприємств суттєво впливають глобальні тренди, зокрема зміни клімату й міжнародні екологічні норми. Зміни клімату створюють додаткові виклики для аграрного виробництва, такі як збільшення кількості екстремальних погодних явищ, посух і повеней, які безпосередньо впливають на врожайність і якість продукції. З огляду на це, важливо не тільки застосовувати адаптивні технології для зменшення цих впливів, а й активно працювати над стратегіями мінімізації парникових газів та інших забруднюючих викидів в агропродовольчому секторі.

Зважаючи на виклики, які стоять перед аграрними підприємствами України, важливо розробити довгострокові стратегії, спрямовані на забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку. Упровадження технологій точного землеробства, використання відновлювальних джерел енергії, органічного виробництва й циркулярної економіки має стати основою для розвитку екологічно чистого аграрного виробництва. Крім того, державна підтримка, сприяння розвитку інновацій і залучення міжнародних інвестицій дадуть змогу ефективно впроваджувати ці стратегії і

сприяти переходу до сталого аграрного бізнесу в Україні. Загалом екологічний менеджмент аграрних підприємств є не лише засобом збереження природних ресурсів, а й важливим складником економічної стійкості й розвитку аграрного сектору в умовах глобальних екологічних викликів. Інтеграція екологічних аспектів у стратегію управління дасть Україні можливість не лише зберегти свої природні ресурси, а й підвищити конкурентоспроможність на світовому аграрному ринку, сприяти зменшенню забруднення довкілля та покращити якість продукції.

Список використаних джерел

1. Гаврик О.Ю., Свиноус І.В., Ткаченко К.В., Микитюк Д.М., Семисал А.В. Сучасний стан та проблеми впровадження цифрових технологій в практику діяльності сільськогосподарських підприємств. Інвестиції: практика та досвід. 2020. № 15–16. С. 35–39. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/15-16_2020/8.pdf (дата звернення: 25.02.2025).
2. Господарик Д., Помилуйко С. Управління розвитком аграрних підприємств: виклики післявоєнної відбудови та глобалізації. Економічний аналіз, 2024. Т. 34. № 2. С. 124–130. URL: <https://www.econa.org.ua/index.php/econa/article/download/6075/6565657406> (дата звернення: 25.02.2025).
3. Драчук Ю.З., Снітко Є.О. Особливості формування екологічного менеджменту в умовах кліматичних змін як основи стратегічного розвитку промислових підприємств. Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. 2023. № 1. С. 85–93. URL: <https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/handle/123456789/10453> (дата звернення: 26.02.2025).
4. Ковбаса О.М. Компоненти стратегічного розвитку аграрного підприємництва в Україні. Економіка та суспільство. 2024. № 42. С. 137–143. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4813/4753> (дата звернення: 26.02.2025).
5. Олійник Т.І., Дубина В.В. Економіка управління стратегічним розвитком аграрних підприємств. Бізнес Інформ. 2024. № 10. С. 23–30. URL: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2024-10_0-pages-231_239.pdf (дата звернення: 26.02.2025).
6. Петренко О.П., Шевченко А.А. Виклики екологічного підприємництва в Україні. Економіка та держава. 2024. № 5. С. 22–29. URL: <https://economics.net.ua/files/archive/2024/No5/86.pdf> (дата звернення: 23.02.2025).
7. Правдюк Н.Л. Інформаційне забезпечення стратегічного розвитку аграрних підприємств. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2021. № 2. С. 49–63.
8. Руденко М.В. Технології цифрової трансформації сільськогосподарських підприємств. Агросвіт. 2019. № 23. С. 8–18. URL: <http://www.agrosvit.info/index.php?op=1&z=3020&i=1> (дата звернення: 24.02.2025).
9. Ihnatenko M., Marmul L. Directions of implementation of innovations in agrarian enterprises of Ukraine. Vectors of competitive development of socio-economic systems. 2020. Vol. 5 (31). С. 32–35. URL: <http://efm.vsau.org/en/particles/information-support-for-strategic-development-of-agrarian-enterprises> 21.02.2025).
10. Kaletnik G., Lutkovska S. Innovative Environmental Strategy for Sustainable Development. European Journal of Sustainable Development. 2020. Vol. 9. С. 89–98.

Kushnir V. O.

Candidate of Economic Sciences,

*Doctoral Student of the Department of Economics, Entrepreneurship, Trade and Exchange Activities,
Higher educational institution "Podillia State University"*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: kusvo27@gmail.com

ORCID: 0009-0002-6162-8849

ECOLOGICAL ASPECTS OF STRATEGIC MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES: CHALLENGES AND PROSPECTS

Abstract

Modern agricultural enterprises face significant environmental challenges, including climate change, soil degradation, depletion of water resources, and increasing environmental regulations. These factors force producers to rethink their business models and implement strategic approaches aimed at reducing their environmental footprint. This article examines the impact of environmental factors on the agricultural sector and substantiates the necessity of integrating environmentally oriented strategic management. In particular, the implementation of precision farming technologies, organic production, circular economy principles, and renewable energy sources is analyzed. Special attention is paid to environmental risks affecting the economic efficiency of agribusiness and the opportunities for minimizing these risks through strategic innovations.

The article substantiates key approaches to environmental management, including the use of digital technologies, the expansion of organic production, and the introduction of resource-saving agricultural methods. The international experience of integrating environmental strategies into agribusiness is studied, and the prospects for implementing similar initiatives in Ukraine are identified. Based on an analysis of current environmental threats and trends, specific measures are proposed to enhance the environmental sustainability of Ukrainian agricultural enterprises. The need for state support and international partnerships in the development of sustainable agricultural production is outlined. The research results indicate that the integration of environmental strategies into strategic management can contribute to long-term economic stability, improve the environmental situation, and increase the competitiveness of the agricultural sector.

Key words: strategic management, agribusiness, environmental responsibility, sustainable development, precision farming, environmental security, renewable energy sources, organic production.

References

1. Havryk, O.Yu., Svynous, I.V., Tkachenko, K.V., Mykytiuk, D.M., & Semysal, A.V. (2020). Suchasnyi stan ta problemy vprovadzhennia tsyfrovyykh tekhnolohii v praktyku diialnosti silskohospodarskykh pidpryiemstv [The current state and problems of implementing digital technologies in the practice of agricultural enterprises]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investments: Practice and Experience*, (15–16), 35–39. Retrieved from: http://www.investplan.com.ua/pdf/15-16_2020/8.pdf [in Ukrainian].
2. Hospodaryk, D., & Pomylyuko, S. (2024). Upravlinnia rozvytkom ahrarnykh pidpryiemstv: vyklyky pisliavoiennoi vidbudovy ta hlobalizatsii [Management of agricultural enterprises development: challenges of post-war recovery and globalization]. *Ekonomichnyi analiz – Economic Analysis*, 34 (2), 124–130 [in Ukrainian].
3. Drachuk, Yu.Z., & Snitko, Ye.O. (2023). Osoblyvosti formuvannia ekolohichnoho menedzhmentu v umovakh klimatychykh zmin yak osnovy stratehichnoho rozvytku promyslovykh pidpryiemstv [Features of ecological management formation under climate change conditions as the basis for the strategic development of industrial enterprises]. *Visnyk Luhanskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka – Bulletin of Luhansk National University named after Taras Shevchenko*, (1), 85–93 [in Ukrainian].
4. Kovbasa, O.M. (2024). Komponenty stratehichnoho rozvytku ahrarnoho pidpryiemnytstva v Ukraini [Components of strategic development of agrarian entrepreneurship in Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, (42), 137–143 [in Ukrainian].
5. Oliinyk, T.I., & Dubyna, V.V. (2024). Ekonomika upravlinnia stratehichnym rozvytkom ahrarnykh pidpryiemstv [Economics of strategic management of agrarian enterprises]. *Biznes Inform – Business Inform*, (10), 23–30. Retrieved from: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2024-10_0-pages-231_239.pdf [in Ukrainian].
6. Petrenko, O.P., & Shevchenko, A.A. (2024). Vykyky ekolohichnoho pidpryiemnytstva v Ukraini [Challenges of ecological entrepreneurship in Ukraine]. *Ekonomika ta derzhava – Economy and State*, (5), 22–29. Retrieved from: <https://economics.net.ua/files/archive/2024/No5/86.pdf> [in Ukrainian].
7. Pravdiuk, N.L. (2021). Informatsiine zabezpechennia stratehichnoho rozvytku ahrarnykh pidpryiemstv [Information support for the strategic development of agrarian enterprises]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, Finance, Management: Current Issues of Science and Practice*, (2), 49–63 [in Ukrainian].
8. Rudenko, M.V. (2019). Tekhnolohii tsyfrovoi transformatsii silskohospodarskykh pidpryiemstv [Technologies of digital transformation of agricultural enterprises]. *Ahrosvit – Agroworld*, (23), 8–18 [in Ukrainian].
9. Ihnatenko, M., & Marmul, L. (2020). Directions of implementation of innovations in agrarian enterprises of Ukraine. *Vectors of Competitive Development of Socio-Economic Systems*, 5(31), 32–35 [in English].
10. Kaletnik, G., & Lutkovska, S. (2020). Innovative Environmental Strategy for Sustainable Development. *European Journal of Sustainable Development*, 9, 89–98 [in English].

УДК 338.432:658.8:339.9:004.738.5.(477)

Чукурна О. П.

доктор економічних наук, професор,
декан факультету бізнесу та соціальних комунікацій,
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку
Одеса, Україна
E-mail: elenachukurna@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9285-7068

Корольов О. П.

аспірант кафедри менеджменту та маркетингу,
Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку
Одеса, Україна
E-mail: Korolyov2004@ukr.net
ORCID: 0009-0001-1266-4125

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЙ У СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ АГРАРНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Анотація

У статті проаналізована роль цифрових маркетингових комунікацій у розвитку аграрного сектору України в умовах глобалізації. Розглянута важливість впровадження сучасних цифрових інструментів для підвищення ефективності агробізнесу, зокрема через автоматизацію маркетингових процесів, використання аналітики та великих даних (Big Data), а також інтеграцію новітніх технологій, таких як Інтернет речей (IoT). Автори дослідили стан цифрових комунікацій в аграрній галузі України, визначаючи основні інструменти, зокрема соціальні мережі, email-маркетинг, CRM-системи, і вивчили рівень їх застосування на агропідприємствах різних розмірів.

Зокрема, проаналізовано рівень цифровізації аграрних підприємств, виявлено основні бар'єри, які обмежують впровадження цифрових рішень, серед яких – фінансові обмеження, недостатня кваліфікація кадрів та інфраструктурні проблеми. Крім того, розглянуто державну підтримку у сфері цифровізації агробізнесу, зокрема через програми підтримки інновацій та інвестицій у цифрові технології. Автори навели приклади успішного використання цифрових маркетингових комунікацій у період військового вторгнення в Україну для просування продукції, які можуть бути використані як моделі, зокрема у малих та середніх агропідприємствах.

Особливу увагу приділено перспективам розвитку цифрового маркетингу в агробізнесі, серед яких – покращення взаємодії між виробниками та споживачами через онлайн-платформи. Крім того, у статті визначені основні напрями для подальших досліджень, що включають вивчення ефективності цифрових стратегій у різних сегментах агробізнесу, а також оцінку впливу цифрових комунікацій на сталий розвиток аграрного сектору.

Стаття має практичне значення для агропідприємців, що прагнуть впровадити сучасні цифрові технології у своїй діяльності, а також для дослідників, які займаються розвитком цифрового маркетингу в аграрній галузі.

Ключові слова: цифрові маркетингові комунікації, аграрний сектор України, автоматизація маркетингу, Big Data, e-commerce, соціальні мережі, email-маркетинг, CRM-системи, цифровізація, державна підтримка.

Вступ. Сучасний аграрний сектор України перебуває в умовах динамічних змін, зумовлених глобалізацією, цифровізацією економіки та зростаючою конкуренцією на світових ринках. Використання цифрових маркетингових комунікацій відкриває нові можливості для агропідприємств, дозволяючи ефективніше взаємодіяти з партнерами, залучати інвесторів та розширювати ринки збуту. З огляду на швидку еволюцію цифрових технологій інтеграція сучасних маркетингових стратегій в агробізнес є критично важливою для його розвитку та підвищення конкурентоспроможності [1; 6; 10].

Глобалізація значно впливає на розвиток аграрної галузі України як з позитивного, так і з негативного боку. Основними наслідками цього процесу є: посилення конкуренції на міжнародному рівні, що вимагає від агровиробників підвищення якості продукції та ефективності виробничих процесів; доступ до нових ринків завдяки міжнародним торговельним угодам та участі в глобальних ланцюгах поставок; збільшення впливу технологій на виробничі та маркетингові процеси, що стимулює впровадження інновацій; залежність від світових цін та тенденцій, що вимагає гнучкості у стратегіях розвитку агробізнесу [5; 8].

У цих умовах ефективні маркетингові стратегії, засновані на цифрових технологіях, допомагають українським агропідприємствам не лише адаптуватися до змін, але й використовувати їх як можливості для зростання [6].

Цифрові маркетингові комунікації відіграють ключову роль у розвитку сучасного агробізнесу, дозволяючи підприємствам підвищувати впізнаваність бренду через соціальні мережі, контент-маркетинг та email-розсилки, ефективніше взаємодіяти з клієнтами завдяки CRM-системам, чат-ботам та персоналізованим маркетинговим

кампаніям, аналізувати ринок та прогнозувати попит, використовуючи аналітику великих даних (Big Data) та штучний інтелект, залучати інвестиції та партнерів, демонструючи прозорість бізнесу через цифрові платформи, оптимізувати витрати на рекламу, застосовуючи таргетовану рекламу та автоматизовані маркетингові рішення [4].

Успішна інтеграція цифрових комунікацій у маркетингову стратегію агропідприємств дозволяє значно підвищити їхню конкурентоспроможність та адаптивність до викликів сучасного ринку [2; 3].

Мета дослідження – визначення ролі та значення цифрових маркетингових комунікацій у стратегіях розвитку аграрного сектору; аналіз основних інструментів цифрового маркетингу та їх впливу на ефективність аграрних підприємств; розроблення рекомендацій щодо інтеграції цифрових комунікацій у розвиток аграрної галузі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цифровий маркетинг – це комплекс маркетингових стратегій та інструментів, які використовують цифрові технології для залучення клієнтів, просування продукції та взаємодії з аудиторією. У контексті аграрного сектору цифровий маркетинг відіграє важливу роль у підвищенні ефективності продажів, розширенні ринків збуту та формуванні довгострокових відносин із партнерами та споживачами [1].

Основні інструменти цифрового маркетингу в агробізнесі [1; 6–10]:

- соціальні мережі (SMM) – Facebook, Instagram, LinkedIn, YouTube є ключовими платформами для просування агропродукції, розповсюдження інформації про компанію та взаємодії з клієнтами;
- контент-маркетинг – створення корисного та експертного контенту (статті, відео, вебінари) для залучення цільової аудиторії та підвищення довіри до бренду;
- Email-маркетинг – персоналізовані розсилки, які допомагають утримувати клієнтів, інформувати про нові продукти та пропозиції;
- SEO (пошукова оптимізація) – покращення видимості вебсайтів агропідприємств у пошукових системах Google, що сприяє залученню більшої кількості потенційних клієнтів;
- Big Data та аналітика – використання великих даних для прогнозування попиту, управління ризиками та покращення маркетингових стратегій;
- CRM-системи – автоматизація взаємодії з клієнтами, яка дає можливість підвищити рівень персоналізації та ефективність продажів;
- контекстна та таргетована реклама – використання Google Ads, Facebook Ads та інших рекламних інструментів для залучення цільової аудиторії.

Глобальні тенденції цифрового маркетингу в аграрному секторі показують, що провідні компанії активно впроваджують сучасні технології для покращення ефективності своєї діяльності. Основні тренди включають: розвиток e-commerce в агросекторі (аграрні підприємства активно використовують онлайн-платформи для продажу продукції безпосередньо споживачам (наприклад, Amazon для агропродукції у США); автоматизацію маркетингових процесів (впровадження чат-ботів, AI-аналізу поведінки клієнтів та алгоритмів персоналізації); впровадження блокчейн-технологій (використання блокчейну для забезпечення прозорості постачання аграрної продукції та підвищення довіри споживачів); розвиток відео- та стрімінг-маркетингу (агрокомпанії активно використовують відеоконтент для демонстрації процесів вирощування, збору врожаю та виробництва продукції). Крім того, на сьогоднішньому етапі розвитку цифрового маркетингу провідні агропідприємства застосовують доповнену реальність (AR) та віртуальну реальність (VR) для візуалізації фермерських господарств, демонстрації роботи техніки та навчання персоналу [1; 2; 3; 8]. Успішні приклади цифровізації агробізнесу можна побачити у таких країнах, як США, Нідерланди, Німеччина та Австралія, де агропідприємства активно використовують сучасні технології для підвищення ефективності та конкурентоспроможності [5; 6; 9].

Український аграрний сектор має значний потенціал для впровадження цифрових маркетингових комунікацій. Адаптація міжнародного досвіду дозволить агропідприємствам стати більш конкурентоспроможними на світовому ринку та ефективніше взаємодіяти з партнерами і клієнтами [8; 10].

Нині цифровізація аграрного сектору України перебуває на етапі активного розвитку, однак рівень впровадження сучасних технологій залишається різним залежно від розміру підприємства, його галузевої специфіки та фінансових можливостей. Це пояснюється тим, що великі агропідприємства значно випереджають малий та середній бізнес у використанні цифрових рішень [9; 10].

Нині можна виділити три основні напрями цифровізації аграрного сектору України (рис. 1) [1; 6; 10]. Автоматизація виробничих процесів в агросекторі України (рис. 2) натеper демонструє зниження витрат, підвищення продуктивності та поліпшення управління ресурсами. Подальший розвиток цифрових рішень та інвестиції в AgriTech сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності українського агробізнесу в умовах глобалізації [3].

Геоінформаційні системи (рис. 3) відіграють ключову роль у цифровізації агробізнесу. Вони допомагають оптимізувати використання ресурсів (води, добрива, пального), підвищити врожайність за рахунок точного моніторингу стану рослин, зменшити економічні втрати через погодні ризики та деградацію ґрунтів, підвищити екологічну безпеку за рахунок раціонального використання хімікатів. GIS-технології вже активно використовуються в аграрному секторі України, і їх впровадження буде лише зростати в майбутньому [5; 6; 10].

ІоТ в агросекторі (рис. 4) сприяють підвищенню ефективності та зниженню витрат, зменшенню використання води, добрив і пестицидів, прогнозуванню врожайності та запобіганню ризикам, дозволяють оптимізувати



Рис. 1. Напрями цифровізації аграрного сектору України

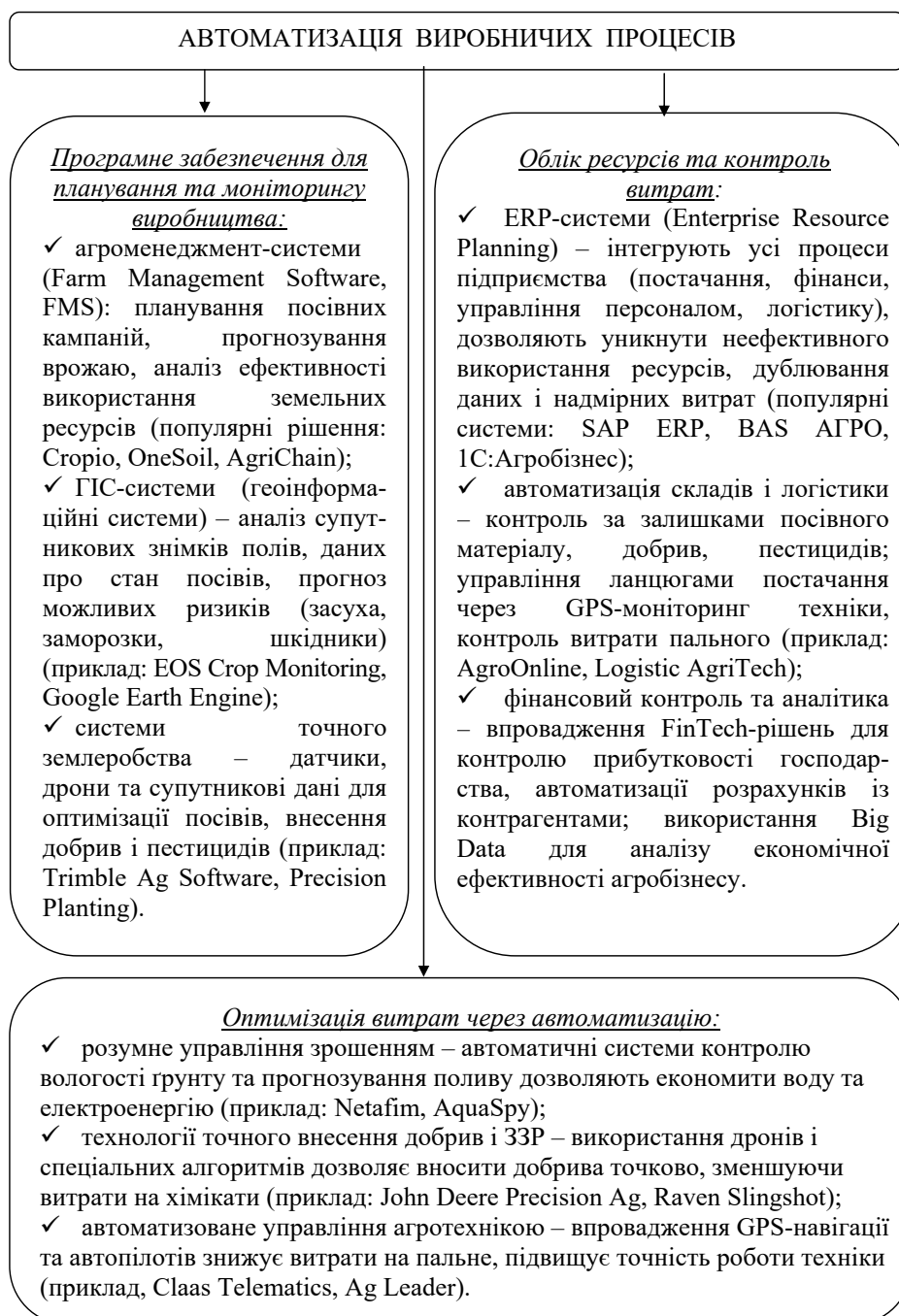


Рис. 2. Автоматизація виробничих процесів у аграрному секторі України

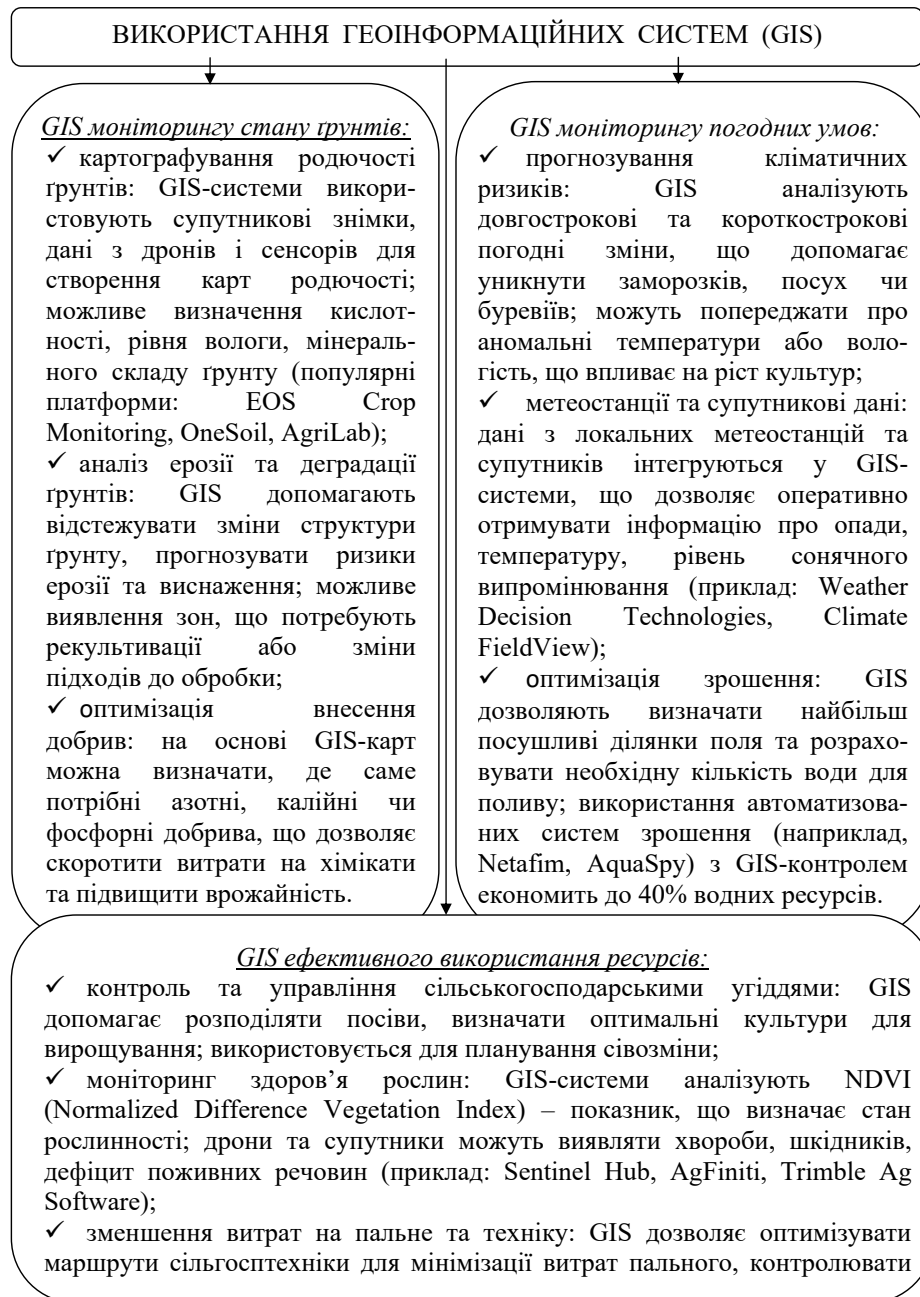


Рис. 3. Геоінформаційні системи (GIS) у аграрному секторі України

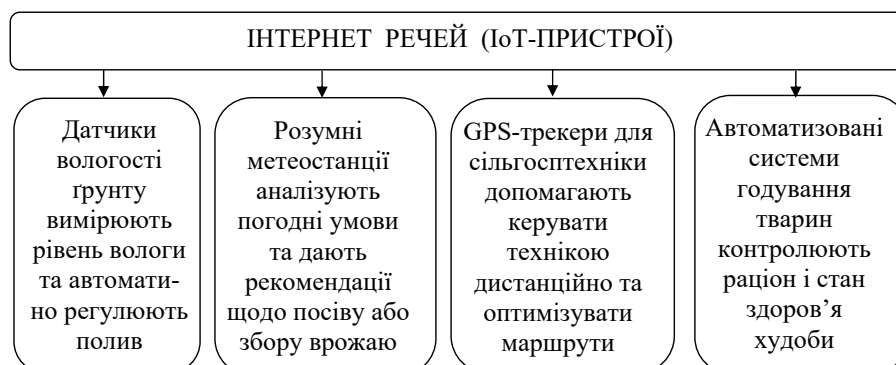


Рис. 4. Інтернет речей (IoT-пристрої) у аграрному секторі України

процеси та автоматизувати рутинні завдання. IoT уже активно змінює агробізнес, роблячи його більш розумним і прибутковим [2; 3].

З початком повномасштабного вторгнення Росії в Україну аграрний сектор стикнувся із серйозними викликами: втратою частини посівних площ через бойові дії та мінування; логістичними проблемами через блокаду портів; дефіцитом добрив, пального та робочої сили; неможливістю традиційних способів ведення бізнесу та комунікації. Розглянемо використання цифрових маркетингових комунікацій агрохолдингами України у період повномасштабного військової агресії на прикладі компанії Kernel.

Kernel – один із найбільших аграрних холдингів України, який до війни експортував до 8 млн тонн зерна щорічно.

З початком вторгнення були зруйновані або пошкоджені частина зерносховищ та інфраструктури; Росія блокувала порти Чорного моря, що ускладнило експорт; іноземні партнери не мали достовірної інформації про можливості українського агросектору.

Kernel адаптував свою стратегію цифрового маркетингу, щоб зберегти позиції на світовому ринку, використовуючи:

- діджитал-комунікації з міжнародними партнерами: запуск англomовного корпоративного блогу та email-розсилок із регулярними оновленнями щодо логістики, можливостей постачання та змін у законодавстві; LinkedIn та Twitter для таргетованих кампаній, спрямованих на європейських і азійських трейдерів; вебінари та онлайн-конференції з представниками ЄС, США та Близького Сходу щодо шляхів експорту та фінансової підтримки агросектору;

- рекламу через Google Ads та відеомаркетинг: Kernel створив серію відеоісторій про відновлення українського агробізнесу в умовах війни, які просував через YouTube, Facebook та Instagram; контент включав реальні історії фермерів, які, попри війну, продовжують вирощувати продукцію; відеоролики використовувалися як частина PR-кампанії для залучення іноземних інвесторів;

- Big Data та аналітику для прогнозування ринкових тенденцій: Kernel запустив аналітичну платформу для прогнозування цін та обсягів зернових, базуючись на супутникових знімках та даних про логістичні обмеження; отримані дані використовувалися для динамічного коригування маркетингових стратегій та пошуку нових партнерів.

Завдяки прийнятим рішенням Kernel збільшив присутність у діджитал-просторі, що дозволило зберегти експортні контракти; співпраця з міжнародними партнерами продовжилася, незважаючи на війну; компанія оптимізувала маршрути логістики та знайшла альтернативні шляхи постачання продукції (через залізницю та річкові порти).

Цей кейс демонструє, що навіть у кризових умовах цифрові маркетингові комунікації можуть підтримувати довіру інвесторів та партнерів через активну онлайн-присутність, забезпечувати стабільність бізнесу завдяки ефективному використанню аналітики та digital-інструментів, популяризувати український агросектор у світі та залучати нових клієнтів.

Але, незважаючи на позитивні тенденції, рівень цифровізації українських агропідприємств, порівняно з розвиненими країнами, залишає бажати кращого. Багато підприємств не готові до впровадження інновацій через обмежені фінансові ресурси та відсутність відповідної кваліфікації серед персоналу [6].

На окрему увагу заслуговують питання щодо використання соціальних мереж, email-маркетингу та CRM-систем у вітчизняних агропідприємствах. Порівняно з іншими секторами економіки використання цифрових маркетингових інструментів у аграрному бізнесі є ще на стадії становлення, хоча позитивні зрушення вже помітні. Зокрема, велика частина аграрних компаній уже активно використовує соціальні мережі для просування своєї продукції. Найбільш популярними платформами є Facebook, Instagram та YouTube. Через ці канали агропідприємства можуть не тільки рекламувати свою продукцію, але й комунікувати з потенційними споживачами, а також створювати спільноти та залучати нових партнерів [1; 2; 4; 5].

Email-маркетинг в Україні є поширеним, однак не всі агропідприємства використовують його ефективно. Лише деякі компанії налаштували автоматизовані розсилки для своєї аудиторії. Проте email-маркетинг є потужним інструментом для взаємодії з постійними клієнтами та партнерськими мережами, особливо у B2B сегменті [9].

Впровадження CRM-систем в Україні серед агропідприємств також розвивається, проте застосовуються ці інструменти в основному на великих підприємствах. Вони дозволяють автоматизувати взаємодію з клієнтами, зберігати історію взаємодії та ефективно управляти продажами та замовленнями. Малий та середній бізнес здебільшого ще не використовує такі системи, обмежуючись традиційними методами ведення клієнтських баз [10].

Незважаючи на визнану важливість цифровізації, український аграрний сектор стикається з низкою бар'єрів, які уповільнюють цей процес. Основні з них включають фінансові обмеження, брак кваліфікованих кадрів, інфраструктурні проблеми, скептицизм та консерватизм, регуляторні бар'єри.

Стратегії інтеграції цифрових комунікацій у розвиток агробізнесу повинні передбачати: автоматизацію маркетингових процесів; персоналізацію комунікації; полегшення обробки даних; оптимізацію рекламних кампаній; використання аналітики та Big Data у просуванні агропідприємств; прогнозування попиту на ціноутворення; індивідуалізацію маркетингових кампаній; оптимізацію ресурсів та виробничих процесів [10].

Для розвитку цифрових комунікацій в аграрному секторі важливу роль відіграє державна підтримка та інвестиції. Український уряд уже розпочав низку ініціатив, які мають на меті сприяти цифровізації агропідприємств, і включають Державні програми підтримки інновацій, інвестиційні та освітні ініціативи. Спільно з між-

народними організаціями реалізуються проекти, які допомагають агропідприємствам інтегрувати інноваційні технології, включаючи цифровий маркетинг, проводити тренінги, семінари та курси з цифрового маркетингу та технологій для аграріїв. Державна підтримка сприяє інтеграції передових цифрових рішень в агробізнес, що, своєю чергою, сприяє сталому розвитку сектору [6].

Висновки. Впровадження цифрових комунікацій в аграрний сектор України має значний потенціал для підвищення ефективності та конкурентоспроможності агропідприємств. Цифрові технології відкривають нові можливості для агробізнесу, дозволяючи агропідприємствам значно оптимізувати маркетингові процеси, знижувати витрати та збільшувати прибуток. Соціальні мережі, email-маркетинг, CRM-системи вже активно використовуються багатьма агропідприємствами для просування продукції, однак рівень їх застосування ще не є максимальним, особливо серед малих та середніх підприємств.

Перешкоди на шляху цифровізації включають фінансові обмеження, відсутність кваліфікованих кадрів, технічні бар'єри та скептицизм щодо нових технологій. Однак ці проблеми поступово вирішуються завдяки державній підтримці та зростаючому інтересу до інвестицій у цифрові технології. Аналіз та використання Big Data, автоматизація процесів, а також застосування сучасних аналітичних інструментів дозволяють агропідприємствам створювати персоналізовані маркетингові стратегії, які забезпечують стійкий розвиток.

Перспективи розвитку цифрового маркетингу в агробізнесі є обнадійливими. Очікується швидке зростання використання цифрових платформ для продажу агропродукції та взаємодії з кінцевим споживачем, що дозволить аграрним компаніям виходити на нові ринки та залучати більше покупців; інтеграція нових технологій, таких як штучний інтелект та Інтернет речей (IoT), що відкриває нові можливості для автоматизації маркетингових кампаній, прогнозування попиту та поліпшення взаємодії з клієнтами; активний розвиток e-commerce та мобільних додатків для агробізнесу, що дозволить агропідприємствам здійснювати продажі безпосередньо через Інтернет, знижуючи витрати на посередників та збільшуючи маржу.

Для забезпечення успішного впровадження цифрових комунікацій в аграрний сектор України важливими є подальші дослідження впливу цифрових маркетингових інструментів на ефективність агропідприємств, зокрема, вивчення впливу різних цифрових стратегій на прибутковість та розвиток агробізнесу; розроблення моделей та рекомендацій для малих та середніх агропідприємств щодо ефективного використання цифрових маркетингових комунікацій з урахуванням їхніх фінансових та кадрових можливостей; аналіз державної підтримки та політики у сфері цифровізації, який передбачає адаптацію кращих міжнародних практик для України; поглиблене вивчення впливу цифрових технологій на екологічні аспекти агробізнесу, зокрема на оптимізацію ресурсів та зниження негативного впливу на довкілля.

Залучення до досліджень інноваційних технологій, аналіз наявних бар'єрів та переваг цифровізації забезпечить подальший прогрес у розвитку цифрового маркетингу в агробізнесі України.

Список використаних джерел

1. Андріїв В.В., Погорілий І.А. Перспективи застосування цифрових маркетингових технологій в аграрному секторі України. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2021. № 19/1. С. 14–21.
2. Горобець Н.М., Хомякова Д.О., Стариковська Д.О. Перспективи використання цифрових технологій в діяльності аграрних підприємств. *Ефективна економіка*. 2021. № 1. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.1.90>. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8521> (дата звернення: 21.03.2025).
3. Лесюк В.С. Вплив цифровізації на економічну ефективність аграрних підприємств. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/11/89.pdf> (дата звернення: 20.03.2025).
4. Мельник С.І., Іванова І.М. Інноваційні технології в агробізнесі: теорія і практика. *Аграрна економіка*. 2020. № 22/2. С. 80–92.
5. Черниш О.В. Цифрові технології в агробізнесі: перспективи розвитку та виклики. *Агропродовольчий комплекс України*. 2021. № 1/14. С. 25–35.
6. Ярошук Р. Вплив цифрових технологій на підвищення ефективності аграрного виробництва. *Економіка та суспільство*. 2024. № 68. 10 с. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-58>.
7. Kozlov M., Hrytsenko O. Digital transformation in Ukrainian agriculture: The role of marketing communications in strategic innovation. *Journal of Digital Economy and Agriculture*. 2020. V. 8/3. P. 220–237.
8. Markov S. Innovations in digital marketing: A strategic approach for growth in Ukraine's agricultural sector. *International Journal of Agricultural Management*. 2021. V. 14/2. P. 98–115.
9. Nielsen J. Digital marketing: From data-driven to customer-centric. *Marketing Science Review*. 2020. V. 34/5. P. 48–59.
10. Petrenko V., Ivanova L. Integration of digital marketing communications into the strategic development of Ukraine's agricultural sector. *Journal of Agribusiness Strategy*. 2021. V. 15/2. P. 134–150.

Chukurna O. P.

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Dean of the Faculty of Business and Social Communications,
State University of Intelligent Technologies and Telecommunications
Odesa, Ukraine

E-mail: elenachukurna@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9285-7068

Korolov O. P.*Postgraduate Student at the Department of Management and Marketing,
State University of Intelligent Technologies and Telecommunications
Odesa, Ukraine***E-mail:** Korolyov2004@ukr.net**ORCID:** 0009-0001-1266-4125

INTEGRATION OF DIGITAL MARKETING COMMUNICATIONS IN THE STRATEGY FOR DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL INDUSTRY OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF GLOBALIZATION

Abstract

The article analyzes the role of digital marketing communications in the development of the agricultural sector of Ukraine in the conditions of globalization. The importance of implementing modern digital tools to increase the efficiency of agribusiness is considered, in particular through the automation of marketing processes, the use of analytics and big data (Big Data), as well as the integration of new technologies, such as the Internet of Things (IoT). The authors investigated the state of digital communications in the agricultural sector of Ukraine, identifying the main tools, in particular social networks, email marketing, CRM systems, and studied the level of their application in agricultural enterprises of various sizes.

In particular, the level of digitalization of agricultural enterprises was analyzed, and the main barriers limiting the implementation of digital solutions were identified, including financial constraints, insufficient staff qualifications, and infrastructure problems. In addition, state support for the digitalization of agribusiness was considered, in particular through programs to support innovation and investment in digital technologies. The authors provided examples of the successful use of digital marketing communications during the military invasion of Ukraine to promote products, which can be used as models, in particular in small and medium-sized agricultural enterprises.

Particular attention is paid to the prospects for the development of digital marketing in agribusiness, including the improvement of interaction between producers and consumers through online platforms. In addition, the article identifies the main areas for further research, including studying the effectiveness of digital strategies in various segments of agribusiness, as well as assessing the impact of digital communications on the sustainable development of the agricultural sector.

The article is of practical importance for agribusinesses seeking to implement modern digital technologies in their activities, as well as for researchers engaged in the development of digital marketing in the agricultural industry.

Key words: digital marketing communications, agricultural sector of Ukraine, marketing automation, Big Data, e-commerce, social networks, email marketing, CRM systems, digitalization, state support.

References

1. Andriyiv, V.V., & Pogorilyj, I.A. (2021). Perspektyvy zastosuvannya cyfrovych marketyngovyh tekhnologij v agrarnomu sektori Ukrainy [Prospects for the application of digital marketing technologies in the agricultural sector of Ukraine]. *Naukovyj visnyk Natsionalnogo agrarnogo universytetu*. 19(1). 14–21. [in Ukrainian].
2. Horobets, N.M., Khomiakova, D.O., & Strykova, D.O. (2021). Perspektyvy vykorystannia tsyfrovych tekhnologij v diialnosti ahrarykh pidpriemstv [Prospects for the use of digital technologies in the activities of agricultural enterprises]. *Efektivna ekonomika*. 1. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.1.90>. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8521> (Last accessed: 21.03.2025) [in Ukrainian].
3. Lesiuk, V.S. (2021). Vplyv tsyfrovizatsii na ekonomichnu efektyvnist ahrarykh pidpriemstv [The impact of digitization on the economic efficiency of agricultural enterprises]. Retrieved from: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/11/89.pdf> (Last accessed: 20.03.2025) [in Ukrainian].
4. Melnyk, S.I., & Ivanova, I.M. (2020). Innovacijni tekhnologiyi v agrobiznesi: teoriya i praktyka [Innovative technologies in agribusiness: theory and practice]. *Agrarna ekonomika*. 22(2). 80–92 [in Ukrainian].
5. Chernysh, O.V. (2021). Cyfrovij tekhnologiyi v agrobiznesi: perspektyvy rozvytku ta vyklyky [Digital technologies in agribusiness: development prospects and challenges]. *Agroprodovolchij kompleks Ukrainy*. 1(14). 25–35 [in Ukrainian].
6. Yaroshuk, R. (2024). Vplyv cyfrovych tekhnologij na pidvyshhennya efektyvnosti agrarnogo vyrobnycztva [The impact of digital technologies on increasing the efficiency of agricultural production]. *Ekonomika ta suspilstvo*. 68. 10 p. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-58>.
7. Kozlov, M., & Hrytsenko, O. (2020). Digital transformation in Ukrainian agriculture: The role of marketing communications in strategic innovation. *Journal of Digital Economy and Agriculture*. 8(3). 220–237 [in English].
8. Markov, S. (2021). Innovations in digital marketing: A strategic approach for growth in Ukraine's agricultural sector. *International Journal of Agricultural Management*. 14(2). 98–115 [in English].
9. Nielsen, J. (2020). Digital marketing: From data-driven to customer-centric. *Marketing Science Review*. 34(5). 48–59 [in English].
10. Petrenko, V., & Ivanova, L. (2021). Integration of digital marketing communications into the strategic development of Ukraine's agricultural sector. *Journal of Agribusiness Strategy*. 15(2). 134–150 [in English].

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 537.868

Olenyuk O. A.

*Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Technical Service
and General Technical Subjects,*

Higher educational institution "Podillia State University"

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: alexander olenyuk@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1463-076X

Semenyshena R. V.

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,

Senior Lecturer at the Department of Technical Service and General Technical Subjects,

Higher educational institution "Podillia State University"

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: alexrusl@ukr.net

ORCID: 0000-0002-2969-3635

EVALUATION OF EXISTING MILLIMETER-WAVE RADIATION SYSTEMS FOR PRE-SOWING SEED TREATMENT

Abstract

This paper explores the evaluation and potential development of millimeter-wave (MMW) radiation systems intended for pre-sowing seed treatment in agricultural technologies. The study emphasizes the importance of using low-energy electromagnetic fields to enhance crop yields through informational influence on biological systems. A detailed analysis of existing radiation sources highlights the limitations of traditional vacuum electronic devices, such as backward wave oscillators, traveling wave tubes, and klystrons, which suffer from excessive size, high power consumption, low frequency stability, and complex cooling systems. As an alternative, the authors propose the use of semiconductor devices, particularly avalanche-transit time (IMPATT) diodes, which demonstrate advantages in terms of frequency stability, output power, size, efficiency, and manufacturability. The research focuses on the selection and optimization of resonator systems and antenna designs capable of generating effective electromagnetic radiation for continuous-flow seed processing systems. Among various antenna types, waveguide-slot and surface wave antennas were analyzed and found to be suboptimal due to their narrow operational bandwidth and structural limitations. In contrast, horn antennas, especially H-sectoral horns, are identified as the most suitable emitters for seed treatment applications, owing to their broader bandwidth, better matching characteristics, and ability to form a directed radiation pattern with linear polarization. The paper concludes that further theoretical and experimental investigations are needed to develop high-frequency-stable MMW generators with output power levels of 2–3 W and to model the biotrophic effects of electromagnetic fields based on the electrophysical properties of seeds. These findings contribute to the design of innovative, energy-efficient, and ecologically safe technologies aimed at increasing agricultural productivity through the application of modern physical principles in seed treatment processes.

Key words: electromagnetic technology, radiation, antennas, generators, oscillations.

Introduction. A current and highly relevant challenge in modern agricultural science and engineering is the development of innovative technologies that are not only economically viable and energy-efficient but also environmentally sustainable. These technologies are expected to significantly contribute to increasing crop yields without causing harm to ecosystems or introducing excessive energy consumption into production processes. One promising approach to solving this problem lies in the implementation of low-energy, or so-called informational, millimeter-wave (MMW) electromagnetic fields (EMF).

Unlike traditional high-energy treatments, informational EMFs exert their influence not through the transfer of substantial energy but by interacting with the informational regulatory systems of living organisms. In agricultural applications, this interaction is realized through exposure to electromagnetic radiation at specific frequencies and modulation-time parameters, which are capable of initiating or enhancing certain physiological processes in biological objects, including seeds. The effectiveness of such exposure is not determined by the intensity or energy level of the radiation itself, but rather by the precise alignment of the electromagnetic signal's parameters with the natural frequencies and rhythms of the biological system.

This method is particularly advantageous for pre-sowing seed treatment, where minimal energy consumption can still lead to measurable improvements in germination rates, resistance to stress factors, and overall productivity of the resulting crops. However, achieving the desired biological outcomes requires an exact match between the EMF's biotrophic parameters – such as frequency, power flux density, exposure duration, and modulation characteristics – and the sensitivity thresholds of the treated seeds.

Therefore, the realization of such a technology necessitates the use of highly frequency-stable electromagnetic generators, capable of maintaining strict spectral purity and minimal fluctuation. These performance characteristics are essential to ensure reproducibility, reliability, and biological efficacy in field conditions, where even slight deviations in the signal may render the treatment ineffective or inconsistent.

Analysis of recent research and publications. An analysis of commercially produced MMW generators based on parameters such as frequency instability, output frequency setting error, and tuning range has shown that they are unsuitable for biomagnetology applications [1–2].

Generators manufactured in Russia and Lithuania can operate in the frequency range of 20–80 GHz but demonstrate high relative output frequency instability (10^{-3} to 10^{-4}), low signal monochromaticity, and low output power (4–5 mW).

Foreign-made generators have lower frequency instability (10^{-5}), but also low output power (up to 5 mW).

Currently, to generate and amplify electromagnetic oscillations in the MMW wavelength range, vacuum electronic devices such as BWO (Backward Wave Oscillators), TWT (Traveling Wave Tubes), klynotrons, klystrons, and magnetrons are used [3–9].

The analysis shows that vacuum electronic devices have significant drawbacks: large volume and weight, high-voltage power supplies, liquid and air-cooling systems, and frequency instability within 10^{-3} .

An analysis of modern semiconductor technologies indicates that in the MMW range, semiconductor generators based on IMPATT (Impact Avalanche Transit-Time) diodes are widely used. These generators surpass vacuum devices in most electrical (low voltages and currents) and operational parameters (dimensions, weight, reliability) [8; 9].

The power generated by IMPATT diodes ranges from 500 to 2000 mW in the frequency range from 30 to 300 GHz [10].

The performance characteristics of IMPATT-based generators (output power, frequency, efficiency, tuning range, frequency stability, spectral quality), as well as their operation mode, depend not only on the diode parameters but also on the type of resonant system used [9].

In the MMW range, waveguide resonators are the most widely used, as their quality factor is higher compared to coaxial and stripline resonators. In practice, waveguide-pin and radial-waveguide resonators are commonly used. The output power of generators with radial-waveguide structures can range from 250 to 630 mW in the frequency range from 50 GHz to 80 GHz with an efficiency of 10% and frequency tuning of 10–15% [9].

To achieve power levels of 2000–3000 mW in the frequency range of 50–300 GHz in an IMPATT generator, it is necessary to use the method of power combining into a single load, which should be implemented using electrodynamic quasi-optical systems.

Objective. One of the key components of a system for pre-sowing seed treatment is an electromagnetic energy emitter, which must form the required radiation pattern and ensure a sufficient level of power flux density on the grain as it moves along the conveyor belt.

Research methodology. Currently, various types of antennas are widely used in the MMW wavelength range, including waveguide-slot antennas, surface wave antennas, horn antennas, and others [10].

Waveguide-slot antennas. Waveguide-slot antennas, which are formed by cutting a series of precisely positioned slots into the body of a waveguide system, represent a class of linear, multi-element antenna structures widely used in high-frequency electromagnetic applications. These antennas are capable of forming a directive radiation pattern (RP), particularly narrowing it in the plane that coincides with the axis of the waveguide, thus making them suitable for applications where controlled beam directionality is essential.

Depending on the spatial configuration and electrical characteristics of the slots, waveguide-slot antennas can be classified into three main types: resonant, non-resonant, and matched-slot antennas. In resonant designs, the distance between adjacent slots (denoted as d) corresponds to the guided wavelength within the waveguide (λ_g), resulting in constructive interference and efficient radiation at specific frequencies. In non-resonant antennas, the slot spacing is deliberately chosen to be less than half the guided wavelength ($d < \lambda_g/2$) or less than half the free-space wavelength ($d < \lambda/2$), allowing for broader operational bandwidth and altered radiation characteristics. Matched-slot antennas, by contrast, employ specialized matching elements – such as reactive vibrators or diaphragms – at each slot to achieve individual impedance matching with the waveguide, thereby improving transmission efficiency and minimizing reflection losses.

From a geometric standpoint, the typical slot length in these systems is approximately half the free-space wavelength ($\lambda/2$), while the slot width is relatively narrow, usually falling within the range of 0.05λ to 0.1λ . However, when operating in the millimeter-wave region—particularly at wavelengths below 7 mm—several practical difficulties arise. One of the key limitations is the miniaturized physical scale required for waveguide components at such short wavelengths. For instance, the cross-sectional dimensions of a standard single-mode rectangular waveguide at these frequencies are in the order of 3.6 mm by 1.8 mm, necessitating extremely precise fabrication and alignment techniques.

Moreover, one of the inherent drawbacks of waveguide-slot antennas lies in their relatively narrow operational bandwidth. Since the radiation pattern of such antennas is highly sensitive to frequency variations, any deviation—especially those resulting from the use of microwave sources lacking adequate frequency stabilization—can lead to significant detuning. This detuning manifests as a shift in the main lobe of the radiation pattern away from the intended direction, changes in beamwidth, and a mismatch with the feeding waveguide. Such effects degrade the performance of the antenna and reduce its efficiency and reliability in practical applications, particularly in systems requiring consistent and focused energy delivery, such as electromagnetic seed treatment technologies.

Thus, considering the aforementioned structural and functional limitations, the use of waveguide-slot antennas for irradiating vegetable seeds in pre-sowing treatment systems is deemed impractical. Their narrow bandwidth, high sensitivity to frequency instability, and complex design requirements make them unsuitable for applications that demand high reliability, precision, and ease of integration into compact electromagnetic treatment setups.

Let us now turn our attention to surface wave antennas, which represent another class of radiating systems. These antennas are characterized by the propagation of electromagnetic waves with a phase velocity (V_f) that is lower than the speed of light in a vacuum (C), i.e., $V_f < C$. This reduced phase velocity is achieved through the use of specialized slowing structures, which modify the wave propagation characteristics to enable more compact antenna designs and, in some cases, improved directivity.

One of the defining features of surface waves with $V_f < C$ is the exponential attenuation of the electromagnetic field as the distance from the slowing structure increases. In other words, the energy becomes increasingly concentrated near the surface, and the field strength rapidly diminishes with lateral displacement. This phenomenon permits the construction of antennas with small transverse dimensions, which is advantageous in systems with limited spatial capacity.

Flat slowing structures typically fall into two main categories: comb-like metallic structures and thin dielectric layers mounted on conductive substrates. When using comb-type structures as slowing systems, strict design conditions must be satisfied to ensure optimal performance. Specifically, the structural period D must be less than or equal to 0.1λ , and the groove depth h must not exceed $\lambda/4$, where λ denotes the free-space wavelength. These constraints imply extremely fine geometrical tolerances when designing antennas for the 4-millimeter wavelength range, which not only complicates the manufacturing process but also significantly increases the production cost.

In addition to fabrication challenges, the successful implementation of surface wave antennas requires precise excitation of the slowing structure, avoiding the generation of higher-order propagation modes and minimizing signal reflection. Even minor imperfections in excitation or structural uniformity can degrade the antenna's performance. Furthermore, surface wave antennas generally exhibit relatively low gain compared to other antenna types and suffer from elevated sidelobe levels, which can lead to unwanted radiation leakage and reduced efficiency. Taking into account these disadvantages, the use of surface wave antennas in systems for seed irradiation is not considered rational or technically justified.

The third category of antennas considered in this context is the horn antenna. Unlike the previously discussed types, horn antennas are broadband devices capable of supporting a relatively wide frequency range—often up to 1.5 times their central operating frequency. This broadband characteristic is particularly valuable in systems requiring stable performance across varying frequencies or in cases where precise frequency stabilization of the source is difficult to maintain. Additionally, horn antennas are structurally simple and cost-effective to manufacture, making them attractive for both laboratory and industrial applications.

In essence, a horn antenna operates as a wave transformer. It gradually transitions the electromagnetic wave propagating through a feeding waveguide into a broader, more planar wavefront as it emerges from the aperture. This transformation increases the effective radiating area and reduces beam divergence. Simultaneously, the progressive change in wave impedance along the horn's length ensures efficient impedance matching between the waveguide and free space, thereby minimizing reflection losses and maximizing forward-directed energy transmission.

Horn antennas are commonly categorized into conical, pyramidal, and sectoral types. Conical horns utilize circular waveguides and are based on the dominant TE_{11} mode. However, they are prone to certain disadvantages, such as unstable polarization planes due to sensitivity to minor deformations in the waveguide walls and non-uniform field polarization across the aperture. These issues limit their applicability in systems requiring consistent linear polarization and uniform energy distribution.

Moreover, the radiation pattern of conical horns tends to be axially symmetric, which does not align well with the directional requirements of seed treatment systems. In such systems, the electromagnetic field must be linearly polarized, and the radiation pattern should be significantly narrower in the direction of seed motion along the conveyor belt, while remaining broader in the perpendicular direction to cover the seed row uniformly.

Given these considerations, our attention shifts to pyramidal and sectoral horn antennas. Both types are constructed using rectangular waveguide structures and can be designed to produce linearly polarized fields with tailored radiation patterns. These antennas provide the directional control, polarization stability, and bandwidth required for effective and consistent electromagnetic treatment of vegetable seeds in pre-sowing applications.

Results. Since antennas of the first type are typically used to obtain a narrow radiation pattern (RP) in two mutually perpendicular planes by increasing the transverse dimensions of the horn aperture, the most suitable option for seed irradiation appears to be sectoral horn radiators. In general, a horn is called *sectoral* if only one dimension of the rectangular waveguide's cross-section increases, while the other remains unchanged. Accordingly, two types are distinguished:

- the H-sectoral horn, which expands in the plane of the H-vector of the dominant TE_{10} wave;
- the E-sectoral horn, which expands in the plane of the E-vector.

Since the reflection coefficient of the TE_{10} wave at the junction between the waveguide and the H-sectoral horn is lower than that for the E-sectoral horn, the radiator with expansion in the H-plane should be considered for continuous-flow pre-sowing seed treatment [10].

Conclusions and Prospects. To determine the biotrophic parameters of millimeter-wave electromagnetic fields (frequency, power flux density, exposure) that contribute to increasing root crop yields, theoretical studies are required. These should focus on a biocybernetic model of the seed, taking into account its electrophysical parameters and the informational-resonant effect of EMF on the membrane potential of seed cells.

Furthermore, to develop an electromagnetic technology for pre-sowing seed treatment in continuous flow, it is necessary to research and design an H-sectoral horn antenna and a high-frequency-stable (10^{-7} to 10^{-9}) millimeter-wave generator with an output power of 2–3 W.

References

1. Bereka, O.M. (2011). Obrobka nasinnja sil's'kogospodars'kyh kul'tur v syl'nomu elektrychnomu poli. [Treatment of Agricultural Crop Seeds in a Strong Electric Field]. Kyi'v: CP "KOMPRYNT". 335 s. [in Ukrainian].
2. Il'i'nov, M.D., Gurs'kyj, T.G., Borysov, I.V., & Grycenok, K.M. (2018). Linii' radiozv'jazku ta antenni prystroi': navchal'nyj posibnyk. [Radio Communication Lines and Antenna Devices: A Textbook]. Kyi'v: VITI. 250 s. [in Ukrainian].
3. Olenjuk, O.A., & Tkach, O.V. (2020). Doslidzhennja vplyvu elektromagnitnogo polja KVCh diapazonu na przedposivnu obrobku nasinnja. [Study of the Influence of Millimeter-Wave Electromagnetic Field on Pre-sowing Seed Treatment]. *Podil's'kyj visnyk: sil's'ke gospodarstvo, tehnika, ekonomika*, 32, 125–130 [in Ukrainian].
4. Potapov, V.O., & Zhyla, V.I. (2024). Teoretychni ta praktychni aspekty zastosuvannja mikrohvyl'ovogo j infrachervonogo vyprominjuvannja v harchovyh tehnologijah: monografija. [Theoretical and Practical Aspects of the Application of Microwave and Infrared Radiation in Food Technologies: A Monograph]. Harkiv: DBTU. 136 s. [in Ukrainian].
5. Romanenko, O.I., & Chervins'kyj, L.S. (2015). Elektrofizychni metody przedposivnoi' obrobky nasinnja. [Electrophysical Methods of Pre-sowing Seed Treatment]. *Naukovyj visnyk NUBiP Ukrai'ny*. Kyi'v: VC NUBiP Ukrai'ny. 283 p. [in Ukrainian].
6. Savchenko, V., Synjavs'kyj, O., & Ivashuk, V. (2018). Zmina energii' aktyvacii' pislja magnitnogo polja pry przedposivnij obrobci nasinnja. [Change in Activation Energy after Magnetic Field Exposure during Pre-sowing Seed Treatment]. *Energetyka ta avtomatyka*, 3, 106–112 [in Ukrainian].
7. Sova, O.Ja., & Panchenko, I.V. (2018). Linii' radiozv'jazku ta antenni prystroi': navchal'nyj posibnyk. [Radio Communication Lines and Antenna Devices: A Textbook]. Kyi'v: VITI. 250 s. [in Ukrainian].
8. Chervins'kyj, L.S., & Pashkovs'ka, N.I. (2019). Przedposivna stymuljacija ozymoi' pshenyci optychnym vyprominjuvannjam. [Pre-sowing Stimulation of Winter Wheat with Optical Radiation]. *Naukovyj visnyk TDATU*. Vyp. 9, T. 1. 13–19 [in Ukrainian].
9. Shysh, S.M., Shutova G.G., Mazec' Zh.E., Fatyhova S.A., & Shabunja P.S. (2019). Vplyv przedposivnoi' obrobky na sklad olii' chornushky posivnoi'. [Influence of Pre-sowing Treatment on the Oil Composition of Black Cumin (*Nigella sativa*)]. *Fiziologija roslin i genetyka*. 2019. T. 51, № 2. S. 161–171 [in Ukrainian].
10. Ling, B., & Wang, S. (2024). Microwave Disinfestations of Postharvest Agricultural Products. Food Engineering Series. Cham. S. 515–528 [in English].

Оленюк О. А.

кандидат технічних наук, асистенти кафедри ремонту машин та енергообладнання,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: alexander olenyuk@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1463-076X

Семенишена Р. В.

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Кам'янець-Подільський, Україна

E-mail: alexrusl@ukr.net

ORCID: 0000-0002-2969-3635

ОЦІНЮВАННЯ НАЯВНИХ СИСТЕМ МІЛІМЕТРОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

Анотація

У статті розглядається оцінювання та перспективи розвитку систем міліметрового (ММХ) випромінювання, призначених для передпосівної обробки насіння в аграрних технологіях. У дослідженні акцентується увага на важливості використання низькоенергетичних електромагнітних полів для підвищення врожайності за рахунок інформаційного впливу на біологічні системи. Детальний аналіз наявних джерел випромінювання виявив обмеження традиційних вакуумних електронних пристроїв, таких як генератори зворотної хвилі, лампи біжучої хвилі та клістри, які мають надмірні розміри, високе енергоспоживання, низьку стабільність частоти й складні системи охолодження. Як альтернативу автори пропонують використання напівпровідникових пристроїв, зокрема діодів лавинного-пролітного типу (ІМРАТТ), які мають переваги за такими параметрами, як стабільність частоти, вихідна потужність, розміри, ефективність і технологічність виробництва. У дослідженні зосереджено увагу на виборі й оптимізації резонаторних систем і конструкцій антен, здатних генерувати ефективне електромагнітне випромінювання для систем обробки насіння в безперервному потоці. Серед різних типів антен проаналізовані щільніні хвильоводи та поверхневохвильові антени, які виявилися недостатньо ефективними через вузьку робочу смугу частот і конструктивні обмеження. Натомість рупорні антени, особливо Н-секторальні, визначено як найпридатніші випромінювачі для обробки насіння завдяки їх широкій смузі частот, кращим погоджувальним характеристикам і здатності формувати спрямовану діаграму випромінювання з лінійною поляризацією. Зроблено висновок про необхідність подальших теоретичних та експериментальних досліджень для створення високостабільних ММХ-генераторів із вихідною потужністю 2–3 Вт і моделювання біотропної дії електромагнітних полів на основі електрофізичних властивостей насіння. Отримані результати сприяють розробленню інноваційних, енергоефективних та екологічно безпечних технологій, спрямованих на підвищення продуктивності сільського господарства шляхом застосування сучасних фізичних принципів у процесах обробки насіння.

Ключові слова: електромагнітна технологія, випромінювання, антени, генератори, коливання.

Bibliography

1. Берека О.М. Обробка насіння сільськогосподарських культур в сильному електричному полі. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2011. 335 с.
2. Лінії радіозв'язку та антенні пристрої : навчальний посібник / М.Д. Ільїнов та інші. Київ : ВІТІ, 2018. 250 с.
3. Оленюк О.А., Ткач О.В. Дослідження впливу електромагнітного поля КВЧ діапазону на передпосівну обробку насіння. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 32. С. 125–130.
4. Потапов В.О., Жила В.І. Теоретичні та практичні аспекти застосування мікрохвильового й інфрачервоного випромінювання в харчових технологіях : монографія. Харків : ДБТУ, 2024. 136 с.
5. Романенко О.І., Червінський Л.С. Електрофізичні методи передпосівної обробки насіння. *Науковий вісник НУБіП України*. Київ : ВЦ НУБіП України, 2013. Вип. 184. Ч. 1. 283 с.
6. Савченко В., Синявський О., Івашук В. Зміна енергії активації після магнітного поля при передпосівній обробці насіння. *Енергетика та автоматика*. 2018. № 3. С. 106–112.
7. Сова О.Я., Панченко І.В. Лінії радіозв'язку та антенні пристрої : навчальний посібник. Київ : ВІТІ, 2018. 250 с.
8. Червінський Л.С., Пашковська Н.І. Передпосівна стимуляція озимої пшениці оптичним випромінюванням. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2019. Вип. 9. Т. 1. С. 13–19.
9. Шиш С.М., Шутова Г.Г., Мазець Ж.Е., Фатихова С.А., Шабуна П.С. Вплив передпосівної обробки на склад олії чорнушки посівної. *Фізіологія рослин і генетика*. 2019. Т. 51, № 2. С. 161–171.
10. Ling B., Wang S. Microwave Disinfestations of Postharvest Agricultural Products. Food Engineering Series. Cham, 2024. p. 515–528.

УДК 620.1:621.9:616-77

Грабар І. Г.

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: ivan-grabar@ukr.net
ORCID: 0000-0002-7193-6960

Кульман С. М.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: mail@polissiauniver.edu.ua
ORCID: 0009-0003-9717-6415

Ксюковський О. В.

аспірант кафедри агроінженерії та технічного сервісу,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: x25x10x@gmail.com
ORCID: 0009-0005-9183-0636

Дубовик Д. А.

аспірант кафедри агроінженерії та технічного сервісу,
Поліський національний університет
Житомир, Україна
E-mail: dubovik26@ukr.net
ORCID: 0009-0003-5233-9938

КОНСТРУЮВАННЯ, 3D-ДРУК ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРКОЛЯЦІЙНО-ФРАКТАЛЬНИХ КОМПОЗИТНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Анотація

У статті представлено результати досліджень фрактально-сотових композитних конструкційних елементів, виготовлених методом адитивного 3D-друку. Основна увага приділена вивченню впливу внутрішньої фрактальної структури та рівня заповнення на механічні характеристики зразків. Дослідження спрямовані на визначення залежності між параметрами внутрішнього заповнення ($Q = 10\%, 30\%, 50\%, 100\%$) та такими показниками, як маса, густина, міцність і несуча здатність матеріалу.

Розроблено методику моделювання, проектування та розрахунку фрактальних структур з урахуванням вимог до експлуатаційної надійності, що дозволяє адаптувати конструкції до різних умов механічного навантаження. Створені цифрові моделі були використані для 3D-друку фізичних зразків із використанням композитного філаменту на основі полімерної матриці. Проведено серію експериментальних випробувань на стиск, які показали закономірне зростання механічної ефективності зразків із підвищенням щільності внутрішнього заповнення.

Максимальні показники міцності досягаються при повному заповненні, тоді як при знижених рівнях ($Q = 10\%$ і 30%) спостерігається суттєве зниження несучої здатності та зменшення опору до деформацій. Отримані результати підтверджують, що відносна несуча здатність зразків зростає зі збільшенням об'ємної густини, що є критично важливим для прогнозованого використання конструкцій у відповідальних технічних системах.

Аналіз даних дозволив також виявити оптимальні співвідношення між показниками легкості, міцності та стабільності, що відкриває перспективи для подальшого вдосконалення конструктивних рішень. Зокрема, доцільним є застосування фрактально-сотових композитних матеріалів у медицині (ортопедичні імпланти, протези), у високотехнологічному машинобудуванні, в аерокосмічній та безпілотній авіації, де критично важливими є параметри масо-габаритної ефективності, а також у створенні енергоефективних, біосумісних та функціонально адаптивних інженерних систем нового покоління.

Ключові слова: 3D-друк (FDM), фрактально-сотові композити, щільність заповнення, механічні властивості.

Вступ. Сфери застосування фрактальних та перколяційно-фрактальних матеріалів протягом останніх 20–30 років стрімко розширюються. Це – розробка мультифрактальних матеріалів з нескінченно великою вільною поверхнею для задач хімічного та біохімічного синтезу; мультифрактальні фільтри; надлегкі мультифрактальні будівельні та тепло-, шумоізоляційні матеріали; мультифрактальні захисні екрани; мультифрактальні антени для прийому-передачі широкополосних сигналів тощо.

Серед пріоритетів застосування технологій 3D-друку композитних деталей слід вважати адаптивну ортопедію.

Сучасне протезування вимагає використання інноваційних технологій та композитних матеріалів, які забезпечують індивідуалізацію виробів, впливають на їх вагу і якість. Використання таких матеріалів та 3D-друку дозволяє застосувати гнучку та економічно вигідну методологію виробництва, що сприяє зменшенню часу виготовлення, зниженню витрат та підвищенню доступності.

Протези з цих матеріалів відповідають вимогам міцності, біосумісності, хімічної стійкості та зносостійкості.

Фрактальні композитні структури демонструють високі показники питомої несучої здатності та оптимальне співвідношення маси до жорсткості, що підтверджує їх перспективність для ортопедичних застосувань [2–5]. Фізико-механічні властивості таких матеріалів значною мірою визначаються їхньою мультифрактальною структурою, що забезпечує унікальні можливості для регулювання жорсткості та міцності [4]. Дослідження показали, що зміна рівня заповнення впливає на механічні властивості, дозволяючи адаптувати конструкцію до заданих умов експлуатації [10; 15; 16]. Такий підхід забезпечує рівномірний розподіл навантаження та підвищену ефективність при зменшенні матеріаломісткості [14; 18]. Враховуючи ці переваги, фрактальні композитні елементи мають значний потенціал для інновацій у біомедичних технологіях [12; 17].

Вважаємо за необхідне акцентувати увагу на великій кількості переваг даних матеріалів для задач ортопедії. Серед важливих чинників – можливість управління питомою вагою, жорсткістю, несучою здатністю при відносно невисоких показниках вартості. Реалізація технологій 3D-друку (FDM – Моделювання методом наплавлення) дозволяє впровадити дані ідеї в максимальній відповідності до конструкторського задуму.

Метою даної роботи є оцінка впливу рівня заповнення на комплекс механо-фізичних властивостей перколяційно-фрактальних композитних елементів, виготовлених методом 3D-друку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зразки виготовлялися методом 3D-друку. Дана технологія є найдоступнішою на даний час для виготовлення твердотільних фрактальних структур.

Виготовлялися циліндричні зразки розміри зразків 30x30 мм (DxH).

Зразок у поперечному перерізі мав форму тонкостінної труби з внутрішньою сотовою структурою заповнення. Торцеві частини виконані суцільними, що забезпечує підвищену жорсткість та стабільність конструкції (рис. 1).

Було використано технологію 3D-друку за допомогою програми PrusaSlicer, яка дозволяє точно налаштувати параметри друку для отримання потрібної якості та геометрії. Однією з ключових характеристик є щільність заповнення зразків. В ході досліджень використовувалися чотири варіанти заповнення: 10%, 30%, 50% та 100% (див. рис. 1). Таке варіювання дозволило оцінити вплив різного рівня внутрішньої пористості на механічні властивості композитних елементів. Товщина шару друку становила 0,22 мм, що забезпечило високий рівень деталізації поверхні.

Для експериментальних досліджень було виготовлено серію циліндричних зразків, які представляли собою тонкостінні труби з внутрішнім сотовим заповненням. Керована сотова структура дозволяє досягти максимальної жорсткості при мінімальній масі, що є критично важливим для ортопедичних виробів. Торцеві частини зразків виконані суцільними, що сприяє підвищенню стабільності та стійкості до механічних навантажень.



Рис. 1. Зразки композитних сотових конструкцій, $\varnothing 30 \times H 40$

Програма друку була налаштована на створення двох проходів по контуру для кожного зразка, що сприяло підвищенню жорсткості та стабільності конструкції. Додатково, для покращення адгезії до платформи та підвищення міцності виробів, верхні та нижні шари зразків виконувалися суцільними (по два шари). В процесі друку використовувалася швидкість руху головки сопла 60 мм/с для периметрів та для внутрішнього заповнення, що сприяло формуванню рівномірної поверхні та збереженню геометричної точності зразків. Використання сопла діаметром 0,4 мм забезпечило високу деталізацію та точне відтворення дрібних елементів сотової структури, що дозволяло досягти балансу між якістю і швидкістю виготовлення зразків. Друк виконувався при температурі $235\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ для філаменту PETG, що забезпечувало стабільні умови формування матеріалу. Для забезпечення якісної адгезії першого шару температура платформи підтримувалася на рівні $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Контроль температурного режиму здійснювався програмно через налаштування параметрів друку в програмному забезпеченні 3D-принтера, що забезпечувало стабільність процесу формування першого шару та покращувало зчеплення матеріалу з поверхнею платформи.

Після виготовлення зразки випробовувались на стиск. Зразки після випробувань наведені на рисунку 2, наведено характерні види деформацій зразків.



Рис. 2. Зразки після випробувань на стиск

На рис. 3–6 наведено графіки залежності сили стискування від деформації зразків, отримані під час випробувань при $Q = 100\%$, 50% , 30% і 10% , що дозволяє оцінити поведінку матеріалу під навантаженням залежно від рівня заповнення.

У таблиці 1 наведено результати експериментальних вимірів маси, густини, максимальної напруги, границі текучості, модуля пружності та їх залежності від рівня заповнення Q .

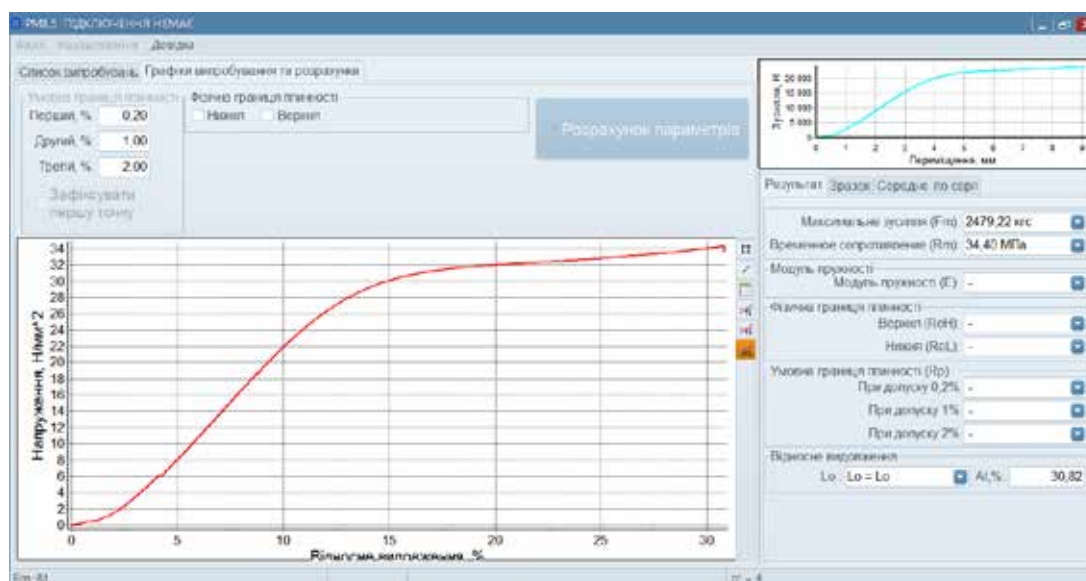


Рис. 3. Крива деформування зразка №1 ($Q=100\%$)



Рис. 4. Крива деформування зразка №2 (Q=50%)

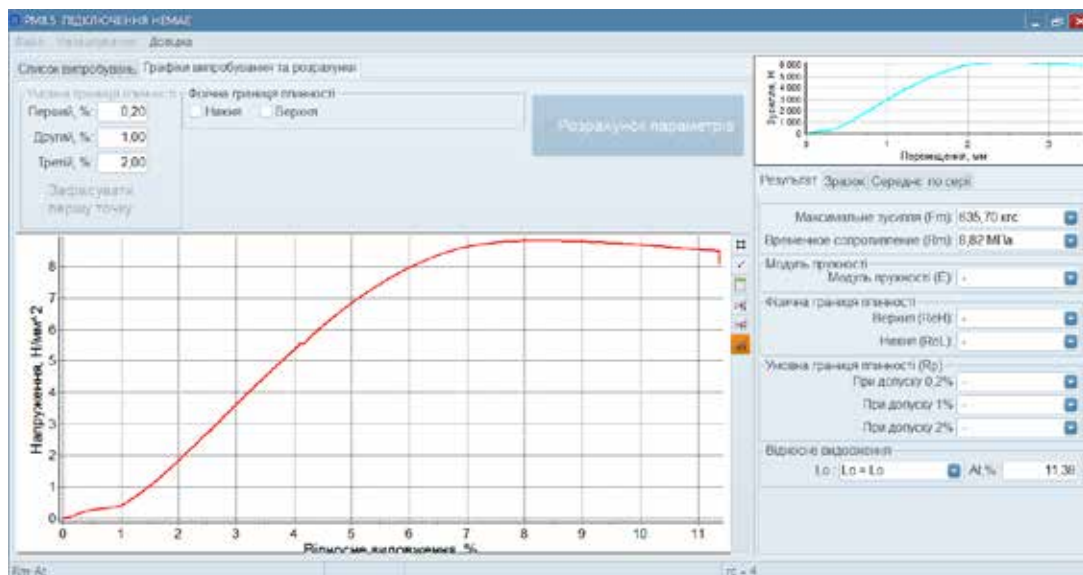


Рис. 5. Крива деформування зразка №3 (Q=30%)

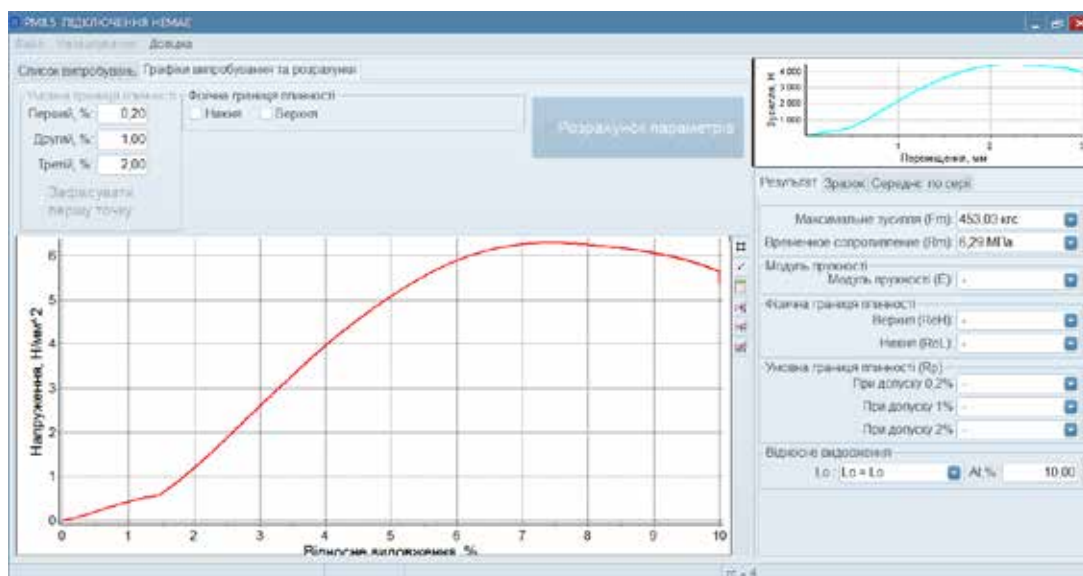


Рис. 6. Крива деформування зразка №4 (Q=10%)

Таблиця 1. Маса, густина, максимальна напруга та інші механічні властивості зразків з різним рівнем заповнення

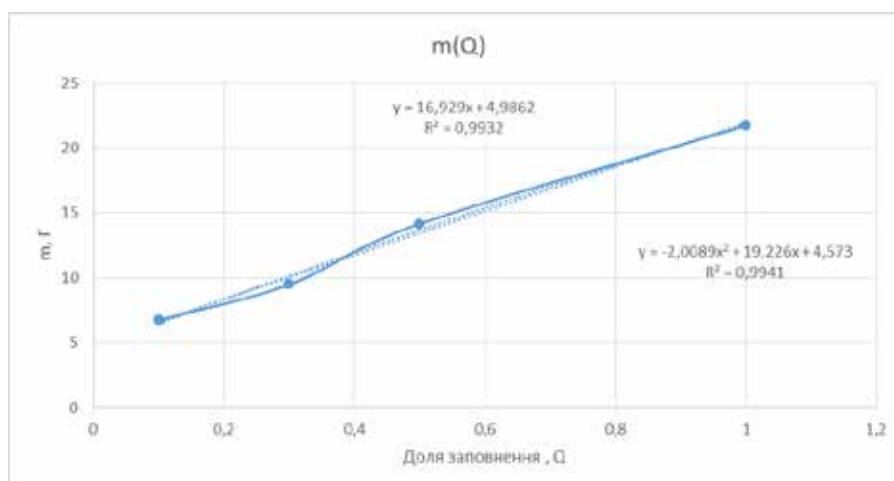
№ зразка	Заповнення Q	Маса зразка m, г	Густина ρ , г/см ³	R_{max} , Н	σ_b , МПа	$R_{пц}$, кг	Δl , мм	$P/\Delta l$, кг/мм	σ_t , МПа	E, МПа	$\sigma_{t/\rho}$, МПа/г/см ³
1	100	21,73	1,025	24790	34,4	1600	2,5	640	22,6	272	22,1
2	50	14,16	0,688	12530	17,4	900	1,68	536	12,7	227	18,5
3	30	9,48	0,447	6350	8,8	400	1,0	400	5,7	172	12,7
4	10	6,74	0,318	4530	6,3	300	0,93	323	4,2	137	13,3

Вплив параметрів заповнення представлено в таблиці 2. Наведені результати демонструють зміну питомої несучої здатності зразків залежно від рівня заповнення та маси матеріалу.

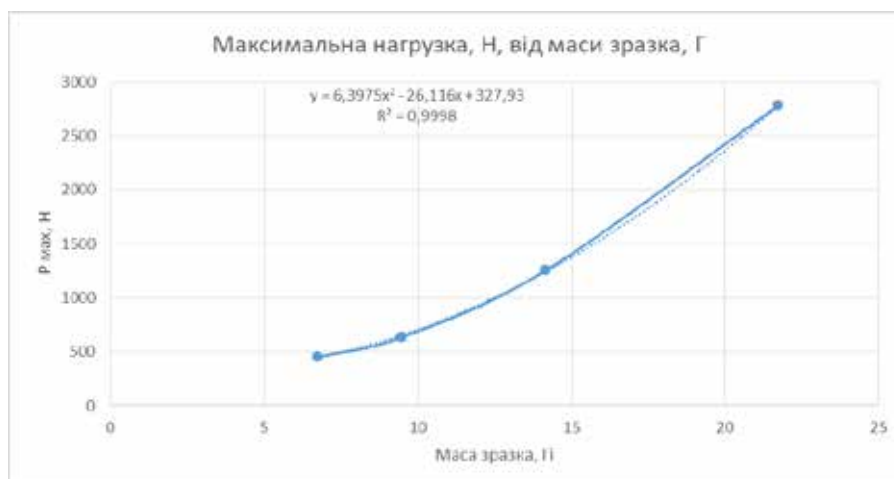
Таблиця 2. Несуча здатність та питомі показники несучої здатності зразків з різним рівнем заповнення

№	Заповнення Q	Несуча здатність, R_{max}/m , кг/г	$mQ/m100$	$mQ/m30$	Несуча здатність (Н/г)
1	100	114,1	1	2,29	1119,32
2	50	88,5	0,65	1,49	868,19
3	30	68,4	0,44	1	671,00
4	10	67,2	0,31	0,71	659,23

За даними таблиць 1–2 побудовано залежність маси зразка від параметра заповнення. Як видно з рис. 7, ця залежність з високим коефіцієнтом кореляції описується лінійною функцією.

**Рис. 7. Залежність маси зразка від долі заповнення**

За даними таблиць 1–2 побудовано залежність максимальної навантаження від маси зразка. Як показано на рис. 8, ця залежність описується квадратичною функцією із високим коефіцієнтом кореляції.

**Рис. 8. Максимальна навантаження від маси зразка**

На рисунку 9 наведено залежність $P_{\max}(Q)$.

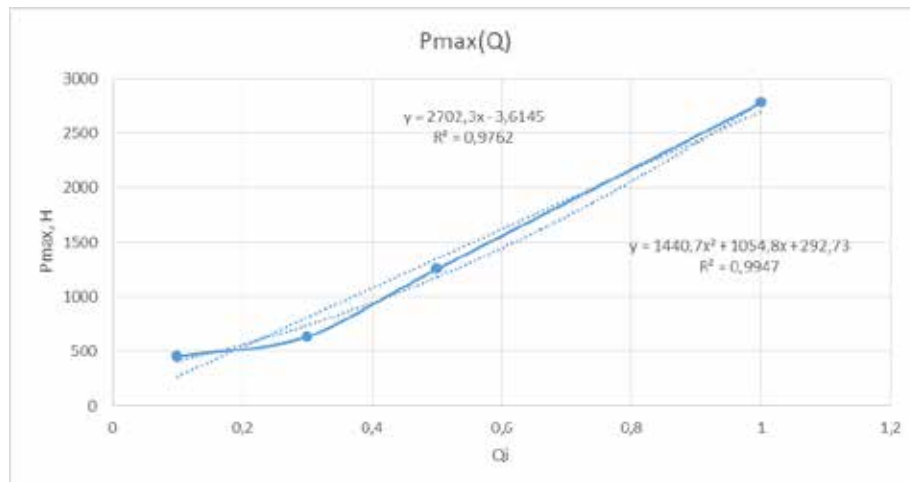


Рис. 9. Залежність максимального навантаження від долі заповнення

На рисунку 10 показано залежність напруг пропорційності від заповнення Q .

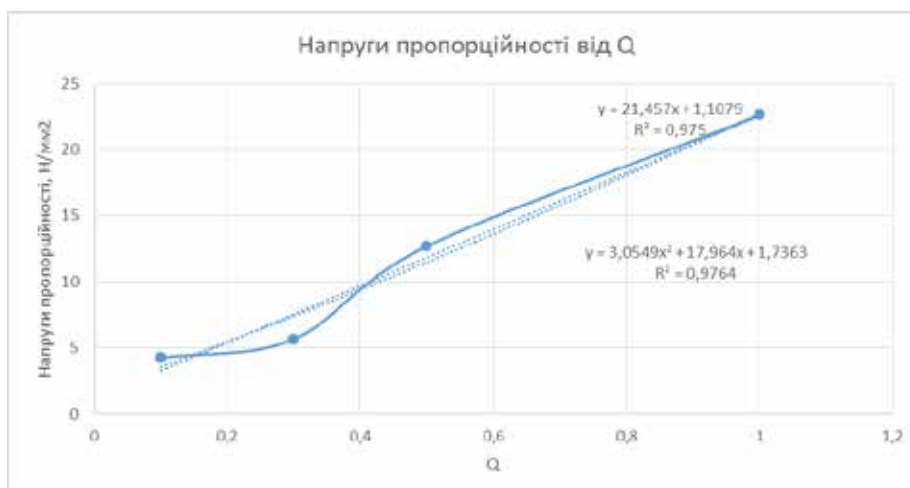


Рис. 10. Залежність напруг пропорційності від долі заповнення

На рисунках 11–13 наведено залежності модуля пружності, густини матеріалу та питомої несучої здатності зразків, які демонструють експоненційну, лінійну та поступову зміну відповідних характеристик залежно від рівня заповнення від Q .

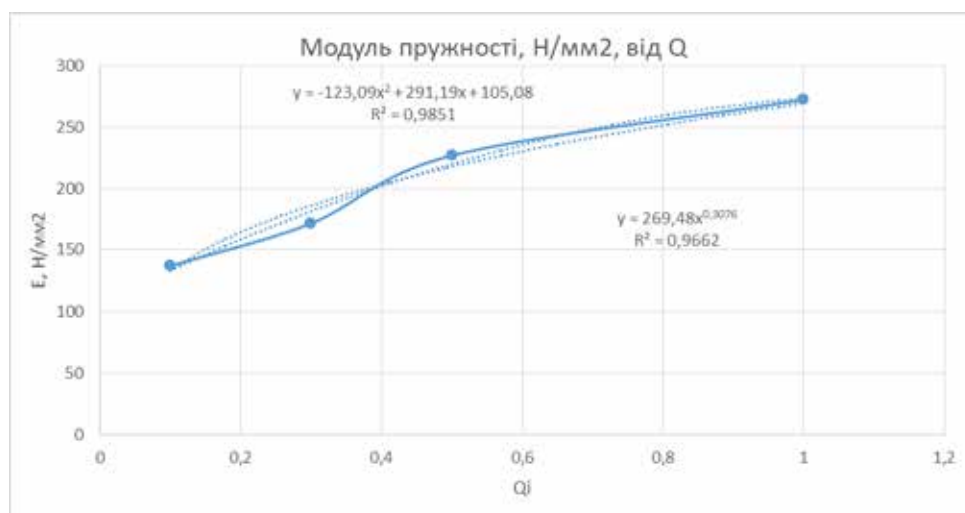


Рис. 11. Модуль пружності зразків залежно від долі заповнення

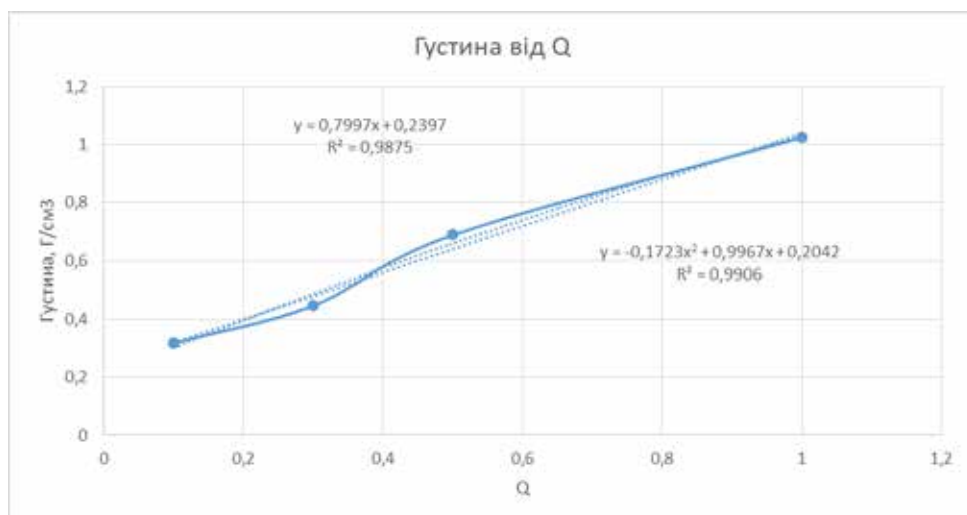


Рис. 12. Густина зразків залежно від долі заповнення

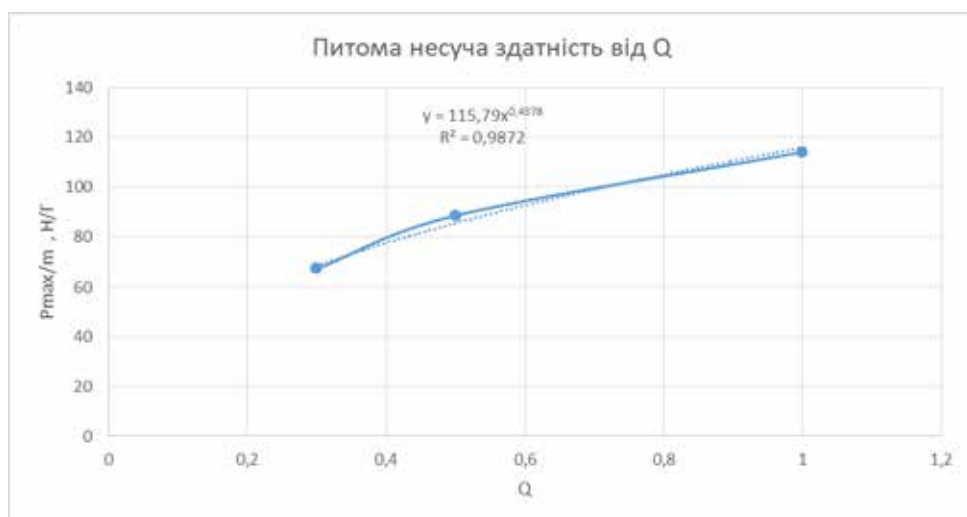


Рис. 13. Питома несуча здатність зразків залежно від долі заповнення

Відповідно до даних таблиць 1–2, на рисунку 14 представлено залежність максимальної навантаження від квадрату маси зразків, яка описується лінійною моделлю з високим коефіцієнтом кореляції 0,999.

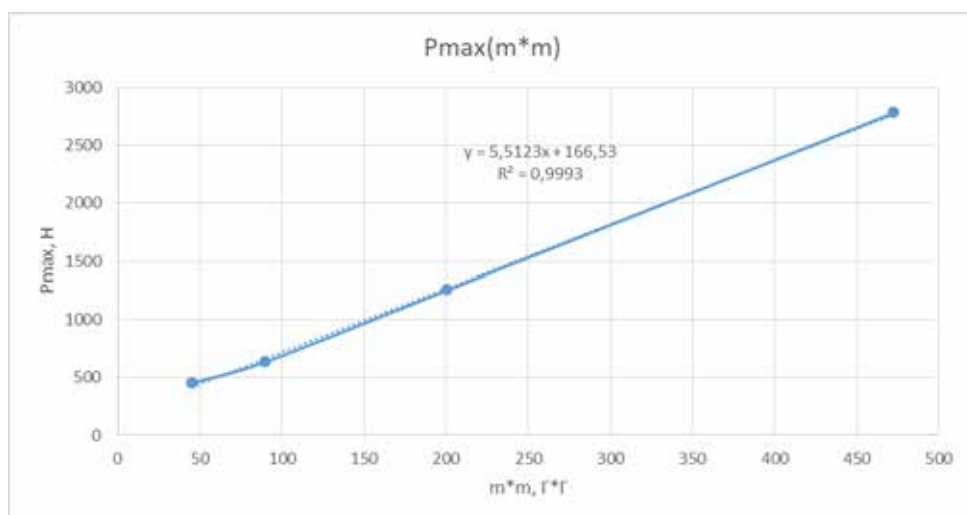


Рис. 14. Максимальна навантаження від квадрату маси зразка

Висновки. Проведене дослідження дозволяє зробити наступні висновки:

1. Розроблена методика 3D-друку сотових перколяційно-фрактальних композитів та отримані кількісні залежності їх параметрів від наповнення.
2. Методом 3D-друку виготовлені композитні дослідні зразки заданих параметрів $Q = 10\%, 30\%, 50\%, 100\%$. Проведені експериментальні дослідження зразків на стиск.
3. Обробка експериментальних даних виявила наступне:
 - відношення маси зразків з 100% заповненням до маси зразків ($M_{\max}/M_{\min}$) при $Q = 10\%$ склало 3,224, $Q = 30\%$ склало 2,29, $Q = 50\%$ склало 1,53;
 - при цьому питома вага зразків варіювалася від $0,318 \text{ г/см}^3$ ($Q = 10\%$) до $1,025 \text{ г/см}^3$ ($Q = 100\%$);
 - відношення максимального та мінімального значень міцності на стиск становить $\sigma_B^{\max}$ при $Q = 100\% / \sigma_B^{\min}$ при $Q = 10\% = 5,46$;
 - відношення границі текучості $\sigma_T^{\max}$ при $Q = 100\% / \sigma_T^{\min}$ при $Q = 10\% = 5,38$.
4. Відносна несуча здатність композитних зразків $\eta = R^{\max}Q/mQ$ була найбільшою при $Q = 100\%$ і становила $1119,32 \text{ Н/г}$. Для $Q = 50\%$ η склало $868,19 \text{ Н/г}$, (зменшення на $26,2\%$), при $Q = 30\%$ – до $671,00 \text{ Н/г}$, (зменшення на $40,9\%$), а при $Q = 10\%$ – до $659,23 \text{ Н/г}$ (зменшення на 42%).

Подальші дослідження зосереджені на вивченні поведінки перколяційно-фрактальних структур під циклічними навантаженнями для оцінки їх довговічності та втомної міцності.

Отримані результати стануть підґрунтям для створення нового покоління адаптивних конструкцій для біомедичних і технічних застосувань.

Список використаних джерел

1. Гліненко Л. К., Сухонос О. Г. Основи моделювання технічних систем. Львів : Бескид Біт, 2003. 210 с.
2. Грабар І. Г. Перколяційно-фрактальні моделі в сучасному матеріалознавстві. *Наукові нотатки*. 2015. Вип. 49. С. 35–37.
3. Грабар І. Г. Прискорене прогнозування ресурсу конструкцій на стадії проектування та універсальна діаграма. *Вісник Національної академії наук України*. 2014. № 10. С. 22–27.
4. Грабар І. Г. Синтез мультифракталів. Житомир : Поліський національний університет, 2023. 94 с.
5. Грабар І. Г., Грабар О. І. Моделювання кінетики хаотизації аттрактора Фейгенбаума і динаміка нелінійних систем. *Фізико-математичний журнал*. 2012. Т. 14, № 3. С. 142–156.
6. Сергієнко В. В. Філософські проблеми наукового пізнання. Кременчук : Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2011. 96 с.
7. Соколовський В. С., Романова Н. О., Юшковська О. П. Лікувальна фізична культура. Одеса : Одеський державний медичний університет, 2005. 160 с.
8. Язловецький В. С. Основи діагностики функціонального стану та здоров'я : навч. посіб. для студ. ф-тів фіз. виховання вищих навч. закл. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2003. 112 с.
9. Ячнюк І. О., Воробійов О. О., Романів Л. В., Ячнюк Ю. Б. Відновлювальні засоби працездатності у фізичній культурі і спорті. Чернівці : Книги XXI, 2009. 248 с.
10. Andrew J. J., Han K. A., Umer R., Schiffer A. Energy absorption and piezoresistive characteristics of 3D-printed hybrid honeycomb structures. *Advanced Materials Processing*. 2024. Vol. 12. P. 324–337. <https://doi.org/10.1080/17452759.2024.2342430>
11. Dobrescu G., Papa F., State R. Fractal analysis and fractal dimension in materials chemistry. *Fractal and Fractional*. 2024. Vol. 8. P. 583–590. <https://doi.org/10.3390/fractalfract8100583>
12. Dong H., Wang S., Wang A., Lin C., et al. Low-frequency band gap and vibration suppression mechanism of a novel square hierarchical honeycomb metamaterial. *Applied Mechanics*. 2024. Vol. 41. P. 1841–1856. <https://doi.org/10.1007/s10483-024-3168-7>
13. Huang S., Zhang Y., Hou Z., Song Y., et al. HoneyComb: A flexible LLM-based agent system for materials science. *arXiv preprint*. 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.00135>
14. Oftadeh R., Haghanipour B., Vella D., Boudaoud A., Vaziri A. Optimal fractal-like hierarchical honeycombs. *Physical Review Letters*. 2014. Vol. 113. P. 104301–104315. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.104301>
15. Roman G. E., Chezura F., Mariam R., Levchenko I., Oleksandr K., Riccardi C. Fractal geometry of polymer material surfaces: Surface area and roughness. *Soft Matter*. 2024. Vol. 20. P. 3082–3096. <https://doi.org/10.1039/D3SM01497E>
16. Song H., Hong S., Wang J., Zhu H., et al. Mechanical properties of Fe₃O₄-dispersed nanomaterial honeycomb structures printed by 3D printer. *ACS Omega*. 2024. Vol. 9. P. 14287–14296. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c10138>
17. Yang L., He R., Wang C., Zhao H., et al. Analysis of chaotic characteristics in dynamic gravitational model with fractal structures. *Fractal and Fractional*. 2023. Vol. 7. P. 278–290. <https://doi.org/10.3390/fractalfract7030278>
18. Zhang C., Chen S., Dong T., Hao T., Wang J. Study of vibration characteristics of metamaterials with fractal honeycomb structures. *Vibration and Acoustics*. 2024. Vol. 35. P. 909–924. <https://doi.org/10.1007/s42417-023-00883-y>
19. Zhang Y., Yang S. H., Xin Y., Cai B., et al. Design of symmetric gradient honeycomb structures with high-efficiency micro-wave absorption. *Nano-Micro Letters*. 2024. Vol. 16. P. 234–245. <https://doi.org/10.1007/s40820-024-01435-z>

Grabar I. G.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Agroengineering and Technical Service,
Polissya National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: ivan-grabar@ukr.net
ORCID: 0000-0002-7193-6960*

Kulman S. M.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Agroengineering and Technical Service,
Polissya National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: mail@polissiauniver.edu.ua
ORCID: 0009-0003-9717-6415*

Ksiukovskyi O. V.

*Postgraduate Student at the Department of Agroengineering and Technical Service,
Polissya National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: x25x10x@gmail.com
ORCID: 0009-0005-9183-0636*

Dubovik D. A.

*Postgraduate Student at the Department of Agroengineering and Technical Service,
Polissya National University
Zhytomyr, Ukraine
E-mail: dubovik26@ukr.net
ORCID: 0009-0003-5233-9938*

DESIGN, 3D PRINTING AND EXPERIMENTAL STUDY OF PERCOLATION-FRACTAL COMPOSITE STRUCTURAL ELEMENTS

Abstract

The paper presents the results of studies of fractal-honeycomb composite structural elements manufactured by additive 3D printing. The main attention is paid to the study of the influence of the internal fractal structure and the level of filling on the mechanical characteristics of the samples. The research is aimed at determining the relationship between the parameters of internal filling ($Q = 10\%, 30\%, 50\%, 100\%$) and such indicators as mass, density, strength, and bearing capacity of the material.

A methodology has been developed for modeling, designing, and calculating fractal structures with regard to operational reliability requirements, which allows the structures to be adapted to different mechanical loading conditions. The created digital models were used for 3D printing of physical samples using a composite filament based on a polymer matrix. A series of experimental compression tests were conducted, which showed a natural increase in the mechanical efficiency of the samples with an increase in the density of the internal filling.

The maximum strength values are achieved at full filling, while at lower levels ($Q = 10\%$ and 30%) a significant decrease in bearing capacity and a decrease in resistance to deformation are observed. The results confirm that the relative bearing capacity of the samples increases with increasing bulk density, which is critical for the predicted use of structures in critical technical systems.

The data analysis also revealed the optimal correlations between the indicators of lightness, strength, and stability, which opens up prospects for further improvement of design solutions. In particular, it is advisable to use fractal-honeycomb composite materials in medicine (orthopedic implants, prostheses), in high-tech engineering, in aerospace and unmanned aerial vehicles, where the parameters of mass and dimensional efficiency are critically important, as well as in the creation of energy-efficient, biocompatible and functionally adaptive engineering systems of a new generation.

Key words: 3D printing (FDM), fractal honeycomb composites, filling density, mechanical properties.

References

1. Hlinenko, L.K., & Sukhonosov, O.H. (2003). Osnovy modeliuвання tekhnichnykh system [Fundamentals of modeling of technical systems]. Beskyd Bit. [in Ukrainian].
2. Grabar, I.G. (2014). Pryskorene prohnouzuvannya resursu konstruksii na stadii proektuvannya ta universalna diagrama [Accelerated prediction of the structural resource at the design stage and universal diagram]. *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*, (10), 22–27. [in Ukrainian].
3. Grabar, I.G. (2015). Perkoliatsiino-fraktalni modeli v suchasnomu materialoznavstvi [Percolation-fractal models in modern materials science]. *Naukovi notatky*, (49), 35–37. [in Ukrainian].

4. Grabar, I.G. (2023). *Synthes multyfraktaliv [Synthesis of multifractals]*. Polissia National University. [in Ukrainian].
5. Grabar, I.G., & Grabar, O.I. (2012). Modeliuvannya kinetyky khaotyzatsii atrakora Feigenbauma i dynamika nelineinykh system [Modeling the kinetics of Feigenbaum attractor chaotization and dynamics of nonlinear systems]. *Fizyko-matematychnyi zhurnal*, 14(3), 142–156. [in Ukrainian].
6. Serhiienko, V.V. (2011). *Filosofski problemy naukovoho piznannia [Philosophical problems of scientific knowledge]*. Kremenichuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. [in Ukrainian].
7. Sokolovskyi, V.S., Romanova, N.O., & Yushkovska, O. P. (2005). *Likuvalna fizychna kultura [Therapeutic physical culture]*. Odesa State Medical University. [in Ukrainian].
8. Yazlovetskyi, V.S. (2003). *Osnovy diahnostryky funktsionalnoho stanu ta zdorovia [Fundamentals of diagnosing functional state and health]*. RVV KDPU im. V. Vynnychenka. [in Ukrainian].
9. Yachniuk, I.O., Vorobiov, O.O., Romaniv, L.V., & Yachniuk, Yu. B. (2009). *Vidnovliuvalni zasoby pratsiezdatsnosti u fizychnii kulturi i sporti [Restorative means of work capacity in physical culture and sports]*. Knyhy XXI. [in Ukrainian].
10. Andrew, J.J., Han, K.A., Umer, R., & Schiffer, A. (2024). Energy absorption and piezoresistive characteristics of 3D-printed hybrid honeycomb structures. *Advanced Materials Processing*, 12, 324–337. <https://doi.org/10.1080/17452759.2024.2342430> [in English].
11. Dobrescu, G., Papa, F., & State, R. (2024). Fractal analysis and fractal dimension in materials chemistry. *Fractal and Fractional*, 8, 583–590. <https://doi.org/10.3390/fractalfract8100583> [in English].
12. Dong, H., Wang, S., Wang, A., & Lin, C., et al. (2024). Low-frequency band gap and vibration suppression mechanism of a novel square hierarchical honeycomb metamaterial. *Applied Mechanics*, 41, 1841–1856. <https://doi.org/10.1007/s10483-024-3168-7> [in English].
13. Huang, S., Zhang, Y., Hou, Z., & Song, Y., et al. (2024). HoneyComb: A flexible LLM-based agent system for materials science. arXiv Preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.00135> [in English].
14. Oftadeh, R., Haghani-pour, B., Vella, D., Boudaoud, A., & Vaziri, A. (2014). Optimal fractal-like hierarchical honeycombs. *Physical Review Letters*, 113, 104301–104315. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.104301> [in English].
15. Roman, G. E., Chezura, F., Mariam, R., Levchenko, I., Oleksandr, K., & Riccardi, C. (2024). Fractal geometry of polymer material surfaces: Surface area and roughness. *Soft Matter*, 20, 3082–3096. <https://doi.org/10.1039/D3SM01497E> [in English].
16. Song, H., Hong, S., Wang, J., & Zhu, H., et al. (2024). Mechanical properties of Fe₃O₄-dispersed nanomaterial honeycomb structures printed by 3D printer. *ACS Omega*, 9, 14287–14296. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c10138> [in English].
17. Yang, L., He, R., Wang, C., Zhao, H., et al. (2023). Analysis of chaotic characteristics in dynamic gravitational model with fractal structures. *Fractal and Fractional*, 7, 278–290. <https://doi.org/10.3390/fractalfract7030278> [in English].
18. Zhang, C., Chen, S., Dong, T., Hao, T., & Wang, J. (2024). Study of vibration characteristics of metamaterials with fractal honeycomb structures. *Vibration and Acoustics*, 35, 909–924. <https://doi.org/10.1007/s42417-023-00883-y> [in English].
19. Zhang, Y., Yang, S. H., Xin, Y., Cai, B., et al. (2024). Design of symmetric gradient honeycomb structures with high-efficiency microwave absorption. *Nano-Micro Letters*, 16, 234–245. <https://doi.org/10.1007/s40820-024-01435-z> [in English].



ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

UDC 636.7:616.36:577.1

Prosyanyi S. B.

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Infectious and Invasive Diseases,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: prosyanyi2016@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4464-2908*

Horiuk Yu. V.

*Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Professor at the Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: goruky@ukr.net
ORCID: 0000-0002-7162-8992*

Horiuk V. V.

*Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Veterinary Obstetrics, Internal Pathology and Surgery,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: horiuky@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1633-7287*

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING TICK INFESTATIONS IN DOGS

Abstract

Tick-borne invasions are among the most common diseases for both animals and humans. This study describes the spread of pathogens *Demodex canis*, *Sarcoptes scabiei* var. *canis*, and *Otodectes cynotis* in Ukraine over the past five years, and investigates the age-related characteristics of the diseases, as well as the impact of dog breed and sex on the intensity of the disease.

The study, conducted from 2019 to 2023, covered 1,452 dogs belonging to owners from the Khmelnytskyi and Chernivtsi regions of Ukraine. Clinical examinations were carried out using standard methods, taking into account the localization and area of skin lesions, the presence of itching, and other symptoms. Deep skin scrapings were used to diagnose acaroses (scabies, otodectosis, demodicosis), as well as otoscopy to assess the condition of the ear mite.

The study of acariform mites in dogs from 2019 to 2023 revealed that the main species of parasites affecting the animals were *Otodectes cynotis*, *Sarcoptes scabiei* var. *canis*, and *Demodex canis*. According to the results of the study, the most common diseases among dogs were demodicosis (6.3%), otodectosis (4.3%), and scabies (1.2%). The highest infestation rate was recorded in 2023, specifically for otodectosis (5.5%), demodicosis (7.5%), and scabies (1.4%). Age-related infection features were also studied, with a high infection rate observed in dogs aged 2–6 months, and a peak infection rate at 6–12 months. Breed and sex differences in disease occurrence were also considered: the most cases of otodectosis were found in mixed-breed dogs, while demodicosis was more common in mongrel animals. Female dogs were found to be more susceptible to mite infections compared to males.

The obtained data will help to develop a comprehensive approach to the prevention of these diseases, taking into account the epidemiological situation in specific regions.

Key words: dogs, age categories, breed predisposition, *Demodex canis*, *Otodectes cynotis*, *Sarcoptes scabiei* var. *Canis*.

Introduction. Tick-borne infestations continue to be the most common diseases worldwide, affecting both animals and humans [6]. Parasitic mites are most often members of the *Acariformes* family [9]. Representatives of this series can cause dermatitis, which is complicated by secondary infection. *Demodex canis*, *Sarcoptes scabiei* var. *canis* and *Otodectes cynotis* ticks are most often registered among dogs [7; 11; 15].

Demodicosis is one of the most common skin diseases caused by mites of the *Demodex* genus (*Demodecidae* family). Ticks are localized in the sebaceous glands and hair follicles of animals and humans [7; 9]. The disease is manifested by the phenomena of diffuse or focal inflammation, accompanied by local or generalized alopecia, the formation of papules, pustules, scales, thickenings and folds. When the body's resistance is reduced, demodectic infestation can cause papular and pustular dermatitis, erythema, formation of comedones and contribute to secondary bacterial and/or mycotic infections [8; 13].

Sarcoptosis is a skin disease caused by representatives of the *Sarcoptes* genus, which affects a wide range of hosts, including dogs [6]. The disease begins with tick damage to the scalp, neck, root of the tail, and groin. Later, the parasites spread to other parts of the body. A characteristic sign is inflammation of the edges of the ears, as well as an itch reflex, which is clearly visible a day after infection, when they start stroking the animal's head, neck, and back [11]. The generalized form of sarcoptosis in the absence of treatment leads to the death of the animal from exhaustion, nervous excitement and septic phenomena [10].

Otodectosis is caused by the acariform mite *Otodectes cynotis* [2], which parasitizes on the inner surface of the auricle, in the auditory canal and tympanic membrane of animals [7]. In dogs, as a result of infection with *O. cynotis*, otitis externa develops, which is characterized by erythema and is accompanied by itching, the development of dermatitis and otitis, the release of serous and then purulent exudate from the external auditory canal, which forms dark crusts [5]. In more severe cases, the inflammatory process can spread to the middle and inner ear and membranes of the brain, as a result of which the animals die [4].

Recently, there have been more and more literary reports indicating a significant spread of acarosis of small domestic animals in different parts of Ukraine. In particular, demodicosis of dogs, otodectosis of cats and dogs, notoedrosis of cats and dogs, and sarcoptosis of dogs and cats are mainly diagnosed as skin parasitic diseases. The causative agents of these diseases can also harm human health, because they often cause their invasion with the manifestation of characteristic clinical signs. According to [5; 6] the number of patients with sarcoptosis and otodectosis of animals is increasing annually. Transmission of the disease is possible through direct or indirect contact, as ticks can survive for several days without a host and remain infectious

The given information testifies to the important epizootic and epidemic significance of acarotic zoonotic invasions, the increase in the frequency of relapses of animal and human parasitic diseases, as well as the variability of the epizootic process. Despite the variety of methods of diagnosis and means of treatment of carnivore acarosis, the problem of combating these diseases remains relevant.

A number of factors affect the infestation of dogs with ticks, such as age, sex, breed, general condition of the body, and even climatic conditions. In Ukraine, there are quite limited data on infestation in dogs caused by *Demodex canis*, *Sarcoptes scabiei* var. *sanis* and *Otodectes cynotis*. Most of the studies were independent of each other and there is little systemic or regional data.

Research aim. The aim of this study was to investigate the dynamics of disease occurrence depending on the age, sex and breed of dogs in order to better understand the control and prevention of outbreaks in animals and humans.

The presentation of the main material of the research. The research was conducted during 2019–2023. In total, 1,452 animals belonging to owners living in Khmelnytskyi and Chernivtsi regions, Ukraine, were included in the study. The study included dogs of various breeds, aged from 2 months to 10 years at the start of the study, and of various weights. During the entire study period, the dogs remained with their owners under the usual housing conditions.

Clinical examination of sick animals was carried out according to generally accepted methods. During the examination, the location and area of the lesion, the nature of the changes in the skin, the presence of itching of the affected skin areas, as well as data on the time of onset and nature of the course of the disease, must be taken into account. Deep scrapings of the skin in the most affected areas were taken from each dog during the first visit. The skin was slightly compressed to facilitate the removal of the mite from the lumen of the follicle. Assessment of the state of ear mite infestation was carried out using otoscopy. After the samples were collected, they were placed in Petri dishes and immediately transported to the laboratory [9].

Samples were evaluated microscopically at 100x magnification. Ticks were counted and identified according to morphological description [1]. The final diagnosis of acarosis (sarcoptosis, otodectosis, demodicosis) was established in case of detection of ticks during microscopic examination of scrapings from the affected areas of the skin.

All studies were conducted in accordance with the Council of Europe Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used in Experiments and for Other Scientific Purposes of March 18, 1986, Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of the European Union of September 22, 2010 on the protection of animals, which are used for scientific purposes and Law of Ukraine dated February 21, 2006 № 3447-IV (as amended from June 22, 2017 No. 2120-VIII) “On the Protection of Animals from Cruelty”.

Statistical processing of the obtained data was carried out using the Statistica 9.0 program (StatSoft Inc., USA). Arithmetic mean (m), standard error of the mean value ($M \pm m$) were determined. The difference between the values was considered probable by P not lower than 0.05.

The presentation of the main material of the research. The research results showed that the main acariform ticks affecting dogs were *Otodectes cynotis*, *Sarcoptes scabiei* var. *canis* and *Demodex canis*. The results regarding the distribution of these pathogens are shown in Figure 1.

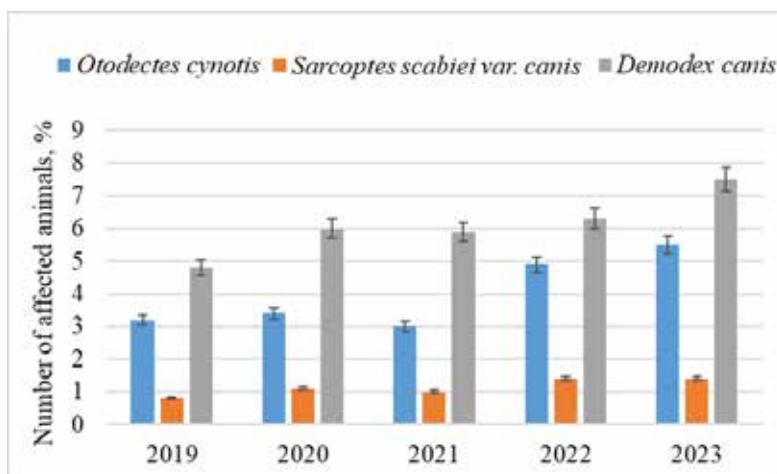


Fig. 1. Affection of dogs with acarosis during 2019–2023, n=1452

The results of the research are shown in Figure 1, indicating that during the research period, demodicosis was most often registered among sick dogs – 92 animals (6.3% of the number of examined animals), otodectosis – 62 (4.3%). Sarcoptosis affected 17 dogs, which was 1.2%. In 2023, the highest extent of infestation was noted for both otodectosis (5.5%) and demodicosis (7.5%), as well as sarcoptosis (1.4%).

We also determined the age-specific features of infection of dogs with acariform ticks (Figure 2).

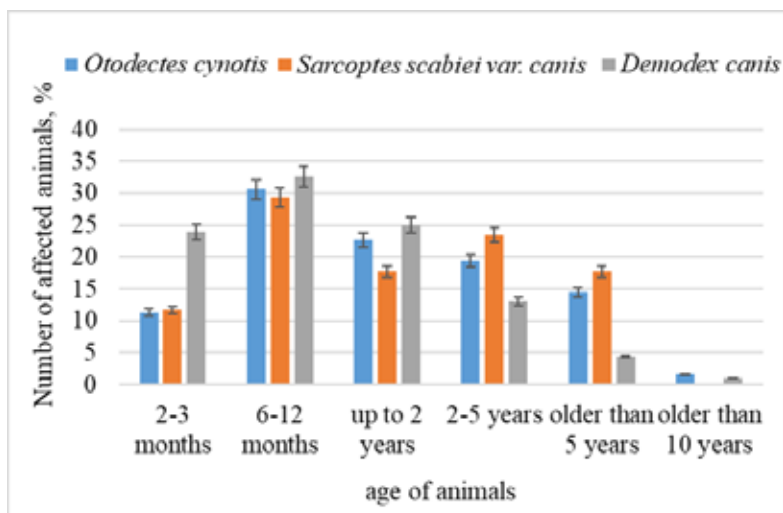


Fig. 2. Age characteristics of the manifestation of acarosis lesions in dogs, n=171

It was found that the age of the animals affected tick infestation. The data shown in Figure 2 show a fairly high extent of dogs already at the age of 2–6 months. Thus, in this age period, 23.9% of the animals affected by acarosis were affected by demodicosis, and 11.3% and 11.7% were affected by otodectosis and sarcoptosis, respectively. Meanwhile, the highest peak of acarosis in dogs was found at the age of 6–12 months – from 29.4 to 32.6%, depending on the type of acarosis infestation. In older dogs, the intensity of acarosis lesions gradually decreases, and only 4.4% of animals affected by demodicosis, 14.5% by otodectosis, and 17.7% by sarcoptosis were found at the age of over 5 years.

Conducted studies on the breed characteristics of the disease (Figure 3) showed that the following are the most frequently affected by otodectosis: Mongrel (16.1%), German shepherds (14.55%) and Rottweilers (11.3%). The following suffered from demodicosis: Mongrel (13.0%), Rottweilers (10.9%) and German Shepherds (10.9%). Sarcoptosis was diagnosed in German Shepherds (17.7%), Bulldogs (11.8%), Rottweilers (11.8%) and Purebreds (11.8%).

Studies have established the sexual susceptibility of dogs to acaroses (Figure 4).

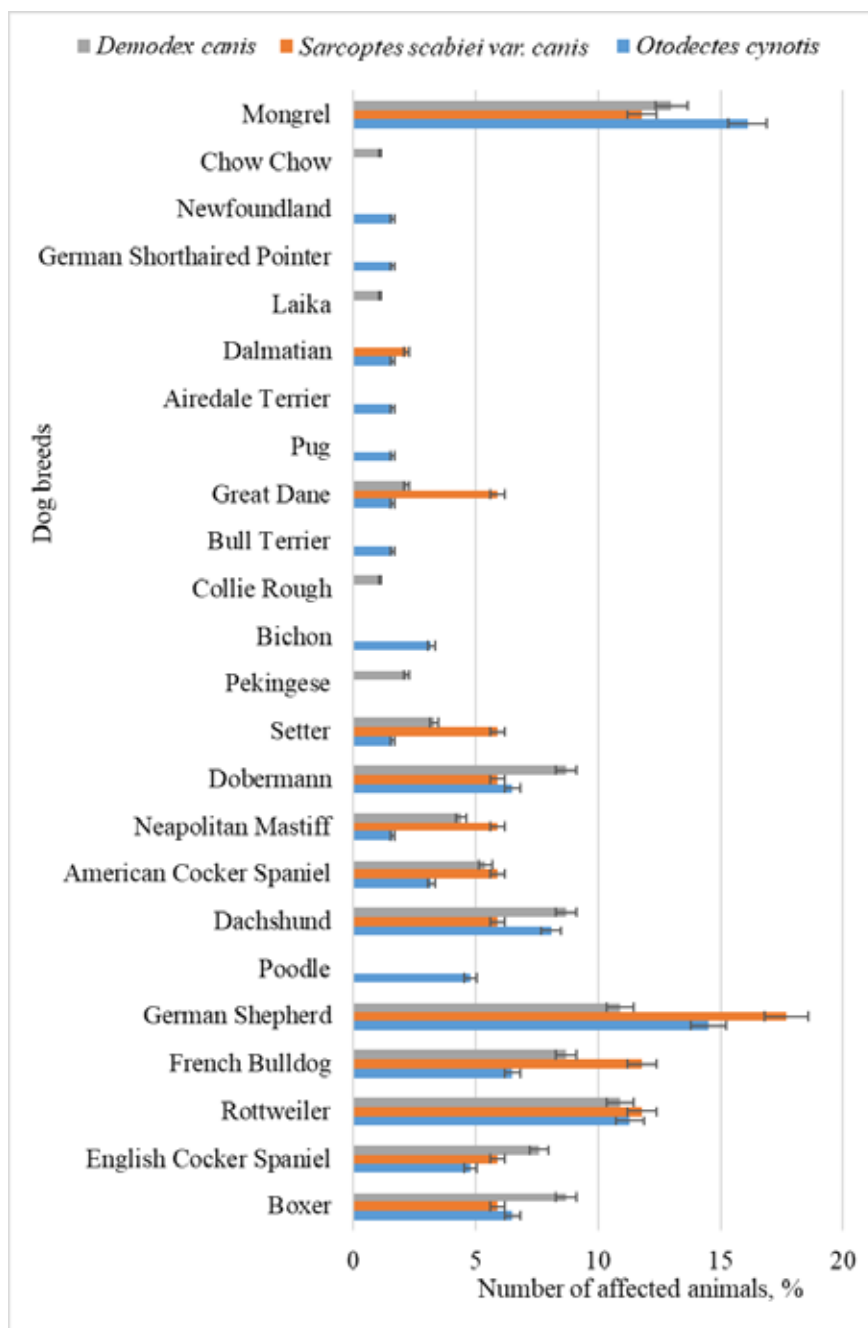


Fig. 3. Affection of dogs with acarosis depending on the breed, n=171

The obtained data indicate that bitches are more often ill with acarosis. Thus, we diagnosed otodectosis in 56.4% of bitches, demodicosis in 51.1%, and sarcoptosis in 52.9%. According to our data, male dogs suffer from otodectosis in 43.6% of cases, demodicosis in 48.9%, and sarcoptosis in 47.1%.

Infestations caused by ticks remain common throughout the world [12]. Our studies confirmed a significant frequency of infection. Thus, during 2019–2023, *Demodex canis* and *Otodectes cynotis* were released from 3% to 7.5%. *Sarcoptes scabiei* var. *canis* was diagnosed almost 2 times less often.

The age of the host as a determinant of these infestations is still controversial [14]. However, the results of our research showed that dogs aged 2-6 months were most affected. With age, the extensiveness of animals gradually decreased, and the manifestations of the disease in dogs older than 10 years were almost not registered. The data of our studies coincide with the information of some researchers who claim that acarosis mainly affects young animals aged from 6 to 18 months. Thus, scientists [10] described that young animals up to 1 year were more susceptible (incidence about 60%), than adults older than 2 years (17%). This feature of the manifestation of the invasion can be explained by not yet fully formed immunity. In addition, some researchers explain this by the greater activity of young individuals, which significantly increases the risk of infection.

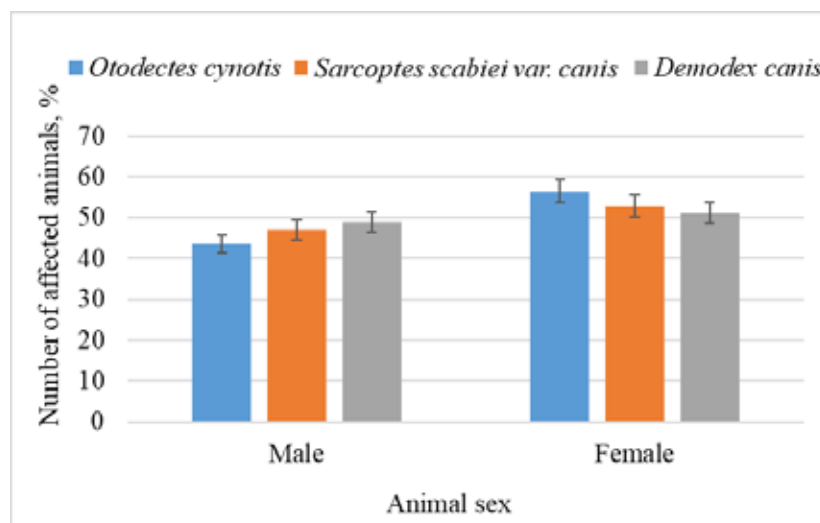


Fig. 4. Affection of dogs with acarosis depending on the sex, n=171

After analyzing the breed characteristics of the manifestation of acarosis in dogs, a high infestation in Mongrel was noted (11.8–16.1%), which may be related to insufficient control of these diseases. There is also a high risk of infection from foxes, as they can serve as reservoirs for infestations such as *S. scabiei*. Our data on breed susceptibility of dogs to acarosis also coincide with the data of some researchers [1; 4]. However, most publications will describe the susceptibility of a particular breed to invasion, while not taking into account the local base population [7].

Animal sex does not appear to play a significant role in the prevalence of tick infestation [4]. However, studies have shown that females were more susceptible to infection with all the tick species studied. This may be due to the difference in their hormonal activity.

So, the most widespread diseases among acarosis of dogs in this region are demodicosis and otodectosis, to a lesser extent, sarcoptosis is diagnosed. The obtained data will make it possible to develop a comprehensive approach to the prevention of these diseases, taking into account the epizootic situation in a specific region.

References

1. Arlian, L.G. (1989). Biology, host relations, and epidemiology of *Sarcoptes scabiei*. *Annual Review of Entomology*, 34 (1), 139–159. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.34.010189.001035> [in English].
2. Baraka, F. (2011). Epidemiology, genetic divergence and acaricides of *Otodectes cynotis* in cats and dogs. *Veterinary World*, 4 (3), 109–112. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2011.109-112> [in English].
3. Bond, R., Morris, D.O., Guillot, J., Bensignor, E.J., Robson, D., Mason, K.V., Kano, R., & Hill, P.B. (2020). Biology, diagnosis, and treatment of Malassezia dermatitis in dogs and cats: Clinical consensus guidelines of the World Association for Veterinary Dermatology. *Veterinary Dermatology*, 31 (1), 27. <https://doi.org/10.1111/vde.12847> [in English].
4. Carithers, D., Crawford, J., de Vos, C., Lotriet, A., & Fourie, J. (2016). Assessment of afoxolaner efficacy against *Otodectes cynotis* infestations of dogs. *Parasites & Vectors*, 9 (1), 635. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1924-4> [in English].
5. Fanelli, A., Doménech, G., Alonso, F., Martínez-Carrasco, F., Tizzani, P., & Martínez-Carrasco, C. (2020). *Otodectes cynotis* in urban and peri-urban semi-arid areas: A widespread parasite in the cat population. *Journal of Parasitic Diseases*, 44 (2), 481–485. <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01215-7> [in English].
6. Klink, J.C., Rieger, A., Ansoorge, H., Aurich, S., Hoffmann, C., Ewers, C., Raulf, M.-K., Strube, C., & Siebert, U. (2023). Malicious mites – *Sarcoptes scabiei* in raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) in Schleswig-Holstein, Germany. *Pathogens*, 12 (12), 1379. <https://doi.org/10.3390/pathogens12121379> [in English].
7. Lefkaditis, M., Spanoudis, K., Panorias, A., & Sossidou, A. (2021). Prevalence, intensity of infestation, and risk factors for *Otodectes cynotis* in young dogs. *International Journal of Acarology*, 47 (4), 281–283. <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1900911> [in English].
8. Malik, N.S., Siddiqui, M.F.M.F., Sakhare, M.P., Borikar, S.T., Yeotikar, P.V., Ali, S.S., & Shafi, T.A. (2020). The prevalence and risk factors of canine demodicosis: A retrospective long-term study of 409 cases. *Tropical Biomedicine*, 37 (3), 778–782. <https://doi.org/10.47665/tb.37.3.778> [in English].
9. Nuttall, T., & Bensignor, E. (2014). A pilot study to develop an objective clinical score for canine otitis externa. *Veterinary Dermatology*, 25 (6), 530–592. <https://doi.org/10.1111/vde.12163> [in English].
10. Nwufoh, O.C., Sadiq, N.A., Fagbohun, O., Adebisi, A., Adeshina, R., Emmanuel, E., & Emikpe, B.O. (2020). Molecular detection and characterization of *Sarcoptes scabiei* var. *canis* using skin scrapings and skin biopsies. *Journal of Parasitic Diseases*, 45, 258–262. <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01304-7> [in English].
11. O'Neill, D.G., Turgoose, E., Church, D.B., Brodbelt, D.C., & Hendricks, A. (2019). Juvenile-onset and adult-onset demodicosis in dogs in the UK: Prevalence and breed associations. *Journal of Small Animal Practice*, 61 (1), 32–41. <https://doi.org/10.1111/jsap.13067> [in English].

12. Prosyanyi, S.B., & Horiuk, Y.V. (2023). Regional features of the course of demodicosis in dogs. *GSC Advanced Research and Reviews*, 16 (1), 158–167. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2023.16.1.0143> [in English].
13. Prosyanyi, S., Borshuliak, A., & Horiuk, Y. (2022). Therapeutic efficacy of the drug Simparica® for demodicosis in dogs in the Kamianets-Podilskyi, Ukraine. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 13 (1), 012–018. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.13.1.0756> [in English].
14. Silva, J.T., Ferreira, L.C., Fernandes, M.M., Sousa, L.N., Feitosa, T.F., Braga, F.R., Brasil, A.W. d. L., & Vilela, V.L.R. (2020). Prevalence and clinical aspects of *Otodectes cynotis* infestation in dogs and cats in the semi-arid region of Paraiba, Brazil. *Acta Scientiae Veterinariae*, 48, 1–10. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.99156> [in English].
15. Sivel, G.N., & Yağci, B.B. (2022). Evaluation of oxidative stress on dogs with demodicosis. *Turkish Journal of Veterinary Research*, 7 (1), 7–13. <https://doi.org/10.47748/tjvr.1119988> [in English].

Просяний С. Б.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри інфекційних та інвазійних хвороб,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: prosyanyi2016@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4464-2908

Горюк Ю. В.

доктор ветеринарних наук, доцент,
професор кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: goruky@ukr.net
ORCID: 0000-0002-7162-8992

Горюк В. В.

кандидат ветеринарних наук, доцент,
доцент кафедри ветеринарного акушерства, внутрішньої патології та хірургії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: horikv@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1633-7287

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗАРАЖЕННЯ СОБАК КЛІЩАМИ

Анотація

Інвазії, спричиненні кліщами, є одними з найпоширеніших захворювань для тварин і людей. У дослідженні описано поширення збудників *Demodex canis*, *Sarcoptes scabiei* var. *canis* і *Otodectes cynotis* на території України впродовж останніх п'яти років, досліджено вікові особливості прояву хвороб, вплив породи і статті собак на інтенсивність захворювання.

Дослідження, проведене протягом 2019–2023 років, охопило 1452 собаки, які належали власникам із Хмельницької та Чернівецької областей України. Клінічне обстеження здійснювалося за стандартними методами, урахуванням локалізації та площі ураження шкіри, наявності свербіння й інших симптомів. Для діагностики акарозів (саркоптозу, отодектозу, демодектозу) використовувалися глибокі зіскреби шкіри, а також отоскопія для оцінювання стану вушного кліща.

Дослідження акариформних кліщів у собак протягом 2019–2023 років виявило, що основними видами паразитів, які уражали тварин, є *Otodectes cynotis*, *Sarcoptes scabiei* var. *canis* і *Demodex canis*. За результатами дослідження, найбільш поширеним захворюванням серед собак є демодекоз (6,3%), отодектоз (4,3%) і саркоптоз (1,2%). Найвища екстенсивність інвазії була зафіксована у 2023 році, зокрема на отодектоз (5,5%), демодекоз (7,5%) і саркоптоз (1,4%). Досліджено також вікові особливості зараження, де відзначено високу зараженість у віці 2–6 місяців і пік ураження у віці 6–12 місяців. Порідні та статеві особливості захворювання також враховані: найбільше випадків отодектозу зареєстровано в змішаних порід собак, а демодекоз частіше зустрічався в безпородних тварин. Самки виявилися більш схильними до зараження акарозами порівняно із самцями.

Отримані дані дадуть можливість розробити комплексний підхід щодо профілактики цих захворювань з урахуванням епізоотичної ситуації в конкретному регіоні.

Ключові слова: собаки, вікові категорії, породна схильність, *Demodex canis*, *Otodectes cynotis*, *Sarcoptes scabiei* var. *canis*.

Bibliography

1. Arlian L. G. Biology, Host Relations, and Epidemiology of *Sarcoptes scabiei*. *Annual Review of Entomology*. 1989. Vol. 34, no. 1. P. 139–159. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.34.010189.001035>
2. Baraka F. Epidemiology, genetic divergence and acaricides of *Otodectes cynotis* in cats and dogs. *Veterinary World*. 2011. Vol. 4, no. 3. P. 109–112. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2011.109-112>
3. Bond R., Morris D. O., Guillot J., Bensignor E. J., Robson D., Mason K. V., Kano R., Hill P. B. Long-term successful treatment of a donkey with cutaneous lupus erythematosus with methotrexate. *Veterinary Dermatology*. 2020. Vol. 31, no. 4. P. 313. <https://doi.org/10.1111/vde.12847>
4. Carithers D., Crawford J., de Vos C., Lotriet A., Fourie J. Assessment of afoxolaner efficacy against *Otodectes cynotis* infestations of dogs. *Parasites & Vectors*. 2016. Vol. 9, no. 1. P. 635. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1924-4>
5. Fanelli A., Doménech G., Alonso F., Martínez-Carrasco F., Tizzani P., Martínez-Carrasco C. *Otodectes cynotis* in urban and peri-urban semi-arid areas: a widespread parasite in the cat population. *Journal of Parasitic Diseases*. 2020. Vol. 44, no. 2. P. 481–485. <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01215-7>
6. Klink J. C., Rieger A., Ansorge H., Aurich S., Hoffmann C., Ewers C., Raulf M.-K., Strube C., Siebert U. Malicious Mites—*Sarcoptes scabiei* in Raccoon Dogs (*Nyctereutes procyonoides*) in Schleswig-Holstein, Germany. *Pathogens*. 2023. Vol. 12, no. 12. P. 1379. <https://doi.org/10.3390/pathogens12121379>
7. Lefkaditis M., Spanoudis K., Panorias A., Sossidou A. Prevalence, intensity of infestation, and risk factors for *Otodectes cynotis* in young dogs. *International Journal of Acarology*. 2021. Vol. 47, no. 4. P. 281–283. <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1900911>
8. Malik N. S., Siddiqui M. F. M. F., Sakhare M. P., Borikar S. T., Yeotikar P. V., Ali S. S., Shafi T. A. The prevalence and risk factors of canine demodicosis: A retrospective long-term study of 409 cases. *Tropical Biomedicine*. 2020. Vol. 37, no. 3. P. 778–782. <https://doi.org/10.47665/tb.37.3.778>
9. Nuttall T., Bensignor E. A pilot study to develop an objective clinical score for canine otitis externa. *Veterinary Dermatology*. 2014. Vol. 25, no. 6. P. 530–592. <https://doi.org/10.1111/vde.12163>
10. Nwufoh O. C., Sadiq N. A., Fagbohun O., Adebisi A., Adeshina R., Emmanuel E., Emikpe B. O. Molecular detection and characterization of *Sarcoptes scabiei* var *canis* using skin scrapings and skin biopsies. *Journal of Parasitic Diseases*. 2020. Vol. 45. P. 258–262. <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01304-7>
11. O'Neill D. G., Turgoose E., Church D. B., Brodbelt D. C., Hendricks A. Juvenile-onset and adult-onset demodicosis in dogs in the UK: prevalence and breed associations. *Journal of Small Animal Practice*. 2019. Vol. 61, no. 1. P. 32–41. <https://doi.org/10.1111/jsap.13067>
12. Prosyanyi S. B., Horiuk Y. V. Regional features of the course of demodicosis in dogs. *GSC Advanced Research and Reviews*. 2023. Vol. 16, no. 1. P. 158–167. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2023.16.1.0143>
13. Prosyanyi S., Borshuliak A., Horiuk Y. Sergiy Prosyanyi, Andrii Borshuliak, Yulia Horiuk. Therapeutic efficacy of the drug Simparica® for emodicosis in dogs in the Kamianets-Podilskyi, Ukraine. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 2022. Vol. 13, no. 1. P. 12–18. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.13.1.0756>
14. Silva J. T., Ferreira L. C., Fernandes M. M., Sousa L. N., Feitosa T. F., Braga F. R., Brasil A. W. d. L., Vilela V. L. R. Prevalence and Clinical Aspects of *Otodectes cynotis* Infestation in Dogs and Cats in the Semi-arid Region of Paraíba, Brazil. *Acta Scientiae Veterinariae*. 2020. Vol. 48. P. 1–10. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.99156>
15. Sivel G. N., Yağci B. B. Evaluation Of Oxidative Stress On Dogs With Demodicosis. *Turkish Journal of Veterinary Research*. 2022. Vol. 7, no. 1. P. 7–13 <https://doi.org/10.47748/tjvr.1119988>

УДК 614.31:664.8:341

Приліпко Т. М.

доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: vtl280726p@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8178-207X

Богатко Н. М.

доктор ветеринарних наук, професор,
завідувач кафедри ветеринарно-санітарної експертизи та лабораторної діагностики Інституту
післядипломного навчання керівників і спеціалістів ветеринарної медицини,
Білоцерківський національний аграрний університет
Біла Церква, Україна
E-mail: nadiyabogatko@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1566-1026

Богатко А. Ф.

доктор філософії (PhD) (ветеринарія),
асистент кафедри епізоотології та інфекційних хвороб,
Білоцерківський національний аграрний університет
Біла Церква, Україна
E-mail: bogatko.aliona.ua@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8089-5884

Руснак Л. В.

доктор філософії (PhD) в галузі права,
асистент кафедри права, професійної та соціально-гуманітарної освіти,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: lesunyarusnak@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5165-1079

Вакуленко Н. О.

здобувач вищої освіти юридичного факультету,
Львівський національний університет імені Івана Франка
Львів, Україна
E-mail: vakulenkonzar@gmail.com
ORCID: 0009-0009-2369-837X

АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ЗАКОНОДАВСТВА ЩОДО ХАРЧОВОЇ БЕЗПЕКИ

Анотація

У статті подано результати аналізу ефективності застосування міжнародних законодавчих актів і приватних стандартів операторами ринку харчових продуктів для забезпечення виробництва безпечних харчових продуктів. З метою регламентації виробництва харчових продуктів, їх якості, асортименту, правил реалізації, заходів щодо профілактики харчових отруєнь, запобігання фальсифікації тощо, державні органи видають закони, постанови, стандарти й інструкції, сукупність яких називають харчовим законодавством. Однак інтенсифікація й глобалізація сучасного виробництва харчових продуктів і міждержавних торгових відносин зумовили необхідність створення міжнародного харчового законодавства з метою впровадження жорсткіших вимог до безпеки харчових продуктів. З огляду на це, прийнято Кодекс Аліментаріус, застосовано приватні стандарти щодо контролювання безпеки харчових продуктів. Установлено, що впровадження стандарту BRC дає змогу надавати за необхідності всі підтвердження харчової безпеки; продукція буде відповідати всім вимогам безпеки та якості; завдяки сертифікації BRC забезпечується наявність інструментів для вдосконалення продукту, зміни якості роботи, підвищення безпеки; можливість зменшення кількості відходів у процесі виробництва продукції. В Україні застосують положення законодавства щодо покарання за випуск операторами ринку харчових продуктів небезпечної та неякісної продукції.

ції, зокрема Кодексу України «Про адміністративні правопорушення». У статті 166²² «Порушення вимог щодо безпечності харчових продуктів» прописано, що невиконання обов'язку щодо впровадження на потужностях постійно діючих процедур (GVP, GMP, GHP, GLP), які ґрунтуються на принципах системи аналізу небезпечних чинників і контролю в критичних точках (НАССР), тягне за собою накладання штрафу на посадових осіб від 60 до 90 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян; уведення в обіг неправильно маркованих харчових продуктів тягне за собою накладання штрафу на посадових осіб від 38 до 53 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян. Оператори ринку харчових продуктів, які дбають про конкурентоспроможність свого підприємства на ринках збуту продукції, виробництво безпечних харчових продуктів, дотримання санітарно-гігієнічних вимог на виробництві продукції, беззаперечно виконують вимоги міжнародних стандартів.

Ключові слова: міжнародні стандарти, харчове законодавство, продукти, безпечність, приватні стандарти.

Вступ. Вимоги Кодексу Аліментаріус ґрунтуються на тому, що всі споживачі мають рівні права на одержання безпечних продуктів харчування, а також на запобігання несумлінному веденню торгівлі. До міжнародного продажу не допускаються продукти, що містять отруйні речовини, непридатні для споживання продукти розпаду, хвороботворні речовини і ксенобіотики, продукти фальсифіковані, не відповідні, згідно з етикеткою, а також продукти, що виготовлені, упаковані та зберігалися чи транспортувалися з порушенням санітарних правил чи іншим способом і становлять загрозу здоров'ю людини [14, с. 83].

Україна поступово інтегрується в європейську економіку, адже вона – найбільш конкурентоспроможна й ефективна з усіх можливих для України моделей соціально-економічного розвитку для забезпечення продовольчої та харчової безпеки, особливо за умови сталої тенденції формування часткової автономії основних світових центрів впливу [13, с. 85].

У структурі ринку продуктів харчування Європейського Союзу лівова частина належить великим торговельним мережам. Для успішного виходу продукції на їхні торговельні площі недостатньо впровадити систему НАССР на виробництві. Вагомим аргументом безпечності продукції є визнання в одній із всесвітньо відомих систем сертифікації. Необхідно враховувати, що міжнародні стандарти безпечності продукції стосуються не лише готового продукту, а й півфабрикатів, сировини та навіть пакувальних чи маркувальних матеріалів. Наприклад, оператор ринку ковбасних виробів, котрий здійснив сертифікацію в одному з нижченаведених стандартів, під час закупівлі сировини, спецій чи розхідних матеріалів надаватиме перевагу постачальникам, які мають тотожний сертифікат [11, с. 108; 12, с. 32].

Мета роботи – аналіз ефективності застосування міжнародних законодавчих актів і приватних стандартів операторами ринку харчових продуктів для забезпечення виробництва безпечних харчових продуктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У країнах Європи оператори ринків харчових продуктів застосовують Міжнародний харчовий стандарт *GFSI*, зокрема *Global Food Safety Initiative* (далі – *GFSI*) – Глобальна ініціатива харчової безпеки. Цей міжнародний харчовий стандарт вважається міжнародно-визнаним стандартом з безпечності для всіх виробників приватних брендів у харчовій промисловості. Цей стандарт розроблено членами німецької індустрії роздрібної торгівлі й визнано *GFSI* – групою, що складається із 40 членів провідних торговельних мереж. Таким чином, міжнародний харчовий стандарт охоплює 65% світової торгівлі харчовими продуктами. У Західній Європі, за винятком Великобританії, міжнародний харчовий стандарт є найважливішим нормативним документом для постачальників найбільших торгових мереж. Засновниками *GFSI* є, зокрема, *Carrefour*, *Tesco*, *ICA*, *Metro*, *Migros*, *Ahold*, *Wal-Mart*, *Delhaize* та інші [13, с. 85].

Основна мета діяльності *GFSI* – порівняння (бенчмаркінг) стандартів і схем, що стосуються управління безпечністю харчових продуктів і встановлення їх взаємної еквівалентності. Учасники *GFSI* погоджуються взаємно визнавати результати сертифікацій на відповідність тим стандартам, які успішно пройшли бенчмаркінг, з тим щоб усунути або принаймні скоротити дублювання за різними сертифікаційними схемами для постачальників харчових продуктів. Сьогодні в мережу ввійшли 8 схем сертифікації, що застосовуються до виробництва харчових продуктів: *BRC Global Standard* – стандарт британського консорціуму роздрібної торгівлі; *Dutch HACCP* – стандарт, розроблений у Нідерландах; *Global Aquaculture Alliance BAR* – стандарт найкращої аквакультури практики Глобального Альянсу виробників аквакультури; *Global Red Meat Standard* – стандарт виробників червоного м'яса; *International Food Standard* – міжнародний стандарт харчових продуктів; *SQF 2000* – *Safe Quality Food* – система управління якістю харчових продуктів, що використовується для отримання безпечних харчових продуктів (Кодекс якості); *FSSC 22000* – *Food Safety System Certification* – система сертифікації безпечності харчової продукції, кормів, пакування в харчовому ланцюзі; *Synergy 22000* – *ISO 22000+ISO/TS 22002.1:2009* – синергія двох стандартів [8, с. 113; 9, с. 4; 10, с. 2].

Стандарт харчової галузі *BRC* (*British Retail Consortium* – Британського консорціуму роздрібної торгівлі) розроблено в 1998 році спочатку для постачальників фірмової продукції, але потім він став широко використовуватися в низці інших галузей харчової промисловості, включаючи підприємства ресторанного бізнесу й виробників сировини. Надалі стандарт став незамінним для всіх організацій галузі. Застосування стандарту за межами Великобританії зробило його глобальним, і не лише з метою оцінювання постачальників, а й як основу для виробництва харчових продуктів і планування перевірок. Стандарт *BRC* спрямований на забезпечення безпечності продукції, установлює поряд із вимогами до системи НАССР вимоги до системи менеджменту якості й гігієни виробничого середовища [5, с. 66; 7, с. 36].

Стандарт передбачає два рівні сертифікації – основний (базовий) і вищий. Низка міжнародних підприємств вимагає застосування цього стандарту. Він також прийнятий організацією роздрібною *GFSI* як рівноцінний щодо інших стандартів безпечності харчових продуктів. Стандарт *BRC* розробив серію різноманітних стандартів: глобальний стандарт для упаковки харчових продуктів та іншого пакувального матеріалу, глобальний стандарт «Споживчі продукти», глобальний стандарт «Зберігання і транспортування» (2006). Кожен із цих стандартів регулярно переглядається, редакція кожного з них повністю оновлюється кожні 3 роки після детальних консультацій із широким колом зацікавлених осіб [6, с. 34].

Стандарт на упаковку *BRC IoP* Британського консорціуму роздрібною торгівлі й Інституту упаковки (Institute of Packaging – *IoP*) діє для виробників харчових продуктів для власних торгових марок роздрібних торговців. Він призначений для захисту споживачів і виконання вимог британського Закону про безпеку харчових продуктів (*Food safety act*). Мета *BRC IoP* – створити єдиний стандарт, що замінює різноманітні специфічні правила торгівлі харчовими продуктами для підприємств. Стандарт *BRC* підтверджує відповідність харчової продукції законодавчим вимогам продавців і виробників [1, с. 97].

Нині вимоги *BRC* мають міжнародний статус і застосовуються в країнах Північної та Південної Америки, Азії та Європи. Стандарт *BRC* застосовується до всіх етапів ланцюга постачання продуктів харчування. Завдяки тому що вимоги стандарту ґрунтуються на всесвітньо визнаних принципах системи *HACCP*, *BRC* може бути гарантом високої оцінки відповідності не лише законодавству, а й технологіям забезпечення безпечності харчових продуктів. Вимоги стандарту застосовані до підприємств, діяльність яких пов'язана з виробництвом, упаковкою, зберіганням, а також дистрибуцією продуктів харчування, з метою забезпечення безпечності кінцевого продукту. Стандарт *BRC* може бути впроваджено в організації всіх країн, незалежно від того який саме харчовий продукт вони виробляють. Вимоги стандарту *BRC*: план безпеки харчових продуктів відповідно до системи *HACCP*; відповідність системі менеджменту якості; вимоги для виробничих умов (середовище); вимоги до безпечності та якості продукції; управління всіма етапами процесів виробництва й постачання; управління персоналом компанії [3, с. 10].

Упровадження стандарту *BRC* дає змогу надавати за необхідності всі підтвердження харчової безпеки; продукція буде відповідати всім вимогам безпеки та якості; завдяки сертифікації *BRC* забезпечується наявність інструментів для вдосконалення продукту, зміни якості роботи, підвищення безпечності; можливість зменшення кількості відходів у процесі виробництва продукції.

Виробники харчових продуктів досить широко використовують Стандарт *IFS* (*International Food Scheme*) – Міжнародна схема сертифікації в харчовій галузі. Стандарт розроблено ініціативною групою провідних компаній роздрібною торгівлі Німеччини (*Hauptverband des Deutschen Einzelhandels*), з метою створення єдиного базового стандарту проведення аудитів систем управління безпечністю. Глобальною ініціативою у 2003 році офіційно прийнятий до застосування за Безпеку харчової продукції (*GFSI*). У 2003 році представники французьких роздрібних і гуртових підприємств приєдналися до робочої групи з розробки *IFS*. *IFS* вважається авторитетним міжнародним стандартом з безпечності для всіх виробників харчових продуктів. Зокрема, стандарт *IFS* визнаний найбільшими торговельними мережами, які охоплюють більше ніж шістдесят відсотків усієї світової торгівлі. Наприклад, для укладання договору на постачання продукції членам Суспільства німецької роздрібною торгівлі або Федерації підприємств торгівлі й дистрибуції Франції необхідно мати сертифікат *IFS* незалежно від країни походження [2, с. 75].

Стандарт *IFS* також широко використовується в Австрії, Польщі, Швеції, Італії та інших країнах. *IFS* створив єдину основу для взаємного оцінювання продавців, постачальників і виробників товарів продовольчої групи. Сертифікація стандарту передбачає два рівні: базовий – із мінімальним комплексом вимог щодо харчової промисловості, вищий – найвищий стандарт у харчовій промисловості. Стандарт *IFS Food* містить п'ять розділів. Відповідальність вищого керівництва. Вимоги щодо корпоративної політики, структури, зосередженості на замовнику й аналізі з боку керівництва; системи управління якістю. Цей розділ присвячений системі *HACCP*, вимогам щодо документації та ведення записів, управління ресурсами. Вимоги щодо особистої гігієни, санітарного одягу, навчання й побутових умов; виробничий процес. Це найбільший розділ у стандарті, пов'язаний зі специфікаціями продукції, закупівлями, пакуванням, робочим середовищем, контролем шкідників, простежуваністю тощо; вимірювання, аналізування й поліпшення. Містить вимоги щодо внутрішніх аудитів, аналізу продукту, відкликанням продукції, управління коригувальними діями тощо.

В Україні застосують положення законодавства щодо покарання за випуск операторами ринку харчових продуктів небезпечною та неякісною продукції, зокрема Кодексу України «Про адміністративні правопорушення».

У ст. 166²² «Порушення вимог щодо безпечності харчових продуктів» прописано, що невиконання обов'язку щодо впровадження на потужностях постійно діючих процедур (*GVP, GMP, GHP, GLP*), які ґрунтуються на принципах системи аналізу небезпечних чинників і контролю в критичних точках (*HACCP*), тягне за собою накладання штрафу на посадових осіб від 60 до 90 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян. Уведення в обіг неправильно маркованих харчових продуктів тягне за собою накладання штрафу на посадових осіб від 38 до 53 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян. Порушення вимог щодо забезпечення простежуваності – накладання штрафу на посадових осіб від 30 до 40 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян. Обіг

непридатних харчових продуктів – накладання штрафу на посадових осіб від 60 до 90 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян. Порухення параметрів безпечності стосовно об'єктів санітарних заходів – накладання штрафу на посадових осіб від 40 до 55 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян [4, с. 28].

У статті 325 Кримінального кодексу України «Обіг шкідливих для здоров'я харчових продуктів» указано, що обіг шкідливих для здоров'я харчових продуктів, уживання яких заподіяло легке тілесне ушкодження потерпілому, карається штрафом на посадових осіб від 225 до 375 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян, або громадськими роботами строком від 150 до 240 годин, або виправними роботами строком до 1 року. Діяння, передбачені частиною 1 ст. 325, якщо ними потерпілому заподіяно ушкодження середньої тяжкості чи тяжке тілесне, караються виправними роботами строком від 1 року до 2 років або ж обмеженням чи позбавленням волі строком від 2 до 5 років. Діяння, передбачені частиною 1 ст. 325, якщо вони спричинили смерть потерпілого, караються позбавленням волі строком від 5 до 10 років [14, с. 86].

Висновки. Оператори ринку харчових продуктів, які дбають про конкурентоспроможність свого підприємства на ринках збуту продукції та виробництво безпечних харчових продуктів, дотримання санітарно-гігієнічних вимог на виробництві продукції, беззаперечно виконують вимоги міжнародних стандартів.

Подальші дослідження передбачають вивчення нормативних документів щодо показників безпечності харчових продуктів, що вказують на забруднення патогенною мікрофлорою, уміст радіонуклідів і важких металів.

Список використаних джерел

1. Боженко Л.І., Гутта О.Й. Управління якістю, основи стандартизації та сертифікації продукції. Львів : Афіша, 2001. 172 с.
2. Брулевич В.В. Безпечність харчових продуктів за законодавством України та Європейського Союзу. *Судова апеляція*. 2016. № 2. С. 75–83.
3. Вакуленко Н.О. Україна сьогодні і завтра: правові трансформації на шляху до ЄС. *Україна сьогодні і завтра: правові трансформації на шляху до ЄС* : матер. II Наук.-практ. студентсько-аспірантської наук. конф. / Львівський національний університет імені Івана Франка, 12 грудня 2023 р. Львів : Юридичний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка, 2023. С. 10–14.
4. Заїнчковський І.А. Інноваційна діяльність підприємств харчової промисловості. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. Київ : НУХТ, 2004. Додаток до журналу № 15. С. 120.
5. Іванов С.В. Сучасний стан якості та безпечності харчових продуктів. *Якість і безпека харчових продуктів* : збірник тез Міжнар. наук.-техн. конф., 14–15 листопада 2013 р. Київ : Національний університет харчових технологій, 2013. С. 66–68.
6. Кричківська Л.В. Безпека харчових продуктів: антиліментарні фактори, ксенобіотики, харчові добавки : навчальний посібник. Харків : НТУ «ХПІ», 2017. 98 с.
7. Приліпко Т.М. Аналіз методів експертизи якості, ідентифікації та виявлення фальсифікації харчових продуктів і сировини : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2023. 416 с.
8. Приліпко Т.М., Федорів В.М., Косташ В.Б. Розробка сучасних методів оцінки якості і безпеки сировини і харчових продуктів згідно зі стандартами і нормативами ЄС. *Таврійський науковий вісник. Серія «Технічні науки. Харчові технології»*. 2022. № 1. С. 113–124.
9. Регламент (ЄС) № 178/2002 Європейського парламенту та Ради від 28 січня 2002 року про встановлення загальних принципів і вимог законодавства про харчові продукти, створення Європейського Агенства з питань безпечності харчових продуктів і встановлення процедур у питаннях, пов'язаних із безпечністю харчових продуктів (Загальний харчовий закон (GFL)).
10. Регламент Комісії (ЄС) № 2073/2005 від 15 листопада 2005 року про мікробіологічні критерії для харчових продуктів.
11. Тимошенко В.С. Європейські вимоги до виробників молока та молочних продуктів : довідник / за заг. ред. А.В. Абрамова, В.Л. Іванова, Б.М. Куртяка, Р.П. Сімонова, І.В. Ємченко. Львів : ПП НТЦ Леонор СТАНДАРТ, 2007. 220 с.
12. Bogatko N.M., Bukalova N.V., Sakhnyuk V.V., Zhmil V.I. Features of the implementation of the HACCP system at meat, milk and fish processing enterprises of Ukraine: Textbook. Bila Tserkva, 2016. 266 p.
13. Prylipko T.M., Prylipko I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. *Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects*. Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016. 2016. S. 85–89.
14. Prylipko T., Kostash V., Fedoriv V., Lishchuk S., Tkachuk V. Control and Identification of Food Products Under EC Regulations and Standards. *International Journal of Agricultural Extension*. 2021. Special Issue (02). P. 83–91.

Prylipko T. M.

*Doctor Of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Food Technologies of Food Production and Standardization,
Higher educational institution “Podillia State University”*

Kamianets-Podilskyi, Ukraine

E-mail: vtl280726p@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Bogatko N. M.

*Doctor Of Veterinary Sciences, Professor,
Head of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise and Laboratory Diagnostics of the Institute
of Postgraduate Training of Managers and Specialists of Veterinary Medicine,
Bila Tserkva National Agrarian University,
Bila Tserkva, Ukraine
E-mail: nadiyabogatko@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1566-1026*

Bogatko A. F.

*PhD (Veterinary),
Assistant Professor of the Department of Episotology and Infectious Diseases,
Bila Tserkva National Agrarian University
Bila Tserkva, Ukraine
E-mail: bogatko.aliona.ua@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8089-5884*

Rusnak L. V.

*PhD in Law,
Assistant Professor of the Department of Law, Professional and Social and Humanitarian Education,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamianets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: lesunyarusnak@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5165-1079*

Vakulenko N. O.

*The Guard of Higher Education of the Law Faculty,
Ivan Franko National University of Lviv
E-mail: vakulenkonzar@gmail.com
ORCID: 0009-0009-2369-837X*

ANALYSIS OF INTERNATIONAL LEGISLATION ON FOOD SAFETY

Abstract

The results of the analysis of the effectiveness of the use of international legislative acts and private standards by food market operators to ensure the production of safe foodstuffs are presented. In order to regulate food production, their quality, assortment, rules of sale, measures for the prevention of food poisoning, prevention of falsification, etc., state bodies issue laws, regulations, standards and instructions, the totality of which is called food legislation. However, the intensification and globalization of modern food production and interstate trade relations made it necessary to create international food legislation in order to implement stringent food safety requirements. In view of this, the Alimentarius Code has been adopted, private standards for controlling food safety have been applied. It is established that the implementation of BRC standard allows: to provide, if necessary, all food safety confirmation; products will meet all safety and quality requirements; BRC certification provides tools for improving the product, changing quality of work, improving safety; Possibility to reduce the amount of waste in the production process. In Ukraine, the provisions of punishment for the production of dangerous and substandard foods market operators, in particular, the Code of Administrative Offenses (Verkhovna Rada, 1984, changes, Verkhovna Rada), will be applied. In Art.166²² "Breach of food safety requirements" states that failure to fulfill the obligation to introduce permanent procedures (GVP, GMP, GHP, GLP), which are based on the principles of hazardous factors analysis and control points (NAZR) minimum incomes of citizens. The introduction of improperly labeled food – entails a fine on officials from 38 to 53 non – taxable minimum incomes of citizens. Food market operators that care about the competitiveness of their enterprise in the markets of products and the production of safe foodstuffs, compliance with sanitary and hygienic requirements for production of products, undoubtedly comply with the requirements of international standards.

Key words: international standards, food legislation, products, safety, private standards.

References

1. Bozhenko L.I., & Hutta O.I. (2001). Upravlinnia yakistiu, osnovy standartyzatsii ta sertyfikatsii produktiv [Quality Management, Fundamentals of Standardization and Product Certification]. Lviv: «Afisha». 172 p. [in Ukrainian].
2. Brulevych, V.V. (2016). Bezpechnist kharchovykh produktiv za zakonodavstvom Ukrainy ta Yevropeiskoho Soiuzu [Food safety under the legislation of Ukraine and the European Union]. *Sudova apeliatsiia – Court appeal*. Iss. 2. pp. 75–83 [in Ukrainian].
3. Vakulenko, N.O. (2023). Ukraina sohodni i zavtra: pravovi transformatsii na shliakhu do YeS [Ukraine today and tomorrow: Legal transformations on the way to the EU]. *Ukraina sohodni i zavtra: pravovi transformatsii na shliakhu do YeS: Ukraine today and tomorrow: Legal transformations on the way to the EU*. Mater. II nauk.-prakt. studentsko-aspirantskoi nauk. konf. Lvivskyi

natsionalnyi universytet imeni Ivana Franka – Mater. II scientific-practical. Student-Aspirant Sciences. conf., 12 hrudnia 2023 r. Lviv: Yurydychnyi fakultet Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka, pp. 10–14 [in Ukrainian].

4. Zainchkovskiy, I.A. (2004). Innovatsiina diialnist pidpriemstv kharchovoi promyslovosti [Innovative activity of food industry enterprises]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii – Scientific works of the National University of Food Technologies*. Dodatok do zhurnalu, Iss. 15. Kyiv: NUKhT. pp. 120 [in Ukrainian].

5. Ivanov, S.V. (2013). Suchasnyi stan yakosti ta bezpechnosti kharchovykh produktiv [Current state of quality and safety of foodstuffs]. *Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. «Iakist i bezpeka kharchovykh produktiv» – International. scientific-techno. conf. «Quality and safety of food»*: zb. tez 14–15 lystopada 2013 r. Kyiv: Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii, pp. 66–68 [in Ukrainian].

6. Krychkovska, L.V. (2017). Bezpeka kharchovykh produktiv: antyalimentarni faktory, ksenobiotyky, kharchovi dobavky [Food safety: anti-alimentic factors, xenobiotics, food supplements]: navchalnyi posibnyk. Kharkiv: NTU «KhPI», 98 p. [in Ukrainian].

7. Prylipko, T.M. (2023). Analiz metodiv ekspertyzy yakosti, identyfikatsii ta vyjavlennia falsyfikatsii kharchovykh produktiv i syrovyny [Analysis of quality examination methods, identification and detection of falsification of food products and raw materials]: monohrafiia. Vinnytsia: TVORY, 416 p. [in Ukrainian].

8. Prylipko, T.M., Fedoriv, V.M., & Kostash, V.B. (2022). Rozrobka suchasnykh metodiv otsinky yakosti i bezpeky syrovyny i kharchovykh produktiv zghidno zi standartamy i normatyvamy YeS [Development of modern methods of assessing the quality and safety of raw materials and foodstuffs in accordance with EU standards and standards]. *Tavriiskyi naukovi visnyk. Tekhnichni nauky. Kharchovi tekhnolohii – Tavriysk Scientific Bulletin. Technical sciences. Food technologies*. Iss. 1. pp. 113–124 [in Ukrainian].

9. Rehlement (IeS) № 178/2002 Yevropeiskoho parlamentu ta Rady vid 28 sichnia 2002 roku pro vstanovlennia zahalnykh pryntsyviv i vymoh zakonodavstva pro kharchovi produkty, stvorennia Yevropeiskoho Ahenstva z pytan bezpechnosti kharchovykh produktiv i vstanovlennia protsedur u pytanniakh, poviazanykh iz bezpechnistiu kharchovykh produktiv [Regulation (EU) № 178/2002 of the European Parliament and Council of January 28, 2002 on the establishment of general principles and requirements of the legislation on foodstuffs, creation of the European Agency for Food Safety and Establishment of Procedures for Food Safety] (Zahalnyi kharchovyi zakon (GFL) [in Ukrainian].

10. Rehlement Komisii (IeS) № 2073/2005 vid 15 lystopada 2005 roku pro mikrobiolohichnikryterii dlia kharchovykh produktiv [Commission Regulation (EU) No. 2073/2005 of November 15, 2005 on Microbiological Criteria for Food] [in Ukrainian].

11. Tymoshenko, V.S. (2007). Yevropeiski vymohy do vyrobnykiv moloka ta molochnykh produktiv [European requirements for milk producers and dairy products]: dovidnyk; za zah. red. A.V. Abramova, V.L. Ivanova, B.M. Kurtiaka, R.P. Simonova, I.V. Yemchenko. Lviv: PP NTTs LeonormSTANDART, 220 p. [in Ukrainian].

12. Bogatko, N.M., Bukalova, N.V., Sakhnyuk, V.V., & Zhmil, V.I. (2016). Features of the implementation of the HACCP system at meat, milk and fish processing enterprises of Ukraine: Textbook. Bila Tserkva, 266 p. [in English].

13. Prylipko, T.M., & Prylipko, I.V. (2016). Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects. Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016. pp. 85–89 [in English].

14. Prylipko, T., Kostash, V., Fedoriv, V., Lishchuk, S., & Tkachuk, V. (2021). Control and Identification of Food Products Under EC Regulations and Standards. *International Journal of Agricultural Extension. Special Issue (02)* pp. 83–91 [in English].

НОТАТКИ

Науково-практичне видання

Scientific-practical edition

**ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК:
сільське господарство,
техніка, економіка**

**PODILIAN BULLETIN:
agriculture, engineering,
economics**

Міжнародний науковий журнал

International scientific journal

Випуск 2(47) 2025

Issue 2(47) 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