

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

pISSN 2706-9052  
eISSN 2706-851X



# ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК:

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ТЕХНІКА, ЕКОНОМІКА

Заснований у 2005 р.

**Випуск 3 (44)**



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2024

# ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК: СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ТЕХНІКА, ЕКОНОМІКА

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ, ТЕХНІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ І ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

Заснований у 2005 р.

**Випуск 3 (44)**  
<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3>  
Виходить чотири рази на рік

pISSN 2706-9052  
eISSN 2706-851X

**Засновник:** Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

## Головний редактор:

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

## Виконавчий редактор:

**Бялковська О.А.** – д-р. екон. наук, професор, проректор ЗВО «ПДУ» (Україна)

## Випусковий редактор:

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

## Редакційна колегія:

*сільськогосподарські науки:*

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

**Едіта Ющук-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. Гугона 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. Гугона Коллонтай у Кракові (Польща),

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

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

**Славомір Курпаска** – канд. техн. наук, професор, Аграрний університет ім. Гугона 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),

**Семенішена 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),

**Кухтні 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 № 8 від 26.09.2024 р.)*

*Підписано до друку 27.09.2024 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)*

*з сільськогосподарських (201 – Агронімія, 204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва), технічних (133 – Галузеве машинобудування, економічних (051 – Економіка, 071 – Облік і оподаткування, 072 – Фінанси, банківська справа та страхування, 073 – Менеджмент, 075 – Маркетинг) та ветеринарних (211 – Ветеринарна медицина) наук.*

Електронний науковий журнал «Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка» індексується в міжнародних каталогах та наукометричних базах: IndexCopernicus (ICV 2020 – 85,31), 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», 2024

© Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, 2024

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

pISSN 2706-9052  
eISSN 2706-851X



# **PODILIAN BULLETIN:**

## **AGRICULTURE, ENGINEERING, ECONOMICS**

Founded in 2005

**Issue 3 (44)**



“Helvetica”  
Publishing House  
2024

# PODILIAN BULLETIN: AGRICULTURE, ENGINEERING, ECONOMICS

AGRICULTURAL, TECHNICAL, ECONOMIC AND VETERINARY SCIENCES

Founded in 2005

Issue 3 (44)

<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3>  
Periodicity: biannually

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:

**Bialkowska 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:*

**Blashchyk 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)

**Chynchuk 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, Khmelnytsky National University (Ukraine)

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

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

### *Economic sciences:*

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

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

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

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

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

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

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

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

### *Veterinary sciences:*

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

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

**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 № 8 from 26.09.2024)*

*Signed for printing on 27.09.2024.*

*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)) in Agricultural Sciences (201 – Agronomy, 204 – Technology of production and processing of livestock products), Technical Sciences (133 – Branch engineering, 051 – Economics, 071 – Accounting and Taxation, 072 – Finance, Banking and Insurance, 073 – Management, 075 – Marketing), Veterinary Sciences (211 – Veterinary medicine).*

Electronic scientific journal «Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics» is indexed in international directories and scientometric databases: IndexCopernicus (ICV 2020 – 85,31), 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», 2024

© Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics, 2024

## ЗМІСТ

### СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

<b>Karachun V. L., Lebedynskyi I. V.</b> ECONOMIC EFFICIENCY OF GROWING DIFFERENT GROUPS OF TOMATOES IN WINTER GREENHOUSES OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE .....	7
<b>Yatsenko V. M., Datsko O. M., Padalka V. I., Mosha V. L.</b> SAREPTA MUSTARD ( <i>BRASSICA JUNCEA</i> (L.): EFFECTIVENESS OF PHYTOREMEDIATION AT THE FLOWERING STAGE .....	14
<b>Бордун О. М., Халак В. І., Гутий Б. В., Ільченко М. О., Шаферівський Б. С.</b> ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ЯКОСТІ ТА РІВЕНЬ ЇХ ФЕНОТИПОВОЇ КОНСОЛІДАЦІЇ У СВИНОМАТОК РІЗНИХ ТИПІВ АДАПТАЦІЇ .....	20
<b>Вінюков О. О., Бутенко О. М.</b> ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ НОРМИ ВИСІВУ ТА ФОНУ ЖИВЛЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ ТУРАНСЬКОЇ ( <i>TRITICUM TURANICUM</i> JAKUBZ.) В СХІДНІЙ ЧАСТИНІ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ .....	28
<b>Кривохижа Є. М., Матвійшин А. І., Бринь В. Т.</b> ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ .....	33
<b>Ласло О. О., Оленіп Р. В., Диченко О. Ю.</b> ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ВМІСТОМ ГУМУСУ .....	38
<b>Мулярчук О. І., Степанченко В. М., Козіна Т. В.</b> ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ГОРОХУ ОВОЧЕВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД БІОЛОГІЧНОГО ФАКТОРУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ .....	43
<b>Небаба К. С.</b> ПОЛЬОВА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ РОСЛИН ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ .....	48
<b>Цицюра Я. Г.</b> ОЦІНКА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ БІОМАСИ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ З ПОЗИЦІЇ ЇЇ СИДЕРАЛЬНОГО РІЗНОСТРОКОВОГО ВИКОРИСТАННЯ .....	53
<b>Шевченко Н. В.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ СОРТОВОГО СКЛАДУ РИЖІО .....	62
<b>Яценко Н. В., М'ялковський Р. О., Яценко В. В., Фещенко В. В., Чубко О. П.</b> АДАПТИВНА ЗДАТНІСТЬ РАННЬОСТИГЛИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ ВІТЧИЗНЯНОЇ І ЗАРУБІЖНОЇ СЕЛЕКЦІЇ У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ .....	68

### ЕКОНОМІКА

<b>Yang Yang, Lyshenko M. A.</b> DISCUSSION ON THE CURRENT SITUATION OF MARKETING DEVELOPMENT OF REAL ESTATE ENTERPRISES .....	76
<b>Бялковська О. А., Гук Я. В.</b> СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ТА ЕКОНОМІЧНІ ВЗАЄМОВІДНОСИНИ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ .....	82
<b>Лишенко М. О., Лишенко В. В.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НАДАННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПОСЛУГ .....	86

### ТЕХНІЧНІ НАУКИ

<b>Піддубний В. А., Стадник І. Я., Пилипець О. М., Кравченко Х. Ю.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РУХУ СЕРЕДОВИЩА У ТРАНСПОРТУЮЧИХ МЕРЕЖАХ БРОДИЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ .....	92
<b>Соловей В. І., Рудь А. В., Грушецький С. М.</b> ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДОЗАТОРА ДЛЯ ВИСІВУ НАСІННЯ СОЇ .....	100

### ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

<b>Кучерук М. Д., Токарчук Т. С., Трач В. В.</b> ДОКЛІНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРЕПАРАТУ ПОСТБІОТИКУ .....	107
---	-----

# CONTENTS

## AGRICULTURAL SCIENCES

<b>Karachun V. L., Lebedynskiy I. V.</b> ECONOMIC EFFICIENCY OF GROWING DIFFERENT GROUPS OF TOMATOES IN WINTER GREENHOUSES OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE .....	7
<b>Yatsenko V. M., Datsko O. M., Padalka V. I., Mosha V. L.</b> SAREPTA MUSTARD ( <i>BRASSICA JUNCEA</i> (L.): EFFECTIVENESS OF PHYTOREMEDIATION AT THE FLOWERING STAGE .....	14
<b>Bordun O. M., Khalak V. I., Gutyj B. V., Ilchenko M. O., Shaferivskiy B. S.</b> REPRODUCTIVE QUALITIES AND THE LEVEL OF THEIR PHENOTYPE CONSOLIDATION IN SOWS OF DIFFERENT TYPES OF ADAPTATION .....	20
<b>Viniukov O. O., Butenko O. M.</b> STUDY OF THE INFLUENCE OF SOWING RATE AND BACKGROUND ON THE YIELD OF TURANIAN WHEAT ( <i>TRITICUM TURANICUM</i> JAKUBZ.) IN THE EASTERN PART OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE .....	28
<b>Kryvokhyzha Ye. M., Matviishyn A. I., Bryn V. T.</b> THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE YIELD OF THE MAIN AGRICULTURAL CROPS IN UKRAINE .....	33
<b>Laslo O. O., Olepir R. V., Dychenko O. O.</b> EVALUATION OF SOIL PRODUCTIVITY BY HUMUS CONTENT.....	38
<b>Muliarchuk O. I., Stepanchenko V. M., Kozina T. V.</b> CHARACTERISTICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF VEGETABLE PEAS DEPENDING ON BIOLOGICAL FACTORS IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE .....	43
<b>Nebaba K. S.</b> FIELD GERMINATION AND PRESERVATION OF PEA SEEDS AND PLANTS DEPENDING ON TECHNOLOGICAL MEASURES IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE ...	48
<b>Tsytsyura Ya. G.</b> ESTIMATION OF REGULARITIES OF OIL RADISH BIOMASS FORMATION FROM THE POINT OF VIEW OF ITS GREEN MANURE DIFFERENT TERM USE.....	53
<b>Shevchenko N. V.</b> OPTIMIZATION OF THE VARIETAL COMPOSITION OF RYE.....	62
<b>Yatsenko N. V., Myalkovskiy R. O., Yatsenko V. V., Feshchenko V. V., Chubko O. P.</b> ADAPTABILITY OF EARLY-RIPENING POTATO VARIETIES OF DOMESTIC AND FOREIGN SELECTION IN THE FOREST STEPPE OF UKRAINE.....	68

## ECONOMY

<b>Yang Yang, Lyshenko M. A.</b> DISCUSSION ON THE CURRENT SITUATION OF MARKETING DEVELOPMENT OF REAL ESTATE ENTERPRISES.....	76
<b>Bialkovska O. A., Huk Ya. V.</b> SOCIO-ECONOMIC ASPECTS AND ECONOMIC RELATIONSHIPS AS A BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE ENERGY.....	82
<b>Lyshenko M. A., Lyshenko V. V.</b> IMPROVEMENT OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE PROVISION OF SOCIAL SERVICES .....	86

## TECHNICAL SCIENCES

<b>Piddubnyi V. A., Stadnyk I. Ya., Pylypets O. M., Kravchenyuk H. Yu.</b> SIMULATION OF THE DYNAMICS OF ENVIRONMENTAL MOVEMENT IN TRANSPORT NETWORKS OF INDUSTRIES .....	92
<b>Solovei V. I., Rud A. V., Hrushetskyi S. M.</b> THEORETICAL STUDIES OF THE WORKING PROCESS OF THE DISPENSER FOR SOWING SOYBEAN SEEDS.....	100

## VETERINARY SCIENCES

<b>Kucheruk M. D., Tokarchuk T. S., Trach V. V.</b> PRECLINICAL TRIALS OF THE PROPHYLACTIC PRECAUTION POSTBIOTIC.....	107
--	-----

# СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

UDC 635.64.044:631.544.4"324"(292.486:477):338.31

**Karachun V. L.**

*Postgraduate Student,*

*Department of Fruit and Vegetable Growing and Storage of Plant Products,*

*State Biotechnological University*

*Kharkiv, Ukraine*

**E-mail:** karachunvital@gmail.com

**ORCID:** 0009-0006-8525-2080

**Lebedynskiy I. V.**

*Candidate of Agricultural Science,*

*Senior Lecturer at the Department of Fruit and Vegetable Growing and Storage of Plant Products,*

*State Biotechnological University*

*Kharkiv, Ukraine*

**E-mail:** ivanleb1953@gmail.com

**ORCID:** 0000-0002-9245-5437

## ECONOMIC EFFICIENCY OF GROWING DIFFERENT GROUPS OF TOMATOES IN WINTER GREENHOUSES OF THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

### **Abstract**

*The article analyzes the economic efficiency of cultivating indeterminate tomato hybrids from various groups in modern winter greenhouses at Dniprovskiy TC LLC. The experimental research was conducted over a period of three years (2021–2023) and involved the indeterminate tomato hybrids Merlis F<sub>1</sub> (as the control), Torero F<sub>1</sub>, DRC-564 F<sub>1</sub>, Fujimaro F<sub>1</sub>, and Biorange F<sub>1</sub>. The study assessed the economic efficiency of cultivation, conducted phenological observations, tracked the dynamics of yield formation, and evaluated the marketability of the fruits produced by these hybrids. Additionally, the research explored the adaptation of the hybrids to the growing conditions of winter greenhouses in Ukraine's Steppe zone.*

*The findings demonstrated an increase in profitability for growing various tomato groups compared to the red-fruited tomato group. Specifically, there was a 17.7% increase in the DRC-564 F<sub>1</sub> cherry group, an 8.7% increase in the Yellow Beef Biorange F<sub>1</sub> group, and a 4.7% increase in the pink-fruited Fujimaro group. By introducing new hybrids into crop rotations, net profits per square meter could reach UAH 1,280.9/m<sup>2</sup> for DRC-564 hybrids, UAH 802.4/m<sup>2</sup> for Biorange, and UAH 655.4/m<sup>2</sup> for Fujimaro.*

*These results offer valuable insights for greenhouse operations, aiding in the selection of the most economically efficient, high-yield, and well-adapted tomato hybrids for cultivation in winter greenhouses, ultimately boosting overall economic efficiency.*

**Key words:** group, economic efficiency, cost price, winter greenhouses, net profit, technology, productivity, profitability.

**Introduction.** Tomatoes have a long-standing history and are widely cultivated across many countries. Among all vegetable crops, tomatoes stand out due to their significant nutritional value, offering a variety of proteins, sugars, organic acids, vitamins, and minerals that are crucial for human metabolism. They also boost appetite and help maintain overall performance [14]. The extensive distribution of tomatoes is largely due to their excellent taste and high nutritional properties [6].

In 2022, Ukraine produced approximately 2.44 million tons of tomatoes, with 0.23 million tons grown in greenhouse environments. Across the country, tomatoes are cultivated on about 75.8 thousand hectares, with around 3 thousand hectares allocated for greenhouse cultivation [3]. Today, tomatoes are the most widely grown crop in protected soil in Ukraine [12]. Around 400 hectares of industrial greenhouses in Ukraine are dedicated to this crop, producing nearly 1 million tons of tomatoes [7].

Globally, the leading tomato producers include China, Mexico, Italy, Spain, and the United States. According to 2019 FAO data, tomatoes held the top spot in terms of cultivation area among fruit and vegetable crops worldwide, with about 4 million hectares under cultivation, 60% of which are in protected environments. In 2019, China had the largest tomato-growing area, with over 1 million hectares producing 67.76 million tons. India followed with 520 thousand hectares (19 million tons), Turkey with 225 thousand hectares (12.84 million tons), Egypt with 200 thousand hectares (6.75 million tons), and the United States with 200 thousand hectares (10.86 million tons). Additionally, Italy and Iran produced over 5 million tons each. In total, global tomato production reached 158.4 million tons in 2019, with a yearly growth rate of 3% [9; 10].

Tomato trade within EU countries, encompassing both fresh and frozen products, amounts to roughly 2 billion euros. According to international market data, tomatoes dominate the vegetable market, with fresh tomatoes accounting for over 50% of sales and processed tomatoes comprising the rest. In global tomato production, the Netherlands contributes 1%, Spain 4%, Italy and Egypt 6%, Turkey 8%, and the USA and China 15% each [15].

For successful tomato cultivation in extended greenhouse systems, heterosis hybrids must meet certain criteria. These hybrids should be early-maturing, less reliant on high-intensity light and long daylight hours, exhibit vigorous growth and fruiting, and be resistant to diseases. They must also maintain a high fruit set rate under low light conditions, ensure high productivity (at least 30 kg/m<sup>2</sup>), and produce high-quality fruit [2; 7]. Furthermore, these hybrids must be adaptable to varying light conditions and higher humidity levels, which improves plant resistance to fungal diseases and positively influences yield [8].

The application of different technological approaches in tomato cultivation affects production costs, profitability, and overall yield per unit area. The integration of new technological elements in winter greenhouse systems can enhance production efficiency and guarantee the ecological safety of vegetables, which is achievable only in modern greenhouse complexes utilizing small-volume hydroponic methods [11].

**The purpose of the research** is to determine the economic efficiency of growing different groups of tomatoes in winter greenhouses of the Steppe zone of Ukraine.

After conducting an analysis of literary sources, it became known that growing tomatoes in winter greenhouses is a fairly profitable area of agribusiness, under the conditions of compliance with the technology of intensive cultivation, improvement of the elements of cultivation technology, rational selection of the assortment of hybrids and types of tomatoes, favorable market conditions, it is possible to get the maximum income from area of greenhouses.

**An overview of the main material.** The research was conducted at the modern enterprise LLC TC "Dniprovskiy," located in the Dnipropetrovsk region, from 2021 to 2023. The winter greenhouses employed automated processes, including computer-controlled microclimate regulation and drip irrigation throughout the study period. The research focused on various heterozygous tomato hybrids from the Dutch manufacturer Monsanto. The hybrids under investigation included: red-fruited Merlis F<sub>1</sub> (control), pink-fruited Fujimaro F<sub>1</sub>, yellow beef Biorange F<sub>1</sub>, red beef Torero F<sub>1</sub>, and red cherry DRC-564 F<sub>1</sub>.

The experimental design followed a systematic, regular placement scheme with four replications. The accounting plot covered 10 m<sup>2</sup>, while the total plot area was 14 m<sup>2</sup>, with the overall experiment spanning 224 m<sup>2</sup>. Seedlings were grown using a classical 35-day method and transplanted to a permanent growing location at the 9–11 true leaf stage. Plants were placed on "Hrodan Master" mineral wool substrate (100 x 20 x 7.5 cm), with each plant occupying 3.75 liters of substrate. The initial planting density was 2.5 plants per m<sup>2</sup>, which was later increased to 3.1 stems per m<sup>2</sup>, and eventually to 3.7 stems per m<sup>2</sup> (for DRC-564 F<sub>1</sub>). Each accounting plot housed 25 plants.

Once the seedlings were transplanted into the greenhouse, plant care followed standard greenhouse cultivation technology. Microclimate, irrigation, and fertilization were adjusted to meet the biological needs of the tomato plants. Harvesting took place during the fruiting months (March to November), three times a week. Data collection and observations adhered to established methods as outlined in "Experimental Case in Agronomy" and the "Methodology of Experimental Case in Vegetable and Melon Growing." Economic efficiency was evaluated based on the yield value and additional expenses incurred to increase yield, using actual cost data [1; 4; 10]. An integrated pest and disease management system was also implemented to protect the plants.

**Results and discussion.** During the phenological observations conducted between 2021 and 2023, several key findings were made. Tomato hybrid seeds were sown in the second decade of December, which is considered the optimal period for winter greenhouse planting, given the climatic zone of the facility. By the third day, individual seedlings of all hybrids began to emerge, and over 75% of mass seedlings were observed by the fifth day, attributed to the ideal microclimate in the seed germination chamber, where the substrate temperature was 25°C, and the relative humidity was 90%.

The third leaf appeared earliest on the tenth day after sowing in the DRC-564 hybrids, while in the Fujimaro hybrid, it appeared on the eleventh day. For the Torero, Merlis, and Biorange hybrids, the third leaf appeared on the twelfth day. All hybrids were transferred to mineral wool cubes 14 days after sowing. Seedlings were relocated to the seedling greenhouse 10 days after diving, and final planting in the permanent greenhouse occurred on the 35th day post-sowing. Seedlings showed uniform growth, with the first panicle distinctly formed on the Biorange and DRC-564 hybrids. In the Merlis, Fujimaro, and Torero hybrids, the panicle emerged from the stem 39 days after germination, and the first fruits appeared 41–43 days after germination in all hybrids.



To increase plant density to 3.1 plants per m<sup>2</sup>, an additional stem was introduced during the second decade of February over the three-year period. For the DRC-564 hybrid, the density was further increased to 3.7 plants per m<sup>2</sup> in the first decade of April.

Tomato harvesting began earliest with the DRC-564 hybrid, 94 days after germination, in the second decade of March. The Merlis, Fujimaro, Biorange, and Torero hybrids started fruiting in the third decade of March, between 100–105 days after germination. Mass fruiting began at the end of March for the DRC-564 F<sub>1</sub> hybrid, while the other hybrids reached mass fruiting in the first decade of April.

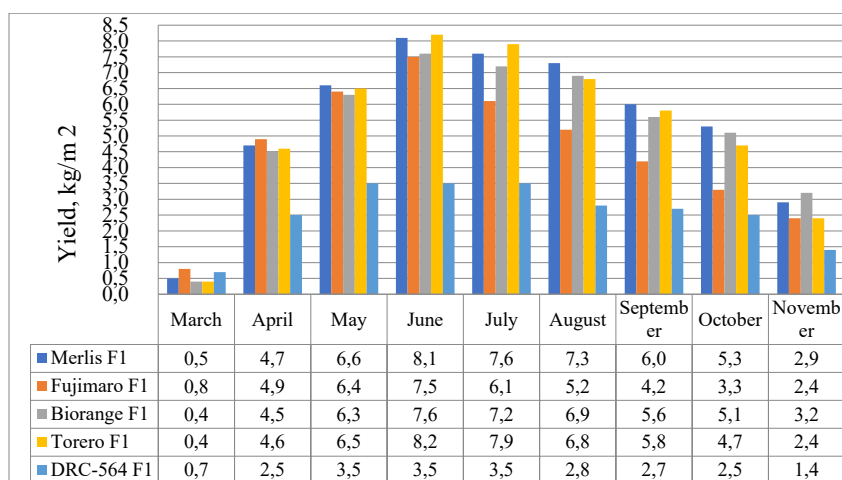
Table 1 shows the biometric data for tomato fruits during the mass fruiting phase (April – May). The average fruit weight for the hybrids was as follows: DRC-564 F<sub>1</sub> – 23.9 g, Merlis F<sub>1</sub> – 158.5 g, Fujimaro F<sub>1</sub> – 196.1 g, Torero F<sub>1</sub> – 207.6 g, and Biorange F<sub>1</sub> – 221.2 g. The average number of fruits per bunch was: Biorange F<sub>1</sub> – 3.7, Fujimaro F<sub>1</sub> and Torero F<sub>1</sub> – 23.9, and Merlis F<sub>1</sub> – 4.9.

**Table 1. Indicators of biometric measurements of tomato fruits in the phase of the beginning of mass fruiting (April–May), 2022–2023**

Hybrid	Weight of the fruit, g	Fruit diameter, cm	The number of fruits in a bunch, pcs.	Fruit height, cm	Index fetus	Chamberiness, %
Merlis	158,5	6,9	4,9	5,7	0,85	3 camera – 0% 4 camera – 25% 5 camera – 75%
Fujimaro	196,1	7,7	3,9	7,1	0,92	5 camera – 0% 6 cameras – 50% 7 cameras – 50%
Biorange	221,2	7,8	3,7	7,4	0,95	5 camera – 0% 6 camera – 75% 7 cameras – 25%
Torero	207,6	7,9	3,9	7,2	0,90	4 camera – 0% 5 camera – 25% 6 cameras – 75%
DRC-564	23,9	6,5	12,0	2,8	1,03	2 camera – 100% 3 camera – 0% 4 cameras – 0%

The removal of tops and growth points across all tomato hybrids was conducted simultaneously on September 15, approximately eight weeks (55 days) before the final fruit collection. The plants of all hybrids reached senescence simultaneously on November 15. Over the years of the study, the total vegetation period was 335 days.

On average, tomato plants bore fruit for a period ranging from 227 to 230 days during the 2021–2023 studies. Figure 1 provides a detailed representation of the yield dynamics across all the months of fruiting, including March, April, May, June, July, August, September, October, and November.



**Fig. 1. Yield dynamics of different groups of tomatoes per month, kg/m<sup>2</sup>**

The total yield on average for 2021–2023 on different tomato groups was as follows: hybrid DRC-564 produced the lowest yield and it was 23.1 kg/m<sup>2</sup>, Fujimaro F<sub>1</sub> produced yield at the level of 40.8 kg/m<sup>2</sup>, in Biorange F<sub>1</sub> the productivity indicator was at the level of 47.0 kg/m<sup>2</sup>, the Torero F<sub>1</sub> hybrid achieved a productivity of 47.3 kg/m<sup>2</sup>. The highest yield in the group of medium-fruitful tomato Merlis F<sub>1</sub> (Table 2).

**Table 2. Total yield of indeterminate tomato hybrids of different groups on average for the research period 2021–2023**

Version	Yield, kg/m <sup>2</sup>			
	2021	2022	2023	average yield
Merlis F1	47,7	48,6	50,6	49,0
Fujimaro F1	41,3	40,9	40,2	40,8
Biorange F1	46,4	47,2	47,5	47,0
Torero F1	48,1	46,8	47,0	47,3
DRC-564 F1	23,1	22,6	23,7	23,1
NIR, 05 kg/m <sup>2</sup>				

The cherry DRC-564 hybrid demonstrated the highest marketability, reaching 97.1%. The yellow beef hybrid Biorange F1 had the lowest marketability at 90.2%. The pink-fruited Fujimaro F1 achieved a marketability of 91.9%, while the red beef Torero F1 and Merlis F1 hybrids showed marketability levels of 92.7% and 94.8%, respectively (Table 3).

From the analysis of marketability for the indeterminate tomato hybrids of various groups over the study period, it can be concluded that these hybrids, when cultivated in winter greenhouses under extended culture, achieve high marketability levels ranging from 90.2% to 97.1%.

**Table 3. Marketability of tomato hybrids of different groups for 2021–2023**

Hybrid	Marketability, %			
	2021	2022	2023	average marketability
Merlis F1	94,7	94,8	94,8	94,8
Fujimaro F1	91,9	91,8	92,1	91,9
Biorange F1	90,9	90,9	88,9	90,2
Torero F1	92,4	93,1	92,7	92,7
DRC-564 F1	96,4	97,6	97,3	97,1
NIR, 05 kg/m <sup>2</sup>				

The assessment of the economic efficiency of cultivating indeterminate tomato hybrids of various groups in winter greenhouses revealed that the total cost of cultivation is relatively high, ranging from UAH 1,740.1/m<sup>2</sup> to UAH 1,904.7/m<sup>2</sup> (Table 4). For the Merlis F<sub>1</sub> control, the total cost was UAH 1,753.9/m<sup>2</sup>. The lowest cost was observed in the Torero F<sub>1</sub> hybrid, amounting to UAH 1,740.1/m<sup>2</sup>, which is UAH 13.8/m<sup>2</sup> lower than the control. On the other hand, the highest cost was recorded for DRC-564 F1 at UAH 1,904.7/m<sup>2</sup>, exceeding the control by UAH 150.8/m<sup>2</sup>. The cost for Biorange F<sub>1</sub> was UAH 1,769.3/m<sup>2</sup>, which is UAH 15.4/m<sup>2</sup> higher than the control. Torero F<sub>1</sub> had a cost of UAH 1,750.3/m<sup>2</sup>, which is UAH 3.6/m<sup>2</sup> below the control (Table 4, Fig. 2). These costs include major expenses such as energy, labor, raw materials, packaging, logistics, marketing, fixed costs, and other associated expenses.

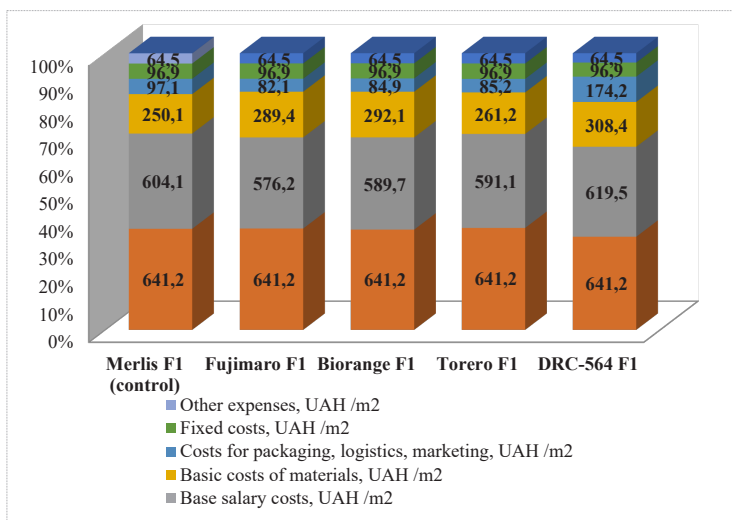
**Table 4. Economic efficiency of tomato cultivation of different groups for 2021–2023**

Indicator	Version				
	Merlis F1 (control)	Fujimaro F1	Biorange F1	Torero F1	DRC-564 F1
Yield, kg/m <sup>2</sup>	49,0	40,8	47,0	47,3	23,1
Marketability, %	94,8	91,9	90,2	92,7	97,1
Yield increase, kg/m <sup>2</sup>	0,0	-8,2	-2,0	-1,7	-25,9
Increase in marketability, %	0,0	-2,9	-4,6	-2,1	2,3
Profitability from UAH /m <sup>2</sup>	2264,0	2405,7	2571,7	2078,9	3185,6
Base costs for energy carriers, UAH /m <sup>2</sup>	641,2	641,2	641,2	641,2	641,2
Base salary costs, UAH /m <sup>2</sup>	604,1	576,2	589,7	591,1	619,5
Basic costs of raw materials, UAH /m <sup>2</sup>	250,1	289,4	292,1	261,2	308,4
Costs for packaging, logistics, marketing, UAH /m <sup>2</sup>	97,1	82,1	84,9	85,2	174,2
Fixed costs, UAH /m <sup>2</sup>	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5
Other expenses, UAH /m <sup>2</sup>	96,9	96,9	96,9	96,9	96,9
Total production costs, UAH /m <sup>2</sup>	1495,4	1588,9	1523,0	1493,5	1569,1
Full cost, UAH /m <sup>2</sup>	1753,9	1750,3	1769,3	1740,1	1904,7
Notional net profit, UAH /m <sup>2</sup>	510,1	655,4	802,4	338,8	1280,9
The level of profitability, %	22,5	27,2	31,2	16,3	40,2
Increase in the level of profitability, %	0,0	4,7	8,7	-6,2	17,7

The basic costs for energy carriers (natural gas, biofuel, electricity) were UAH 641.2/m<sup>2</sup>, accounting for 36.6% of the total cultivation cost. This figure remained constant across all hybrids since the same microclimate was maintained in the winter greenhouse for all tomato groups (Table 4).

As for wage costs, the control hybrid Merlis F<sub>1</sub> had basic wage expenses of UAH 604.1/m<sup>2</sup>. The lowest wage costs were recorded for Fujimaro F<sub>1</sub> at UAH 576.2/m<sup>2</sup>, which is UAH 27.9/m<sup>2</sup> less than the control. The highest wage costs were found in DRC-564 F<sub>1</sub>, reaching UAH 619.5/m<sup>2</sup>, which is UAH 15.4/m<sup>2</sup> more than the control. The Biorange F<sub>1</sub> and Torero F<sub>1</sub> hybrids had wage costs ranging from UAH 589.7 to UAH 591.1/m<sup>2</sup>, which is UAH 13.0–14.4/m<sup>2</sup> lower than the control.

The variation in basic wage costs is primarily attributed to differences in yield between the tomato groups. In particular, hybrids in the cherry tomato group required the highest wage expenses due to the intensive labor demands of their cultivation. Overall, wage costs accounted for 32.1% to 34.1% of the total cost structure (Table 4).



**Fig. 2. The full cost of growing different groups of tomatoes on average in 2021–2023**

The basic costs for materials in tomato cultivation encompass various categories, including mineral fertilizers, seeds, substrates, plant protection products, pollination materials, and agrotechnical materials. For all hybrids, these costs were managed uniformly, with identical planting densities, irrigation schedules, plant nutrition, substrates, microclimate control, and pest management. The variance in basic costs for materials across different hybrids was primarily due to the differing costs of seeds, ranging from UAH 250.1 to UAH 308.4 per m<sup>2</sup>, which represents 14.1% to 16.2% of the total cultivation cost.

Costs associated with packaging, logistics, and marketing were UAH 97.1/m<sup>2</sup> for the control hybrid, Merlis F<sub>1</sub>. The highest costs were observed for DRC-564 F<sub>1</sub> at UAH 174.2/m<sup>2</sup>, which is UAH 77.1/m<sup>2</sup> more than the control, attributed to additional packaging expenses. Conversely, Fujimaro F<sub>1</sub> had the lowest costs in this category at UAH 82.1/m<sup>2</sup>, UAH 15.1/m<sup>2</sup> less than the control. Biorange F<sub>1</sub> and Torero F<sub>1</sub> had packaging, logistics, and marketing costs ranging from UAH 84.9 to UAH 85.2/m<sup>2</sup>, which is 11.2–12.1/m<sup>2</sup> lower than the control. These costs constituted 4.7% to 9.1% of the total cost (Table 5).

Fixed costs, including fuel, lubricants, and repairs, were consistent across all tomato groups, at UAH 64.5/m<sup>2</sup>, accounting for 5.1% to 5.6% of the total cost. Other expenses, such as depreciation, rent taxes, dividends, and social contributions, amounted to 3.4% to 3.7% of the total cost, or UAH 96.9/m<sup>2</sup> (Table 4).

In terms of profitability, the financial returns per m<sup>2</sup> ranged from UAH 2,078.9 to UAH 3,185.6. For Merlis F<sub>1</sub>, the control hybrid, profitability was UAH 2,264.0/m<sup>2</sup>. The highest profitability was achieved by DRC-564 F<sub>1</sub>, with UAH 3,186.5/m<sup>2</sup>, which is UAH 921.6/m<sup>2</sup> or 40.7% higher than the control. Torero F<sub>1</sub> had the lowest profitability at UAH 2,078.9/m<sup>2</sup>, UAH 185.1/m<sup>2</sup> or 8.2% less than the control. Fujimaro F<sub>1</sub> recorded a profitability of UAH 2,405.7/m<sup>2</sup>, UAH 141.7/m<sup>2</sup> or 6.3% more than the control. Biorange F<sub>1</sub> achieved a profitability of UAH 2,571.7/m<sup>2</sup>, which is UAH 307.7/m<sup>2</sup> or 16.6% higher than the control (Table 4).

The net profit per m<sup>2</sup> for the control hybrid, Merlis F<sub>1</sub>, was UAH 510.1. DRC-564 F<sub>1</sub> had the highest net profit at UAH 1,280.9/m<sup>2</sup>, UAH 770.8/m<sup>2</sup> or 151.1% higher than the control. Torero F<sub>1</sub> recorded the lowest net profit at UAH 338.8/m<sup>2</sup>, UAH 171.3/m<sup>2</sup> or 33.6% less than the control. Biorange F<sub>1</sub> netted UAH 802.4/m<sup>2</sup>, which is UAH 292.3/m<sup>2</sup> or 57.3% more than the control. Fujimaro F<sub>1</sub> generated a net profit of UAH 655.4/m<sup>2</sup>, UAH 145.3/m<sup>2</sup> or 28.5% higher than the control (Table 4).

The profitability of growing different tomato groups in winter greenhouses from 2021 to 2023 varied from 16.3% for Torero F<sub>1</sub> to 40.2% for DRC-564 F<sub>1</sub>. Biorange F<sub>1</sub> had a profitability of 31.2%, while Fujimaro F<sub>1</sub> achieved 27.2%. The control hybrid Merlis F<sub>1</sub> had a profitability level of 22.5% (Table 4).

**Conclusions.** The following conclusions can be made in the process of research on promising indeterminate tomato hybrids of various groups, conducted in 2021–2023.

1. The adherence to technological maps in winter greenhouses was confirmed, with no deviations observed in plant growth timelines. The biometric characteristics of the tomato fruits aligned with those specified by the Dutch manufacturer, Monsanto.

2. The total cost of cultivating indeterminate tomato hybrids varied between UAH 1,740.1 and UAH 1,904.7 per square meter. Productivity and marketability of tomatoes significantly impact these costs, particularly through wages and packaging, logistics, and marketing expenses. Additionally, the cost of seeds affects the overall cost price.

Introducing new, promising hybrids into crop rotation can lead to increased profitability compared to the red-fruited Merlis F<sub>1</sub> hybrid. Specifically, the cherry group DRC-564 F<sub>1</sub> showed a 17.7% increase, the yellow beef Biorange F<sub>1</sub> a 8.7% increase, and the pink-fruited Fujimaro F<sub>1</sub> a 4.7% increase.

#### References

- Akhatov, A.K., & Shyshkina, S. N. (2021). The World of Tomatoes through the Eyes of a Phytopathologist. 4th [in English].
- Gnatyuk, A.G. (2005). Promising heterotic tomato hybrids for winter hydroponic greenhouses. *Vegetable and melon growing*, 51, 240–246 [in English].
- Karachun, V., & Lebedynski, L. (2024). Agro-biological potential of indeterminate tomato hybrids of foreign breeding in winter. *Ecology, Biotechnology, Agriculture and Forestry in the 21st century: problems and solutions: monograph*. Tallinn: Teadmus. 155–169 [in English].
- Bolotskykh, O.S., & Dovhal, M.M. (2001). Bioenergetychna otsinka suchasnykh tekhnolohii vyrobnytstva ovochiv [Bioenergetic assessment of modern vegetable production technologies]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo: mizhvid. temat. nauk. zb. UAAN [Vegetable and melon growing: interdisciplinary. subject of science coll. UAAN]*, 45, 185–188 [in Ukrainian].
- Bondarenko, H.L., & Yakovenko, K.I. (ed.) (2022). *Metodyka doslidnoyi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Methods of research in vegetable growing and melon growing]*. Kharkiv: Osnova [in Ukrainian].
- Cherneshenko, V.I., Pashkovskiy, A.I., & Kyrii, P.I. (2017). Suchasni tekhnolohii ovochivnytstva zakrytoho grunt [Modern technologies of indoor vegetable growing]. Zhytomyr: "Ruta" [in Ukrainian].
- Havryst, I.L. (2014). Formuvannia vrozhaiu hibrydiv pomidora za vyroshchuvannia u prodovzhenii kulturi zymovykh teplyts [Yield formation of tomato hybrids during cultivation in extended culture of winter greenhouses]. *Sworld. Ivanovo: MARKOVA AD*, 2, 67–70 [in Ukrainian].
- Ivanenko, P.P. (2002). *Intehrovanyi zakhyst roslyn u zakrytomu hrunt [Integrated plant protection in closed soil]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
- Karachun, V.L. (2023). Efektyvnist vyroshchuvannia pomidora hibrydu Bioranzh na riznykh substratakh v zymovykh teplytsiakh [The efficiency of growing the Biorange hybrid tomato on different substrates in winter greenhouses]. *Innovatsiini rozrobky molodi v suchasnomu ovochivnytstvi: Materialy VI mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (5 zhovtnia 2023 r., sel. Seleksiine Kharkivskoi obl.) [Innovative developments of youth in modern vegetable growing: Materials of the 6th international scientific and practical conference (October 5, 2023, Seleksiine village, Kharkiv region)] / Instytut ovochivnytstva i bashtannytstva NAAN. Vinnytsia: TOV «TVORY»*. 27–33 [in Ukrainian].
- Karachun, V.L. (2024). Hospodarsko-biologichnyi potentsial indeterminantnykh hibrydiv pomidora cheri u zymovykh teplytsiakh [Economic and biological potential of indeterminate cherry tomato hybrids in winter greenhouses]. *Tavriskiyi naukovyi visnyk. Seriya: «Silskohospodarski nauky» [Taurian Scientific Bulletin. Series: "Agricultural Sciences"]*, 135, 89–98. Retrieved from: [https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/135\\_2024/part\\_1/14.pdf](https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/135_2024/part_1/14.pdf) (date of access: 12.05.2024) [in Ukrainian].
- Karachun, V. L. (2024). Vplyv riznykh komertsiiynykh hibrydiv pidshchep na biometrychni pokaznyky roslyn, vrozhainist i yakist plodiv hibrydu pomidora Merlis v zymovykh teplytsiakh [The influence of different commercial hybrids of rootstocks on plant biometric indicators, yield and fruit quality of hybrid tomato Merlis in winter greenhouses]. *Ahrarni innovatsii. Seriya: «Melioratsiia, zemlerobstvo, roslynnytstvo» [Agrarian innovations. Series: "Reclamation, agriculture, crop production"]*, 24, 73–85. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.10> [in Ukrainian].
- Kravchenko, V.A. (2007). Pomidor: seleksiia, nasinnnytstvo, tekhnolohii [Tomato: selection, seed production, technologies]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
- Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalenska, S.M., & Puzik, L.M. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navch. posibnyk: u 2 kn. – Kn. 1. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy [Research case in agronomy: teaching. manual: in 2 books – Kn. 1. Theoretical aspects of the research case]*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian].
- Yarovyi, H.I., & Romanov, O.V. (2017). *Ovochivnytstvo: navch. posib. [Vegetable growing: education manual]*. Kharkiv: KHNAU [in Ukrainian].
- Zhuk, O.Ya., Syvoraksha, O.A., & Fedosii, I.O. (2014). Pomidor: biolohiia ta nasinnnytstvo: monohrafiia [Tomato: biology and seed production: monograph]. Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD» [in Ukrainian].

**Карачун В. Л.**

аспірант кафедри плодоовочівництва і зберігання продукції рослинництва,  
Державний біотехнологічний університет  
Харків, Україна

**E-mail:** karachunvital@gmail.com

**ORCID:** 0009-0006-8525-2080

**Лебединський І. В.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри плодоовочівництва і зберігання продукції рослинництва,  
Державний біотехнологічний університет  
Харків, Україна

**E-mail:** ivanleb1953@gmail.com

**ORCID:** 0000-0002-9245-5437

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ РІЗНИХ ГРУП ПОМІДОРА В ЗИМОВИХ ТЕПЛИЦЯХ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

### Анотація

У статті розглянуто економічну ефективність вирощування індетермінантних гібридів помідора різних груп, вирощених у зимових теплицях в сучасному тепличному комплексі ТОВ ТК «Дніпровський». Експериментальні дослідження проводили протягом трьох років (2021–2023 рр.). Дослідження виконували з індетермінантними гібридами помідора: Мерліс  $F_1$  (контроль), Тореро  $F_1$ , DRC-564  $F_1$ , Фуджимаро  $F_1$ , Біоранж  $F_1$ . Дослідження визначає економічну ефективність вирощування, фенологічні спостереження, динаміку формування врожайності та товарність плодів індетермінантних гібридів. Одночасно представлено пристосування гібридів до умов вирощування в зимових теплицях Степової зони України.

Дослідження показали приріст рентабельності вирощування різних груп помідора порівняно з групою червоно плідного помідора, а саме: в групі чері на DRC-564  $F_1$  приріст 17,7%, група жовтий біф Біоранж  $F_1$  приріст 8,7%, група рожево плідний помідор Фуджимаро  $F_1$  приріст 4,7%. При впровадженні в культурозміну нових гібридів різних груп можна отримати показник чистого прибутку з  $m^2$  на гібридах DRC-564 1280,9 грн./ $m^2$ , Біоранж 802,4 грн./ $m^2$ , Фуджимаро 655,4 грн./ $m^2$ .

Отримані результати надають цінну інформацію для тепличних комбінатів щодо вибору найбільш продуктивних економічно вигідних та пристосованих гібридів помідора для вирощування в зимових теплицях, сприяючи підвищенню економічної ефективності.

**Ключові слова:** група, економічна ефективність, собівартість, зимові теплиці, чистий прибуток, технологія, урожайність, рентабельність.

### Список використаних джерел

1. Akhatov A. K., Shyshkina S. N. The World of Tomatoes through the Eyes of a Phytopathologist. 4th. 2021.
2. Gnatyuk A. G. Promising heterotic tomato hybrids for winter hydroponic greenhouses. *Vegetable and melon growing*. 2005. Vol. 51. pp. 240–246.
3. Karachun V., Lebedynski L.. Agro-biological potential of indeterminate tomato hybrids of foreign breeding in winter. *Ecology, Biotechnology, Agriculture and Forestry in the 21st century: problems and solutions: monograph*. Tallinn: Teadmus OÜ. 2024. 155-169.
4. Болотських О. С., Довгаль М. М. Біоенергетична оцінка сучасних технологій виробництва овочів. *Овочівництво і багаторічність: міжвід. темат. наук. зб. УАН / Інститут овочівництва і багаторічності*. 2001. Вип. 45. 185–188.
5. Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. (ред.) Методика дослідної справи в овочівництві і багаторічності. Харків: Основа. 2022.
6. Чернишенко В. І, Пашковський А. І., Кирій П. І. Сучасні технології овочівництва відкритого ґрунту. Житомир: «Рута», 2017. 338.
7. Гавриш І. Л. Формування врожаю гібридів помідора за вирощування у продовженій культурі зимових теплиць. *Sworld*. Івано-Франківськ: МАРКОВА АД, 2014. Вип. 2. Т. 28. С. 67–70.
8. Іваненко П. П. Інтегрований захист рослин у закритому ґрунті / П.П. Іваненко, О.В. Приліпка, О.М. Цизь. К.: Урожай, 2002. 110.
9. Карачун В. Л. Ефективність вирощування помідора гібриду Біоранж на різних субстратах в зимових теплицях. *Інноваційні розробки молоді в сучасному овочівництві: Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції ( 5 жовтня 2023 р., сел. Селекційне Харківської обл.) / Інститут овочівництва і багаторічності НААН. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2023. С. 27–33.*
10. Карачун В. Л. Господарсько-біологічний потенціал індетермінантних гібридів помідора чері у зимових теплицях. *Таврійський науковий вісник. Серія: «Сільськогосподарські науки»*. Одеса, 2024. Вип. 135. С. 89–98. URL: [https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/135\\_2024/part\\_1/14.pdf](https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/135_2024/part_1/14.pdf) (дата звернення: 12.05.2024).
11. Карачун В. Л. Вплив різних комерційних гібридів підщеп на біометричні показники рослин, врожайність і якість плодів гібриду помідора Мерліс в зимових теплицях. *Аграрні інновації. Серія: «Меліорація, землеробство, рослинництво»*. Одеса, 2024. Вип. 24. С. 73–85. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.10>.
12. Кравченко В. А. Помідор: селекція, насінництво, технології / В. Кравченко, О. Приліпка. К.: Аграрна наука, 2007. 424 с.
13. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М. Дослідна справа в агрономії: навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи; за ред. А. О. Рожкова. Х.: Майдан, 2016. 316.
14. Яровий Г. І., Романов О. В. Овочівництво: навч. посіб. Харків: ХНАУ, 2017. 376 с.
15. Жук О. Я., Сиворакаша О. А., Федосій І. О. Помідор: біологія та насінництво: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 160 с.

UDC 631.421

**Yatsenko V. M.**

*Doctor of Philosophy,  
Assistant at the Department of Agrotechnologies and Soil Science,  
Sumy National Agrarian University  
Sumy, Ukraine  
E-mail: vitaliyatsenko1@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-7686-6634*

**Datsko O. M.**

*Doctor of Philosophy,  
Assistant at the Department of Agrotechnologies and Soil Science,  
Sumy National Agrarian University  
Sumy, Ukraine  
E-mail: datsko.oksana.nikol@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-9610-3087*

**Padalka V. I.**

*Undergraduate Student,  
Sumy National Agrarian University  
Sumy, Ukraine  
E-mail: vladislavpadalka83@gmail.com  
ORCID: 0009-0006-1578-6781*

**Mosha V. L.**

*Undergraduate Student,  
Sumy National Agrarian University  
Sumy, Ukraine  
E-mail: vladmosa4@gmail.com  
ORCID: 0009-0002-5161-7281*

## **SAREPTA MUSTARD (*BRASSICA JUNCEA* (L.): EFFECTIVENESS OF PHYTOREMEDIATION AT THE FLOWERING STAGE**

### **Abstract**

*The scientific paper investigates the effectiveness of phytoremediation of soil by Sarepta mustard (*Brassica Juncea* (L.)) at the flowering stage with an emphasis on heavy metals, in particular Barium, Zirconium and Zinc. Soil contamination with heavy metals in Ukraine has become an extremely urgent problem due to the hostilities taking place in the country. This pollution can have a significant impact on the yield and quality of agricultural crops, as well as pose a threat to the health of the population that consumes such products.*

*Sarepta mustard is used not only for food purposes but can also serve to restore soils contaminated with heavy metals. The study was conducted on a site near a busy road, where the soil potentially contains a higher content of heavy metals. For analysis, samples were taken from a meter layer of soil in increments of 10 cm before sowing and at the time of flowering of Sarepta mustard. Soil analysis at this stage is because in the case of a positive result, that is, a significant absorption of heavy metals, it will be possible to perform phytoremediation several times during the spring-summer season.*

*As a result of the study, it was found that Sarepta mustard can effectively absorb Barium from the soil, especially in layers of 20–30 cm, 40–50 cm, 50–60 cm and 60–70 cm. At the same time, the decrease in the concentration of Barium in the remaining layers was not statistically significant. For Zirconium, its content in the layers of 0–10 cm and 20–30 cm decreased slightly, although these changes were statistically significant, this does not allow to consider Sarepta mustard as an effective accumulator of this element in the flowering phase. Zinc absorption analysis showed that Sarepta mustard absorbs a small amount of this element in the flowering phase.*

*As a result, the study confirms the possibility of using Sarepta mustard for phytoremediation of Barium from the soil to the flowering phase, while for Zirconium and Zinc the absorption efficiency requires further research. Such studies are important for developing methods for monitoring and cleaning soils in regions affected by heavy metal pollution because of hostilities.*

**Key words:** *mustard, phytoremediation, heavy metals, soil, XRF, soil restoration.*

**Introduction.** An essential component in producing agricultural commodities is soil [5]. One of the important aspects of soil management is the care of ecological and biological purity, and the presence of a minimum number of harmful substances that can be contained in it and get into agricultural products. Due to the active hostilities taking

place in the north, east and south of Ukraine, soil pollution with heavy metals is currently an extremely urgent issue. Wars typically result in pollution from burning fuels and oils, combustion products, heavy metals from exploded weapons, and other substances [14]. In the post-war period, this can not only affect the yield and quality of crops, but also pose a threat to the health of the population consuming products grown in the contaminated area. Therefore, it is extremely important to implement measures for monitoring and cleaning of soils in the regions affected by hostilities.

In particular circumstances, mustard is a multipurpose crop in agriculture. It is grown not only for food purposes, but also used as a siderate culture for enriching the soil environment with organic substances, it is a good predecessor for grain crops, such as winter wheat, and it also has another special value – restoration of soils contaminated with heavy metals. This was confirmed by numerous studies of scientists from around the world. For instance, Du et al. (2020) established that Sarepta mustard is an extremely good accumulator of Cadmium and Zinc [6], Gurajala et al. (2019) confirmed the ability to effectively absorb Lead [8]. Moreover, certain genotypes of mustard are capable of absorbing Mercury [1].

Still in Ukraine, there are no effective mechanisms for assessing soil contamination with heavy metals and methods for their remediation. Studies in areas that have experienced direct military influence are not yet possible. Therefore, in this experiment, soil contaminated with heavy metals is modeled. In order to do this, a field segment that is close to a busy road and may have higher levels of heavy metals was selected. As the depth of their soil penetration is unknown, the study examined a meter layer of soil with a pitch of every 10 cm.

**Research aim.** The purpose of this work was to study the influence of Sarepta mustard on the extraction of heavy metals from every ten-centimeter layer of soil in the flowering phase and compare the results obtained with those that were obtained before sowing the culture.

**The presentation of the main material of the research.** Soil samples were taken on the field of the Training and Research and Production Plant of Sumy National Agrarian University. The test points are shown in Fig. 1. These sites were chosen to compare the content of heavy metals at points located near the road and at a distance of 500 m from it. The Sarepta mustard of the variety of Prima was grown according to the technology generally accepted for the Forest-Steppe zone. It is also worth to mention that the Prima variety is adapted to the growing conditions and is recommended for the Forest-Steppe zone of Ukraine.



**Fig. 1. Soil sampling points, where sampling control points are indicated in red and sampling points before mustard sowing are indicated in yellow**

The soil of the studied area is Chernozem. Soil fertility indicators are as follows: organic carbon content 1,65%,  $pH_{(H_2O)}$  – 6,3, amount of easily hydrolyzed nitrogen 19,8 mg/kg of soil, amount of mobile phosphorus 122,0 mg/kg of soil, the amount of exchangeable potassium – 133,1 mg/kg of soil.

The content of heavy metals was determined layer by layer to a depth of 1 m with a step of 10 cm during the flowering phase of mustard. After sampling, the soil was dried, ground according to generally accepted methods and analyzed using the X-ray fluorescence method with the device Thermo Scientific Niton XL2. Although the device used for analysis can detect 27 chemical elements in total, the article only mentions 3. These are Zinc, Barium, and Zirconium. This is because specific variations in the amount of these components were noted throughout the screening process of soil samples.

Statistical analysis of the obtained data was carried out in MS Excel and Statistica 10.0, ANOVA and Duncan's test was applied to establish a significant difference between the data.

Comparing the data on heavy metals of the control area and the place of soil extraction located near the road, a slightly higher number of heavy metals is clearly visible, especially in the layer of 0–30 cm.

According to the Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine, the maximum permissible concentration (MPC) of Barium in gross form should not exceed the norm of 200 mg/kg. However, Madejón (2013) states that on average its amount in the earth's crust ranges from 425–668 mg/kg of soil. This heavy metal is not used by plants in vital processes [9]. However, according to the data obtained, Sarepta mustard actively absorbed it during its vegetation in different soil

layers (Table 1). Thus, in the soil layers of 0–10 and 10–20, 30–40 and 80–90 cm, the amount of Barium decreased, but did not have a statistically significant difference. However, in layers 20–30, 40–50 to 50–60, 60–70 cm there is a statistically significant difference in data compared to those values obtained before sowing the culture. At the same time, in layers 70–80 and 90–100 cm, the Barium content increased, but did not have a statistically significant difference.

It's worth mentioning that similar studies have already been conducted. For instance, Coscione & Berton (2009) investigated the absorption of Barium by Sarepta mustard and two other crops in a pot-experiment but could not come to a conclusion about the effectiveness of using mustard as an accumulator plant of this element [4]. However, in Bouslimi et al. (2021) it was confirmed that Sarepta mustard still has a high potential for absorption of Barium [2].

**Table 1. Barium content in soil layers before and during vegetation of Sarepta mustard, mg/kg of soil**

	0–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100
Control	275±45	215±84	331±105	282±73	201±69	244±117	147±61	135±20	110±122	164±25
Before vegetation	279±139a	250±83a	263±103a	167±72a	230±53a	176±122a	235±128a	217±169a	207±87a	191±152a
Flowering period	183±72a	219±72a	90±45b	56±62a	45±71b	<LOD*b	87±96b	282±83a	133±150a	315±88a
p < 0,05 Duncan's criterion – 107,7										

\*Note: according to the device manufacturer Thermo Scientific Niton XL2 < LOD for element Barium is 90 mg/kg of soil. In the table, the index "a" means that within each layer of the soil the content of the element does not have a significant difference compared to the data before vegetation, the index "b" means a significantly lower value.

Unlike Barium, the gross MPC for Zirconium is not regulated by the Decree. However, according to Shahid et al. (2013) its amount can vary between 32–850 mg/kg of soil and does not play an important role in plant life, however, it can still cause phytotoxicity [11].

As a result of this study, it was found that the amount of Zirconium decreased slightly in the layers of 0–10 and 20–30 cm (Table 2). However, even though these changes are statistically significant, it is difficult to say about the possibility of using Sarepta mustard as a Zirconium accumulator plant at the flowering phase. It is also worth mentioning that in the literary sources there was no information about plants that can effectively absorb this metal.

**Table 2. Zirconium content in soil layers before and during vegetation of Sarepta mustard, mg/kg of soil**

	0–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100
Control	547±40	547±26	548±42	564±9	501±38	539±4	510±46	521±28	520±31	475±23
Before vegetation	565±32a	545±13a	559±21a	540±26a	559±54a	528±10a	531±24a	499±30a	507±24a	513±47a
Flowering period	519±23b	560±12a	525±12b	529±8a	539±12a	511±33a	501±8a	560±8c	538±15a	562±6c
p < 0,05 Duncan's criterion – 28,02										

\*Note: In the table, the index "a" means that within each thickness of the soil, the content of the element does not have a significant difference compared to the data before vegetation, the index "b" means a significantly lower value, the index "c" means a significantly higher value.

Zinc is an element that is indispensable during the synthesis of proteins in plants [3]. Its amount in different soils can range from 10 to 300 mg/kg, although on average it ranges from 50–55 mg/kg [10]. It should be noted that its gross content is also not regulated by the Decree of the Cabinet of Ministers. Within the framework of this study, it was found that at the time of flowering, Sarepta mustard absorbs a small amount of zinc in the soil layers of at least 0–50 cm, however, the indicators obtained are not significantly lower (Table 3). At the same time, Ebbs & Kochian (1998) and Sridhar et al. (2005) found that Sarepta mustard absorbs Zinc quite well [7; 13]. Soleimannejad et al. (2020) emphasize that white mustard also has similar properties to zinc accumulation [12].

**Table 3. Zinc content in soil layers before and during vegetation of Sarepta mustard, mg/kg of soil**

	0–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90	90–100
Control	35±6	36±4	34±5	33±3	34±5	32±4	26±2	30±7	28±2	31±2
Before vegetation	40±5a	40±6a	41±5a	37±5a	34±5a	34±5a	32±8a	31±4a	32±4a	29±7a
Flowering period	35±9a	38±3a	35±0,6a	31±5a	32±2a	30±5a	31±3a	34±7a	31±2a	29±3a
p < 0,05 Duncan's criterion – 5,77										

\*Note: In the table, the index "a" means that within each layer of the soil, the content of the element does not have a significant difference compared to the data before vegetation.



**Conclusions.** During the study, it was found that Sarepta mustard in the flowering phase can effectively absorb barium from the soil, especially in layers of 20–30, 40–50, 50–60, 60–70 cm, which confirms its effectiveness in removing this element, while the decrease in the concentration of barium in other layers was not statistically significant. As for Zirconium, its content in the 0–10 and 20–30 cm layers decreased slightly, but the changes were insignificant, which does not allow to consider Sarepta mustard as an effective battery of this element in the flowering phase. Analysis of zinc absorption showed that Sarepta mustard absorbs a small amount of this element, confirming its potential for Zinc accumulation. Further studies on the accumulation of heavy metals by Sarepta mustard in the phase of complete ripeness are necessary for a more complete understanding of the picture.

#### References

1. Ansari, Mohd. K. A., Ahmad, A., Umar, S., Iqbal, M., Zia, M. H., Husen, A., & Owens, G. (2021). Suitability of Indian mustard genotypes for phytoremediation of mercury-contaminated sites. *South African Journal of Botany*, 142, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.011> [in English].
2. Bouslimi, H., Ferreira, R., Dridi, N., Brito, P., Martins-Dias, S., Cacador, I., & Sleimi, N. (2021). Effects of Barium Stress in Brassica juncea and Cakile maritima: The Indicator Role of Some Antioxidant Enzymes and Secondary Metabolites. *Phyton*, 90(1), 145–158. <https://doi.org/10.32604/phyton.2020.011752> [in English].
3. Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2007). Zinc in plants. *New Phytologist*, 173(4), 677–702. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x> [in English].
4. Coscione, A. R., & Berton, R. S. (2009). Barium extraction potential by mustard, sunflower and castor bean. *Scientia Agricola*, 66(1), 59–63. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100008> [in English].
5. Datsko, O., Kovalenko, V., Yatsenko, V., Sakhoshko, M., Hotvianska, A., Solohub, I., Horshchar, V., Dubovyk, I., Kriuchko, L., Tkachenko, R. (2024). Increasing soil fertility as a factor in the sustainability of agriculture and resilience to climate change. *Modern Phytomorphology*, 18, 110–113 [in English].
6. Du, J., Guo, Z., Li, R., Ali, A., Guo, D., Lahori, A. H., Wang, P., Liu, X., Wang, X., & Zhang, Z. (2020). Screening of Chinese mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars for the phytoremediation of Cd and Zn based on the plant physiological mechanisms. *Environmental Pollution*, 261, 114213. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114213> [in English].
7. Ebbs, S. D., & Kochian, L. V. (1998). Phytoextraction of Zinc by Oat (*Avena sativa*), Barley (*Hordeum vulgare*), and Indian Mustard (*Brassica juncea*). *Environmental Science & Technology*, 32(6), 802–806. <https://doi.org/10.1021/es970698p> [in English].
8. Gurajala, H. K., Cao, X., Tang, L., Ramesh, T. M., Lu, M., & Yang, X. (2019). Comparative assessment of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) genotypes for phytoremediation of Cd and Pb contaminated soils. *Environmental Pollution*, 254, 113085. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113085> [in English].
9. Madejón, P. (2013). Barium. B. B. J. Alloway (Eds.), *Heavy Metals in Soils*. Springer Netherlands, 22, 507–514. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7_19) [in English].
10. Noulas, C., Tziouvalekas, M., & Karyotis, T. (2018). Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 49, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.009> [in English].
11. Shahid, M., Ferrand, E., Schreck, E., & Dumat, C. (2013). Behavior and Impact of Zirconium in the Soil–Plant System: Plant Uptake and Phytotoxicity. B. D. M. Whitacre (Eds.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer New York, 221, 107–127. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4448-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4448-0_2) [in English].
12. Soleimannejad, Z., Sadeghipour, H. R., Abdolzadeh, A., & Golalipour, M. (2020). Physiological responses of white mustard grown in Zn-contaminated soils. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42(8), 131. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03119-8> [in English].
13. Sridhar, B. B. M., Diehl, S. V., Han, F. X., Monts, D. L., & Su, Y. (2005). Anatomical changes due to uptake and accumulation of Zn and Cd in Indian mustard (*Brassica juncea*). *Environmental and Experimental Botany*, 54(2), 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.06.011> [in English].
14. Stadler, T., Temesi, Á., & Lakner, Z. (2022). Soil Chemical Pollution and Military Actions: A Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 14(12), 7138. <https://doi.org/10.3390/su14127138> [in English].
15. Resolution of the Cabinet of Ministers "On Approval of Standards for Maximum Permissible Concentrations of Hazardous Substances in Soils, as well as a List of Such Substances" No. 1325. [Postanova Kabinetu Ministriv «Pro zatverdzhennia normatyviv hranychno dopustymykh kontsentratsii nebezpechnykh rehovyn u gruntakh, a takozh pereliku takykh rehovyn» № 1325] (2021). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text> [in Ukrainian].

**Яценко В. М.**

доктор філософії,  
асистент кафедри агротехнологій та ґрунтознавства,  
Сумський національний аграрний університет  
Суми, Україна  
**E-mail:** vitaliyatsenko1@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0001-7686-6634

**Дацько О. М.**

доктор філософії,  
асистент кафедри агротехнологій та ґрунтознавства,  
Сумський національний аграрний університет  
Суми, Україна  
**E-mail:** datsko.oksana.nikol@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0001-9610-3087

**Падалка В. І.**

здобувач освіти ОС «Бакалавр»  
Сумський національний аграрний університет  
Суми, Україна  
**E-mail:** vladislavpadalka83@gmail.com  
**ORCID:** 0009-0006-1578-6781

**Моша В. Л.**

здобувач освіти ОС «Бакалавр»  
Сумський національний аграрний університет  
Суми, Україна  
**E-mail:** vladmosa4@gmail.com  
**ORCID:** 0009-0002-5161-7281

## ГІРЧИЦЯ САРЕПТСЬКА (*BRASSICA JUNCEA* (L.): ЕФЕКТИВНІСТЬ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ НА ЕТАПІ ЦВІТІННЯ

### Анотація

У статті досліджується ефективність фіторемедіації ґрунту гірчицею сарептською *Brassica Juncea* (L.) на етапі цвітіння з акцентом на важкі метали, зокрема Барій, Цирконій та Цинк. Забруднення ґрунту важкими металами в Україні стало надзвичайно актуальною проблемою через бойові дії, що відбуваються на території країни. Це забруднення може мати значний вплив на врожайність та якість сільськогосподарської продукції, а також становити загрозу для здоров'я населення, яке споживає таку продукцію.

Гірчиця сарептська використовується не лише для продовольчих цілей, але також може слугувати для відновлення ґрунтів, забруднених важкими металами. Дослідження проводилося на ділянці поблизу жвавої дороги, де ґрунт потенційно містить вищий вміст важких металів. Для аналізу було взято зразки із метрового шару ґрунту з кроком у 10 см до сівби гірчиці сарептської та на час її цвітіння. Аналіз ґрунту саме на цьому етапі обумовлений тим, що у випадку позитивного результату, тобто значного поглинання важких металів, можна буде виконувати фіторемедіацію кілька разів протягом весняно-літнього сезону.

В результаті дослідження встановлено, що гірчиця сарептська здатна ефективно поглинати Барій з ґрунту, особливо в шарах 20–30 см, 40–50 см, 50–60 см та 60–70 см. Водночас зниження концентрації Барію в інших шарах не було статистично істотним. Щодо Цирконію, його вміст у шарах 0–10 см та 20–30 см децю зменшився, хоча ці зміни були статистично істотними, це не дозволяє розглядати гірчицю сарептську як ефективного акумулятора цього елемента у фазу цвітіння. Аналіз на поглинання Цинку показав, що гірчиця сарептська поглинає незначну кількість цього елемента у фазу цвітіння.

У підсумку, результати дослідження підтверджують можливість використання гірчиці сарептської для фіторемедіації Барію з ґрунту до фази цвітіння, тоді як для Цирконію та Цинку ефективність поглинання потребує подальших досліджень. Такі дослідження є важливими для розробки методів моніторингу та очищення ґрунтів у регіонах, що постраждали від забруднення важкими металами внаслідок воєнних дій.

**Ключові слова:** гірчиця, фіторемедіація, важкі метали, ґрунт, XRF, відновлення ґрунту.

### Список використаних джерел

1. Ansari Mohd. K. A., Ahmad A., Umar S., Iqbal M., Zia M. H., Husen A., Owens G. Suitability of Indian mustard genotypes for phytoremediation of mercury-contaminated sites. *South African Journal of Botany*. 2021. Vol. 142. P. 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.011>.

2. Bouslimi H., Ferreira R., Dridi N., Brito P., Martins-Dias S., Cacador I., Sleimi N. Effects of Barium Stress in *Brassica juncea* and *Cakile maritima*: The Indicator Role of Some Antioxidant Enzymes and Secondary Metabolites. *Phyton*. 2021. Vol. 90. № 1. P. 145–158. <https://doi.org/10.32604/phyton.2020.011752>.
3. Broadley M. R., White P. J., Hammond J. P., Zelko I., Lux A. Zinc in plants. *New Phytologist*. 2007. Vol. 173. № 4. P. 677–702. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x>.
4. Coscione A. R., Berton R. S. Barium extraction potential by mustard, sunflower and castor bean. *Scientia Agricola*. 2009. Vol. 66. №1. P. 59–63. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100008>.
5. Datsko O., Kovalenko V., Yatsenko V., Sakhoshko M., Hotvianska A., Solohub I., Horshchar V., Dubovyk I., Kriuchko L., Tkachenko R. Increasing soil fertility as a factor in the sustainability of agriculture and resilience to climate change. *Modern Phytomorphology*. 2024. Vol. 18. P. 110–113.
6. Du, J. Guo, Z. Li R., Ali A., Guo D., Lahori A. H., Wang P., Liu X., Wang X., Zhang Z. Screening of Chinese mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars for the phytoremediation of Cd and Zn based on the plant physiological mechanisms. *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 261. P. 114213. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114213>.
7. Ebbs S. D., Kochian L. V. Phytoextraction of Zinc by Oat (*Avena sativa*), Barley (*Hordeum vulgare*), and Indian Mustard (*Brassica juncea*). *Environmental Science & Technology*. 1998. Vol. 32. №6. P. 802–806. <https://doi.org/10.1021/es970698p>.
8. Gurajala H. K., Cao X., Tang L., Ramesh T. M., Lu M., Yang X. Comparative assessment of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) genotypes for phytoremediation of Cd and Pb contaminated soils. *Environmental Pollution*. 2019. Vol. 254. P. 113085. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113085>.
9. Madejón P. Barium. B B. J. Alloway (Eds.), Heavy Metals in Soils. *Springer Netherlands*. 2013. Vol. 22. P. 507–517. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7_19).
10. Noulas C., Tziouvalekas M., Karyotis T. Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2018. Vol. 49. P. 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.009>.
11. Shahid M., Ferrand E., Schreck E., Dumat C. Behavior and Impact of Zirconium in the Soil–Plant System: Plant Uptake and Phytotoxicity. B D. M. Whitacre (Eds.). *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer New York. 2013. Vol. 221. P. 107–127. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4448-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4448-0_2).
12. Soleimannejad Z., Sadeghipour H. R., Abdolzadeh, A., Golalipour M. Physiological responses of white mustard grown in Zn-contaminated soils. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2020. Vol. 42. № 8. P. 131. <https://doi.org/10.1007/s11738-020-03119-8>.
13. Sridhar B. B. M., Diehl S. V., Han F. X., Monts D. L., Su Y. Anatomical changes due to uptake and accumulation of Zn and Cd in Indian mustard (*Brassica juncea*). *Environmental and Experimental Botany*. 2005. Vol. 54. № 2. P. 131–141. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.06.011>.
14. Stadler T., Temesi Á., Lakner Z. Soil Chemical Pollution and Military Actions: A Bibliometric Analysis. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. № 12. P. 7138. <https://doi.org/10.3390/su14127138>.
15. Постанова Кабінету Міністрів «Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також переліку таких речовин» № 1325 від 15 грудня 2021 р. / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>.

УДК 636.4.082.43

**Бордун О. М.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
завідувач лабораторії тваринництва і кормовиробництва,  
Інститут сільського господарства Північного Сходу  
Національної академії аграрних наук України  
с. Сад, Сумська обл., Україна  
**E-mail:** alexandrbordun777@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0001-6144-771X

**Халак В. І.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
завідувач лабораторії тваринництва,  
Державна установа «Інститут зернових культур  
Національної академії аграрних наук України»  
Дніпро, Україна  
**E-mail:** v16kh91@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0002-4384-6394

**Гутий Б. В.**

доктор ветеринарних наук, професор,  
завідувач кафедри гігієни, санітарії та загальної ветеринарної профілактики імені М. В. Демчука,  
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького  
Львів, Україна  
**E-mail:** bvh@ukr.net  
**ORCID:** 0000-0002-5971-8776

**Льченко М. О.**

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

**Шаферівський Б. С.**

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

## ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ЯКОСТІ ТА РІВЕНЬ ЇХ ФЕНОТИПОВОЇ КОНСОЛІДАЦІЇ У СВИНОМАТОК РІЗНИХ ТИПІВ АДАПТАЦІЇ

### Анотація

У статті наведено результати досліджень показників тривалості життя, тривалості племінного використання, відтворювальних якостей та їх фенотипової консолідації у свиноматок різних типів адаптації. Дослідження проведено в умовах племінного репродуктора з розведення свиней великої білої породи Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН», а також лабораторії тваринництва та кормовиробництва зазначеної наукової установи.

Установлено, що тривалість життя свиноматок великої білої породи французької селекції становить  $37,4 \pm 1,27$  міс., тривалість племінного використання –  $28,2 \pm 1,18$  міс., індекс «рівень адаптації» дорівнює  $9,10 \pm 0,256$  бала. За багатоплідністю ( $11,6 \pm 0,11$  гол.) та масою гнізда на час відлучення у віці 60 діб ( $186,3 \pm 2,19$  кг) свиноматки підконтрольної популяції

відповідають класу еліта. Достовірну різницю між свиноматками мінус-адаптивного типу (I піддослідна група) та плюс-адаптивного типу (II піддослідна група) встановлено за тривалістю життя (12,9 міс.;  $td=5,09$ ), тривалістю племінного використання (13,7 міс.;  $td=7,56$ ), кількістю одержаних опоросів (3,0 опороси;  $td=13,15$ ), кількістю одержаних поросят усього (38,4 гол.;  $td=12,0$ ), кількістю одержаних живих поросят усього (37,6 гол.;  $td=12,78$ ), багатоплідністю (0,6 гол.;  $td=3,00$ ), масою гнізда на час відлучення у віці 30 діб (4,4 кг;  $td=2,43$ ), масою гнізда на час відлучення у віці 60 діб (13,0 кг;  $td=2,70$ ), збереженістю поросят до відлучення у віці 30 діб (3,25%;  $td=3,06$ ) та селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) (4,65 бала;  $td=3,22$ ). За індексом «рівень адаптації» різниця між свиноматками піддослідних груп становить 3,29 бала ( $td=7,0$ ). Максимальний показник збереженості поросят на час відлучення у віці 30 діб виявлено у тварин плюс-адаптивного типу. Він дорівнює  $89,4 \pm 0,93\%$ , що на 3,25% більше порівняно з тваринами мінус-адаптивного типу ( $td=3,06$ ;  $P < 0,01$ ). Дослідження показали, що коефіцієнти фенотипової консолідації основних кількісних ознак у свиноматок I і II піддослідних груп коливаються у наступних межах:  $K_1$  – від  $-0,400$  до  $+0,594$ ,  $K_2$  – від  $-0,443$  до  $+0,473$ .

**Ключові слова:** свиноматка, порода, тривалість життя, тривалість племінного використання, відтворювальні якості, індекс, коефіцієнт фенотипової консолідації, мінливість, кореляція.

**Вступ.** Установлено, що важливими біологічними ознаками у свиней є показники, що характеризують рівень їх адаптації до умов утримання і годівлі, а також відтворювальні якості [19; 20; 22; 24–27].

Так, результати дослідження Халака В. І. та ін. [17] показали, що достовірну різницю між свиноматками різного рівня адаптації встановлено за віком I плідного осіменіння (17,0 діб;  $td=2,70$ ), тривалістю життя (17,0 міс.;  $td=9,04$ ), кількістю одержаних опоросів (3,3 опоросів;  $td=13,20$ ), кількістю одержаних живих поросят (46,2 гол.;  $td=10,52$ ), багатоплідністю (1,2 гол.;  $td=4,00$ ), масою гнізда на час відлучення у віці 28 діб (3,5 кг;  $td=3,21$ ). Автори зазначають, що максимальну прибавку додаткової продукції одержано від свиноматок I піддослідної групи внутрішньопородної диференціації за індексом «рівень адаптації» (+3,31%) та за індексом життєздатності (+11,24%), а її вартість становить  $+155,80$  і  $+529,08$  грн. / гол. / опорос.

Дослідження Кислинської А. І. показали, що під впливом адаптації змінюється ефективність використання свиноматок: кількість прохолостів у тварин III покоління зменшилась на 20,7% ( $P > 0,999$ ), кількість аварійних опоросів зменшилась майже вдвічі. Установлено, що найбільше значення індексу племінної цінності мали свиноматки III покоління (419,45 од.), що на 113,41 од. ( $P > 0,95$ ) вище, ніж у тварин-акліматизантів. Індекс адаптації та індекс адаптації річний у тварин III покоління підвищуються у порівнянні з акліматизантами на 18,02 та 13,6 од. відповідно ( $P > 0,999$ ) [9, 10].

Про актуальність вибраного напрямку досліджень свідчать також наукові праці інших вчених [1–4; 12; 13; 18; 23].

**Мета роботи** – дослідити показники відтворювальних якостей та рівень їх фенотипової консолідації у свиноматок великої білої породи французької селекції різних типів адаптації.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження проведено в умовах племінного репродуктора з розведення свиней великої білої породи Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН», а також лабораторії тваринництва та кормовиробництва зазначеної наукової установи. Роботу виконано згідно програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук України № 30 «Система організаційно-технологічних рішень з адаптації тварин до зміни клімату за виробництва продукції тваринництва» («Кліматично-адаптивне та органічне тваринництво»)

Оцінку свиноматок великої білої породи французької селекції за показниками відтворювальних якостей проводили з урахуванням наступних кількісних ознак: одержано опоросів усього; народилося поросят усього, гол.; народилося живих поросят усього, гол.; багатоплідність, гол.; маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб, кг; маса гнізда на час відлучення у віці 60 діб, кг; збереженість поросят до відлучення у віці 30 діб, %.

Масу гнізда на час відлучення у віці 60 діб визначали розрахунковим методом. Для цього використовували поправні коефіцієнти коригування маси гнізда поросят на час відлучення на 60-добовий вік (додаток 10 до пункту 4.4.7 Інструкції з бонітування свиней [8] у модифікації Халака В. І. [16] (табл. 1).

**Таблиця 1. Поправні коефіцієнти коригування маси гнізда поросят при відлученні на 60-добовий вік**

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

Індекс «рівень адаптації» (РА) у свиноматок загальної вибірки (n=72) визначали за методикою, наведеною у роботах Дудки О. І. [5–7]:

$$PA = \frac{TЖ^2}{\text{кількість опоросів} \times ТПВ \text{ (міс)}} \quad (1)$$

де: РА – індекс «рівень адаптації», бала; ТЖ – тривалість життя свиноматки (від народження до останнього відлучення поросят), міс; ТПВ – тривалість племінного використання (від початку першої поросності до останнього відлучення поросят), міс. У тварин підконтрольної популяції індекс «рівень адаптації» дорівнює  $9,10 \pm 0,256$  бала (Cv=23,89%). До групи свиноматок мінус – адаптивного типу відбирали тварин у яких даний індекс дорівнював 9,09 і менше балів, до плюс – адаптивного типу – 9,11 і більше балів.

Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) (2) та коефіцієнти фенотипової консолідації відтворювальних якостей (багатоплідність, гол; маса гнізда на час відлучення у віці 28 діб, кг)  $K_1$  (3) і  $K_2$  (4) розраховували за наступними формулами:

$$СІВЯС = (6,0 \times X_1) + \left[ 9,34 \times \left( \frac{X_2}{X_3} \right) \right] \quad (2)$$

де: СІВЯС – селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки, бала;  $X_1$  – багатоплідність, гол.;  $X_2$  – маса гнізда поросят при відлученні, кг;  $X_3$  – вік при відлученні, діб [21];

$$K_1 = 1 - \frac{\sigma_2}{\sigma_3} \quad (3) \quad K_2 = 1 - \frac{Cv_2}{Cv_3} \quad (4)$$

де:  $\sigma_2$  і  $Cv_2$  – середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт мінливості оцінюваної групи тварин за конкретною ознакою,  $\sigma_3$  і  $Cv_3$  – середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт мінливості генеральної сукупності [15].

Умови годівлі та утримання свиноматок піддослідних груп відповідали зоотехнічним нормам.

Биометричну обробку результатів досліджень здійснювали за загальноприйнятими методиками [11; 14] з використанням програмованого модуля «Аналіз даних» в Microsoft Excel.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Результати досліджень свідчать, що тривалість життя свиноматок великої білої породи французької селекції в умовах племінного репродуктора з розведення свиней великої білої породи дослідного господарства Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН становить  $37,4 \pm 1,27$  міс. (Cv=28,89%), тривалість племінного використання –  $28,2 \pm 1,18$  міс. (Cv=35,52%).

За період племінного використання від тварин зазначеної виробничої групи одержано  $5,6 \pm 0,21$  опоросів (Cv=32,20%), поросят усього –  $69,4 \pm 2,73$  гол. (Cv=33,48%), живих поросят усього –  $65,8 \pm 2,59$  гол. (Cv=33,39%). Середні показники багатоплідності свиноматок становить  $11,6 \pm 0,11$  (Cv=8,90%), маси гнізда на час відлучення у віці 30 діб –  $74,6 \pm 0,79$  кг (Cv=9,00%), маси гнізда на час відлучення у віці 60 діб –  $186,3 \pm 2,19$  кг (Cv=10,01%), збереженості поросят до відлучення у віці 30 діб –  $88,4 \pm 0,48\%$ . Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки у тварин підконтрольної популяції коливається у межах від 56,62 до 107,98 балів.

З урахуванням типу адаптації свиноматок встановлено, що тварини мінус-адаптивного типу (I піддослідна група) переважали ровесниць плюс-адаптивного типу (II піддослідна група) за тривалістю життя на 12,9 міс. (td=5,09; P<0,001), тривалістю племінного використання – 13,7 міс. (td=7,56; P<0,001) (табл. 2).

Різниця між свиноматками зазначених груп за індексом «рівень адаптації» становить 3,29 бала (td=7,0; P<0,001), кількістю одержаних опоросів – 3,0 (td=13,15; P<0,001), кількістю одержаних поросят усього – 38,4 гол. (td=12,0; P<0,001), кількістю одержаних живих поросят усього – 37,6 гол. (td=12,78; P<0,001), багатоплідністю – 0,6 гол. (td=3,00; P<0,001), масою гнізда на час відлучення у віці 30 діб – 4,4 кг (td=2,43; P<0,05), масою гнізда на час відлучення у віці 60 діб – 13,0 кг (td=2,70; P<0,01), селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) – 4,65 бала (td=3,22; P<0,01). Максимальний показник збереженості поросят на час відлучення у віці 30 діб виявлено у тварин плюс-адаптивного типу. Він дорівнює  $89,4 \pm 0,93\%$ , що 3,25% більше порівняно з тваринами мінус-адаптивного типу (td=3,06; P<0,01).

Результати розрахунку коефіцієнтів фенотипової консолідації тривалості життя, тривалості племінного використання та відтворювальних якостей у свиноматок різних типів адаптації свідчать, що коефіцієнт  $K_1$  коливається у межах від -0,400 до +0,594,  $K_2$  – від -0,443 до +0,473 (табл. 3).

У свиноматок I і II піддослідних груп високий рівень фенотипової консолідації виявлено за наступними показниками: «одержано опоросів усього» ( $K_1 = +0,325 - +0,594$ ;  $K_2 = +0,434 - +0,381$ ) і «народилося живих поросят усього, гол» ( $K_1 = +0,366 - +0,510$ ;  $K_2 = +0,473 - 0,236$ ). Слід зазначити, що достатньо високими показниками коефіцієнтів фенотипової консолідації характеризуються свиноматки I піддослідної групи за тривалістю життя ( $K_1 = +0,398$ ;  $K_2 = +0,464$ ) і багатоплідністю ( $K_1 = +0,379$ ;  $K_2 = +0,390$ ).

#### Висновки.

1. Установлено, що тривалість життя свиноматок великої білої породи французької селекції становить  $37,4 \pm 1,27$  міс., тривалість племінного використання –  $28,2 \pm 1,18$  міс., індекс «рівень адаптації» дорівнює

**Таблиця 2. Тривалість життя, тривалість племінного використання та відтворювальні якості свиноматок різних типів адаптації**

Показники, одиниці виміру	Біометричні показники	Тип адаптації	
		мінус-адаптивний	плюс-адаптивний
		Група	
		I	II
Тривалість життя, міс.	<i>n</i>	46	26
	$\bar{X} \pm S_x$	42,1±0,96	29,2±2,35
	$\sigma \pm S_\sigma$	6,52±0,679	12,02±1,667
	$Cv \pm Sc_v, \%$	15,48±1,614	41,16±5,708
Тривалість племінного використання, міс.	$\bar{X} \pm S_x$	33,2±1,15	19,5±1,41
	$\sigma \pm S_\sigma$	7,86±0,819	7,18±0,995
	$Cv \pm Sc_v, \%$	23,67±2,468	36,82±5,106
	$\bar{X} \pm S_x$	6,7±0,18	3,7±0,14
Одержано опоросів за період племінного використання	$\sigma \pm S_\sigma$	1,22±0,127	0,73±0,101
	$Cv \pm Sc_v, \%$	18,20±1,897	19,72±2,735
	$\bar{X} \pm S_x$	7,91±0,086	11,20±0,464
	$\sigma \pm S_\sigma$	0,58±0,060	2,37±0,328
Індекс «рівень адаптації», бала	$Cv \pm Sc_v, \%$	7,33±0,764	21,16±2,934
	$\bar{X} \pm S_x$	83,3±2,26	44,9±2,27
	$\sigma \pm S_\sigma$	15,33±1,598	11,58±1,606
	$Cv \pm Sc_v, \%$	18,40±0,104	25,79±3,576
Народилося поросят усього, гол.	$\bar{X} \pm S_x$	79,0±2,05	41,4±2,11
	$\sigma \pm S_\sigma$	13,93±1,452	10,77±1,493
	$Cv \pm Sc_v, \%$	17,63±1,838	26,0,1±3,607
	$\bar{X} \pm S_x$	11,8±0,09	11,2±0,18
Багатоплідність, гол.	$\sigma \pm S_\sigma$	0,64±0,067	1,45±0,201
	$Cv \pm Sc_v, \%$	5,42±0,565	12,94±1,794
	$\bar{X} \pm S_x$	-	+0,8
	$\sigma \pm S_\sigma$	-	+0,2
± до класу еліта, гол.	$Cv \pm Sc_v, \%$	-	+1,78
	$\bar{X} \pm S_x$	76,2±0,71	71,8±1,67
	$\sigma \pm S_\sigma$	4,86±0,506	8,52±1,181
	$Cv \pm Sc_v, \%$	6,37±0,664	11,86±1,644
Маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб, кг	$\bar{X} \pm S_x$	191,0±2,19	178,0±4,28
	$\sigma \pm S_\sigma$	14,88±1,551	21,84±3,029
	$Cv \pm Sc_v, \%$	7,79±0,812	12,27±1,701
	$\bar{X} \pm S_x$	-	+11,0
± до класу еліта, кг	$\sigma \pm S_\sigma$	-	-2,0
	$Cv \pm Sc_v, \%$	-	+5,76
	$\bar{X} \pm S_x$	86,4±0,53	89,4±0,93
	$\sigma \pm S_\sigma$	94,30±0,812	89,65±1,191
Збереженість поросят до відлучення у віці 30 діб, %	$Cv \pm Sc_v, \%$	5,51±0,574	11,18±1,550
	$\bar{X} \pm S_x$	5,84±0,608	12,47±1,729
	$\sigma \pm S_\sigma$	-	-
	$Cv \pm Sc_v, \%$	-	-
Селекційний індекс відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС), бала	$\bar{X} \pm S_x$	-	-
	$\sigma \pm S_\sigma$	-	-
	$Cv \pm Sc_v, \%$	-	-
	$\bar{X} \pm S_x$	-	-

9,10±0,256 бала. За багатоплідністю (11,6±0,11 гол.) та масою гнізда на час відлучення у віці 60 діб (186,3±2,19 кг) свиноматки підконтрольної популяції відповідають класу еліта.

2. Достовірну різницю між свиноматками мінус-адаптивного типу (I піддослідна група) та плюс-адаптивного типу (II піддослідна група) установлено за тривалістю життя (12,9 міс.;  $td=5,09$ ;  $P<0,001$ ), тривалістю племінного використання (13,7 міс.;  $td=7,56$ ;  $P<0,001$ ), кількістю одержаних опоросів (3,0 опороси;  $td=13,15$ ;  $P<0,001$ ), кількістю одержаних поросят усього (38,4 гол.;  $td=12,0$ ;  $P<0,001$ ), кількістю одержаних живих поросят усього (37,6 гол.;  $td=12,78$ ;  $P<0,001$ ), багатоплідністю (0,6 гол.;  $td=3,00$ ;  $P<0,001$ ), масою гнізда на час відлучення у віці 30 діб (4,4 кг;  $td=2,43$ ;  $P<0,05$ ), масою гнізда на час відлучення у віці 60 діб (13,0 кг;  $td=2,70$ ;  $P<0,01$ ), збереженістю поросят до відлучення у віці 30 діб (3,25%;  $td=3,06$ ;  $P<0,01$ ), селекційним індексом відтворювальних якостей свиноматки (СІВЯС) (4,65 бала;  $td=3,22$ ;  $P<0,01$ ).

3. За індексом «рівень адаптації» різниця між свиноматками піддослідних груп становить 3,29 бала ( $td=7,0$ ;  $P<0,001$ ).

4. Максимальний показник збереженості поросят на час відлучення у віці 30 діб виявлено у тварин плюс-адаптивного типу. Він дорівнює 89,4±0,93%, що 3,25% більше порівняно з тваринами мінус-адаптивного типу ( $td=3,06$ ;  $P<0,01$ ).

5. Установлено, що коефіцієнти фенотипової консолідації основних кількісних ознак у свиноматок I і II піддослідних груп коливаються у значних межах, а саме:  $K_1$  – від -0,400 до +0,594,  $K_2$  – від -0,443 до +0,473.

**Таблиця 3. Коефіцієнти фенотипової консолідації  $K_1$  і  $K_2$ , тривалості життя, тривалості племінного використання та відтворювальних якостей свиноматок різних типів адаптації**

Показники, одиниці виміру	Коефіцієнт фенотипової консолідації	Група	
		I	II
Тривалість життя, міс.	<i>n</i>	46	26
	$K_1$	+0,398	-0,111
	$K_2$	+0,464	-0,426
Тривалість племінного використання, міс.	$K_1$	+0,217	+0,282
	$K_2$	+0,333	-0,037
Одержано опоросів усього	$K_1$	+0,325	+0,594
	$K_2$	+0,434	+0,381
Народилося живих поросят усього, гол.	$K_1$	+0,366	+0,510
	$K_2$	+0,473	+0,236
Багатоплідність, гол.	$K_1$	+0,379	-0,400
	$K_2$	+0,390	-0,443
Маса гнізда на час відлучення у віці 30 діб, кг	$K_1$	+0,276	-0,268
	$K_2$	+0,291	-0,318
Маса гнізда на час відлучення у віці 60 діб, кг	$K_1$	+0,202	-0,171
	$K_2$	+0,221	-0,226

**Список використаних джерел**

- Акнєвський Ю. П. Продуктивність свиней в залежності від інтенсивності росту ремонтного молодняку та поєднання вихідних генотипів: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.02.01. Полтава, 2007. 20 с.
- Ващенко П. А., Березовський М. Д. Вплив кліматичних факторів на репродуктивну здатність свиноматок. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава. 2021. Вип. 75–76. С. 31–40. <https://doi.org/10.37143/0371-4365-2021-75-76-03>.
- Вовк В.О., Церенюк О.М., Акімов О.В. Боржак Т.М. Вплив кондиції тіла свиноматки на їх відтворювальні якості та відгодівельні показники отриманого від них молодняку. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава. 2024. Вип. 3(81). С. 38–47. [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-3\(81\)4](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-3(81)4).
- Гришина Л.П. Теоретичне обґрунтування та практична реалізація удосконалених методів селекції при створенні спеціалізованого типу свиней: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.02.01. с. Чубинське Київ. обл., 2014. 35 с.
- Дудка О.І. Адаптаційна здатність та експлуатаційна цінність свиноматок генфондових стад. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2020. Вип. 13. С. 245–256. <https://doi.org/10.33694/2617-0787-2020-1-13-245-256>.
- Дудка О.І. Індексна оцінка племінної цінності та адаптації свиней української степової рябої породи. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2009. Вип. 2. С. 127–134.
- Дудка О.І., Карвацька І.М. Еколого-генетичні параметри свиней генфондових стад. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2020. Вип. 13. С. 257–267. <https://doi.org/10.33694/2617-0787-2020-1-13-257-267>
- Інструкція з бонітування свиней; Інструкція з ведення племінного обліку у свинарстві. К. : «Київський університет», 2003. 64 с.
- Кислинська А.І. Адаптаційні та продуктивні якості свиней великої білої породи угорської селекції за різних поєднань в умовах причорноморського регіону : дис. ... канд. с.-г. наук: 06.02.04. Миколаїв, 2013. 199 с.
- Кислинська А.І. Терморегуляція організму свиней імпоротної популяції у процесі адаптації на півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 78. Ч. 2 (I). С. 76–81.
- Коваленко В.П., Халак В.І., Нежлукченко Т.І., Папакіна Н.С. Біометричний аналіз мінливості ознак сільськогосподарських тварин і птиці. Навчальний посібник з генетики сільськогосподарських тварин. Херсон: Олді, 2010. 160 с.
- Коваленко Т.С. Удосконалення оцінки продуктивних і племінних якостей свиней за селекційними індексами: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.02.01. Полтава, 2011. 17 с.
- Пелих В.Г. Селекційні методи підвищення продуктивності свиней. Херсон: Айлант, 2002. 264 с.
- Петровська І.Р., Салига Ю.Т., Вудмаска І. В. Статистичні методи в біологічних дослідженнях : навчально-методичний посібник. Київ : Аграрна наука, 2022. 172 с.
- Полупан Ю.П. Методи визначення ступеня генотипної консолідації селекційних груп тварин. Методики досліджень із селекції, генетики та біотехнології у тваринництві. Київ. Аграрна наука. 2005. С. 52–61.
- Халак В.І. Адаптація та відтворювальна здатність свиноматок великої білої породи різного походження. *Вісник Сумського національного аграрного університету: Серія «Тваринництво»*. 2009. Вип. 10 (16). С. 126–130.
- Халак В.І., Гутий Б.В., Бордун О.М. Тривалість продуктивного доволіття свиноматок різного рівня адаптації та життєздатності. *Науково-технічний бюлетень ДНДКІ ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок і БТ НААН*. 2024. Вип. 25, № 1. С. 231–240. <https://doi.org/10.36359/scivp.2024-25-1.29>
- Халак В.І., Гутий Б.В., Бордун О.М. Інноваційні методи оцінки свиноматок за показниками відтворювальних якостей та критерії їх відбору за деякими полікомпонентними математичними моделями. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. 3. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. т 24, № 96. С. 70–77. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9609>.
- Халак В.І., Стадницька О.І. Продуктивність та економічна ефективність використання свиноматок різної племінної цінності. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 230–242. URL: <http://phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-66/17.pdf>.
- Храмкова О.М. Відтворювальні якості свиноматок за різних поєднань порід і типів. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2019. № 7 (2). С. 115–119. <https://doi.org/10.32819/2019.71021>.
- Церенюк О.М., Хватов Ф.І., Стрижак Т.А. Ефективність селекційних і оціночних індексів материнської продуктивності свиней. *Наук. техн. бюлетень НААН, Інститут тваринництва*. Харків, 2010. № 102. С. 173–183.
- Цибенко В.Г., Гришина Л.П., Перетяцько Л.Г. Аналіз відтворювальних якостей помісних свиноматок та визначення ефекту поєднання за схрещування. *Свинарство*. 2021. № 75–76. С. 19–31. <https://doi.org/10.37143/0371-4365-2021-75-76-02>.



23. Herrero-Medrano J.M., Mathur P.K., Napel J., Rashidi H., Alexandri P., Knol E.F., Mulder H.A. Estimation of genetic parameters and breeding values across challenged environments to select for robust pigs1. *Journal of Animal Science*. 2015. № 93(4). P. 1494–1502. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8583>.

24. Kramarenko O., Luhovyi S., Yulevich O., Kramarenko S. Analysis of long-term dynamics of reproductive characteristics of sows of the large white breed. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2023. Vol. 27(1). P. 64–73. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2023.64>.

25. Southwood O.I., Kennedy B.W. Genetic and environmental trends for litter size in swine. *Journal of Animal Science*. 1991. Vol. 69(8). P. 3177–3182. <https://doi.org/10.2527/1991.6983177x>.

26. Suriyasomboon A., Lundeheim N., Kunavongkrit A., Einarsson S. (2006). Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. *Theriogenology*. 2006. Vol. 65(3). P. 606–628. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.06.005>.

27. Tantasuparuk W., Lundeheim N., Dalin A.M., Kunavongkrit A., Einarsson S. (2000). Reproductive performance of purebred Landrace and Yorkshire sows in Thailand with special reference to seasonal influence and parity number. *Theriogenology*. 2000. Vol. 54(3). P. 481–496. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00364-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00364-2).

**Bordun O. M.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Animal Husbandry and Fodder Production Laboratory,  
Institute of Agriculture of the North East of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
Sad, Sumy Region, Ukraine*

**E-mail:** alexandrbordun777@gmail.com

**ORCID:** 0000-0001-6144-771X

**Khalak V. I.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Animal Husbandry Laboratory,  
State Institution Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
Dnipro, Ukraine*

**E-mail:** v16kh91@gmail.com

**ORCID:** 0000-0002-4384-6394

**Gutyj B. V.**

*Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Hygiene,  
Sanitation and General Veterinary Prevention,  
Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv  
Lviv, Ukraine*

**E-mail:** bvh@ukr.net

**ORCID:** 0000-0002-5971-8776

**Ilchenko M. O.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor at the Department of Biology  
of Animal Productivity named after Academician O. V. Kvasnytskyi,  
Poltava State Agrarian University  
Poltava, Ukraine*

**E-mail:** mariia1984poltava@gmail.com

**ORCID:** 0000-0003-0163-1384

**Shaferivskiy B. S.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Biology  
of Animal Productivity named after Academician O. V. Kvasnytskyi,  
Poltava State Agrarian University  
Poltava, Ukraine*

**E-mail:** bogdan.shaferivskiy@pdau.edu.ua

**ORCID:** 0000-0001-5742-5016

## REPRODUCTIVE QUALITIES AND THE LEVEL OF THEIR PHENOTYPE CONSOLIDATION IN SOWS OF DIFFERENT TYPES OF ADAPTATION

### Abstract

The article presents the results of studies of indicators of life expectancy, duration of breeding use, reproductive qualities, and phenotypic consolidation in sows of different types of adaptation. The research was carried out in the conditions of the breeding breeder for breeding pigs of the large white breed of the State Enterprise "Experimental Farm of the Institute of Agriculture of the North East of the National Academy of Sciences," as well as the laboratory of animal husbandry and fodder production of the specified scientific institution.

It was established that the life expectancy of sows of the large white breed of French selection is  $37.4 \pm 1.27$  months, the duration of breeding use is  $28.2 \pm 1.18$  months, and the "adaptation level" index is  $9.10 \pm 0.256$  points. By multifertility ( $11.6 \pm 0.11$  goals) and nest weight at weaning at 60 days ( $186.3 \pm 2.19$  kg), sows of the controlled population correspond to the elite class. A significant difference between sows of the minus-adaptive type (I experimental group) and the plus-adaptive type (II experimental groups) was established in terms of life span (12.9 months;  $td=5.09$ ), duration of breeding use (13.7 months;  $td=7.56$ ), the number of farrowing received (3.0 farrowing;  $td=13.15$ ), the number of piglets received in total (38.4 goals;  $td=12.0$ ), the number of live piglets received in total (37.6 goals;  $td=12.78$ ), multifertility (0.6 goals;  $td=3.00$ ), weight of the nest at the time of weaning at the age of 30 days (4.4 kg;  $td=2.43$ ), weight of the nest at the time of weaning at the age 60 days (13.0 kg;  $td=2.70$ ), survival of piglets until weaning at the age of 30 days (3.25%;  $td=3.06$ ) and selection index of reproductive qualities of the sow (SIRQS) (4.65 points;  $td=3.22$ ). According to the "adaptation level" index, the difference between the sows of the experimental groups is 3.29 points ( $td=7.0$ ). The maximum survival rate of piglets at the time of weaning at 30 days was found in animals of the plus-adaptive type. It equals  $89.4 \pm 0.93\%$ , which is 3.25% more compared to animals of the minus-adaptive type ( $td=3.06$ ;  $P < 0.01$ ). Studies have shown that the coefficients of phenotypic consolidation of the main quantitative traits in sows of the I and II experimental groups vary within the following limits:  $K1$  – from  $-0.400$  to  $+0.594$ ,  $K2$  – from  $-0.443$  to  $+0.473$ .

**Key words:** sow, breed, lifespan, duration of breeding use, reproductive qualities, index, coefficient of phenotypic consolidation, variability, correlation.

### References

1. Aknievskiy, Yu.P. (2007). Produktivnist svynei v zalezhnosti vid intensyvnosti rostu remontnoho molodniaku ta poiednannia vykhidnykh henotypiv [Productivity of pigs depending on the intensity of growth of repair young animals and the combination of initial genotypes]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Poltava, 20 s. [in Ukrainian].
2. Vashchenko, P.A., & Berezovskyi, M.D. (2021). Vplyv klimatychnykh faktoriv na reproduktyvnu zdattist svynomatok [The influence of climatic factors on the reproductive capacity of sows]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo*, 75–76, 31–40. <https://doi.org/10.37143/0371-4365-2021-75-76-03> [in Ukrainian].
3. Vovk, V.O., Tsereniuk, O.M., Akimov, O.V., & Borzhak, T.M. (2024). Vplyv kondytsii tila svynomatky na yikh vidtvoriuvalni yakosti ta vidhodivelni pokaznyky otrymanoho vid nykh molodniaku [The influence of the body condition of sows on their reproductive qualities and fattening indicators of the young obtained from them]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo*, 3(81), 38–47. [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-3\(81\)4](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-3(81)4) [in Ukrainian].
4. Hryshyna, L.P. (2014). Teoretychne obgruntuvannia ta praktychna realizatsiia udoskonalenykh metodiv selektsii pry stvorenni spetsializovanoho typu svynei [Theoretical justification and practical implementation of improved breeding methods for creating a specialized type of pigs]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Chubynske Kyiv. obl., 35 s. [in Ukrainian].
5. Dudka, O.I. (2020). Adaptatsiina zdattist ta ekspluatatsiina tsinnist svynomatok henofondovykh stad [Adaptability and operational value of sows of gene pool herds]. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»*, 13, 245–256. <https://doi.org/10.33694/2617-0787-2020-1-13-245-256> [in Ukrainian].
6. Dudka, O.I., & Karvatska, I.M. (2020). Ekolohehenetychni parametry svynei henofondovykh stad [Ecological and genetic parameters of pigs of gene pool herds]. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»*, 13, 257–267. <https://doi.org/10.33694/2617-0787-2020-1-13-257-267> [in Ukrainian].
7. Dudka, O.I. (2009). Indeksna otsinka plemynnoi tsinnosti ta adaptatsii svynei ukrainskoi stepovoi riaboi porody [Index evaluation of the breeding value and adaptation of pigs of the Ukrainian steppe mottled breed]. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»*, 2, 127–134 [in Ukrainian].
8. Instruksiiia z bonituvannia svynei; Instruksiiia z vedennia plemynnoho obliku u svynarstvi [Instructions for the sounding of pigs; Instructions for keeping pedigree records in pig breeding]. Kyiv: «Kyivskiy universytet» [in Ukrainian].
9. Kyslynska, A.I. (2013). Adaptatsiini ta produktyvni yakosti svynei velykoi biloi porody uhorskoi selektsii za riznykh poiednan v umovakh prychornomorskoho rehionu [Adaptive and productive qualities of pigs of the large white breed of Hungarian breeding under different combinations in the conditions of the Black Sea region]. *Candidate's thesis*. Mykolaiv. 199 s. [in Ukrainian].
10. Kyslynska, A.I. (2012). Termoregulatsiia orhanizmu svynei importnoi populiatsii u protsesi adaptatsii na pivdni Ukrainy [Thermoregulation of the body of pigs of the imported population in the process of adaptation in the south of Ukraine]. *Tavriiskiy naukovyi visnyk*, 78(2), 76–81 [in Ukrainian].
11. Kovalenko, V.P., Khalak, V.I., Nezhlukchenko, T.I., & Papakina, N.S. (2010). Biometrychni analiz minlyvosti oznak silskohospodarskykh tvaryn i ptytsi [Biometric analysis of the variability of signs of agricultural animals and poultry]. Navchalnyi posibnyk z henetyky silskohospodarskykh tvaryn. Kherson: Oldi [in Ukrainian].
12. Kovalenko, T.S. (2011). Udoskonalennia otsinky produktyvnykh i plemynnykh yakosteiv svynei za selektsiynymi indeksami [Improving the assessment of productive and breeding qualities of pigs according to breeding indices]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Poltava. 17 s. [in Ukrainian].
13. Pelykh, V.H. (2002). Selektiini metody pidvyshchennia produktyvnosti svynei [Breeding methods for increasing the productivity of pigs]. Kherson: Ailant, 264 s. [in Ukrainian].
14. Petrovska, I.R., Salyha, Yu.T., & Vudmaska, I.V. (2022). Statystychni metody v biolohichnykh doslidzhenniakh [Statistical methods in biological research]: navchalno-metodychni posibnyk. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
15. Polupan, Yu.P. (2005). Metody vyznachennia stupenia henotypnoi konsolidatsii selektsiinykh hrup tvaryn [Methods of determining the degree of genotypic consolidation of breeding groups of animals]. *Metodyky doslidzhen iz selektsii, henetyky ta biotekhnolohii u tvarynnytsvi*. Kyiv. Ahrarna nauka, 52–61 [in Ukrainian].
16. Khalak, V.I. (2009). Adaptatsiia ta vidtvoriuvalna zdattist svynomatok velykoi biloi porody riznoho pokhodzhennia [Adaptation and reproductive capacity of sows of the large white breed of different origins]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii «Tvarynnytsvo»*, 10(16), 126–130 [in Ukrainian].
17. Khalak, V.I., Hutyi, B.V., & Bordun, O.M. (2024). Tryvalist produktyvnoho dovolittia svynomatok riznoho rivnia adaptatsii ta zhyttiezdatnosti [Duration of productive longevity of sows of different levels of adaptation and viability]. *Naukovotekhnichniy biuleten DNDKI veterynarykh preparativ ta kormovykh dobavok i Instytutu biolohii tvaryn NAAN*, 25(1), 231–240. <https://doi.org/10.36359/scivp.2024-25-1.29> [in Ukrainian].

18. Khalak, V.I., Hutyi, B.V., & Bordun, O.M. (2022). Innovatsiini metody otsinky svynomatok za pokaznykamy vidtvoriuvalnykh yakosteï ta kryterii yikh vidboru za deïakymy polikomponentnymy matematychnymy modeliamy [Innovative methods of evaluation of sows by indicators of reproductive qualities and criteria for their selection according to some multicomponent mathematical models]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhytskoho. Serii: Silskohospodarski nauky*, 24(96), 70–77. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9609> [in Ukrainian].
19. Khalak, V.I., & Stadnytska, O.I. (2019). Produktyvniï ta ekonomichna efektyvnist vykorystannia svynomatok riznoi plemynnoi tsinnosti [Productivity and economic efficiency of using sows of different breeding value]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynytsvo*, 66, 230–242. Retrieve from: <http://phzt-journal.isgkr.com.ua/ua-66/17.pdf> [in Ukrainian].
20. Khrankova, O.M. (2019). Vidtvoriuvalni yakosti svynomatok za riznykh poiednan porid i typiv [Reproductive qualities of sows of different combinations of breeds and types]. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7(2), 115–119. <https://doi.org/10.32819/2019.71021> [in Ukrainian].
21. Tsereniuk O.M., Khvatov F.I., & Stryzhak T.A. (2010). Efektyvnist selektsiinykh i otsinochnykh indeksiv materynskoï produktyvnosti svyneï [Effectiveness of breeding and evaluation indices of maternal productivity of pigs]. *Nauk. tekhn. biulleten NAAN, Instytut tvarynytsva*, 102, 173–183 [in Ukrainian].
22. Tsybenko, V.H., Hryshyna, L.P., & Peretiatko, L.H. (2021). Analiz vidtvoriuvalnykh yakosteï pomisnykh svynomatok ta vyznachennia efektu poiednannia za skhreshchuvannia [Analysis of the reproductive qualities of crossbred sows and determination of the effect of combination during crossing]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo*, 75-76, 19–31. <https://doi.org/10.37143/0371-4365-2021-75-76-02> [in Ukrainian].
23. Herrero-Medrano, J.M., Mathur, P.K., Napel, J., Rashidi, H., Alexandri, P., Knol, E.F., Mulder, H.A. (2015). Estimation of genetic parameters and breeding values across challenged environments to select for robust pigs1. *Journal of Animal Science*, 93(4), 1494–1502. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8583> [in English].
24. Kramarenko, O., Luhovyi, S., Yulevich, O., & Kramarenko, S. (2023). Analysis of long-term dynamics of reproductive characteristics of sows of the large white breed. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 27(1), 64–73. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2023.64> [in English].
25. Southwood, O.I., & Kennedy, B.W. (1991). Genetic and environmental trends for litter size in swine. *Journal of Animal Science*, 69(8), 3177–3182. <https://doi.org/10.2527/1991.6983177x> [in English].
26. Suriyasomboon, A., Lundeheim, N., Kunavongkrit, A., & Einarsson, S. (2006). Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. *Theriogenology*, 65(3), 606–628. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.06.005> [in English].
27. Tantasuparuk, W., Lundeheim, N., Dalin, A.M., Kunavongkrit, A., & Einarsson, S. (2000). Reproductive performance of purebred Landrace and Yorkshire sows in Thailand with special reference to seasonal influence and parity number. *Theriogenology*, 54(3), 481–496. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00364-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00364-2) [in English].

УДК 633.111.5

**Вінюков О. О.**

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

**Бутенко О. М.**

молодший науковий співробітник,  
Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція  
Національної академії аграрних наук України,  
с. Гришине, Донецька обл., Україна  
E-mail: butenko\_a@ukr.net  
ORCID: 0009-0003-2054-665X

## ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ НОРМИ ВИСІВУ ТА ФОНУ ЖИВЛЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ПШЕНИЦІ ТУРАНСЬКОЇ (*TRITICUM TURANICUM* JAKUBZ.) В СХІДНІЙ ЧАСТИНІ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

### Анотація

Тверда пшениця має значущість через відмінні властивості, оскільки містить різноманітні вітаміни, мінерали та інші необхідні поживні речовини сполук, життєво важливі для харчових потреб людини. Унікальність зерна пшениці туранської обумовлює великий вміст клітковини, магнію і селену. Розповсюдження культури стримує відсутність чітких агротехнологічних прийомів її вирощування. Метою досліджень було встановлення впливу норм висіву насіння та дози мінеральних добрив на врожайність пшениці туранської при вирощуванні в умовах східної частини Північного Степу України. Дослідження проводились у польовій сівозміні Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України протягом 2021–2023 рр. Для сівби використовували сорт пшениці туранської Сармат (ПУ № 230611 від 25.10.2023 р.). Методи дослідження: польовий, лабораторний, математично-статистичний. Першочерговим кроком було встановити оптимальну норму висіву пшениці туранської для формування найбільш ефективного стеблостю, здатного забезпечувати максимальню високий рівень продуктивності рослин. Дослідження відбувались на трьох фонах живлення:  $N_{15}P_{15}$  та  $N_{30}P_{30}$  нульовий фон (без добрив) був контрольним. Визначено, що вищий показник коефіцієнту загального куціння формується при нижчих нормах висіву. Використання мінеральних добрив сприяло підвищенню коефіцієнтів загального та продуктивного куціння порівняно з контрольним фоном. Зі збільшенням норми висіву поступово знижувались всі показники структури врожаю, крім маси 1000 зерен. Використання мінеральних добрив підвищило врожайність зерна на 1,1–2,7 т/га або на 52,3–142,1%. Не залежно від фону живлення врожайність зерна підвищувалась пропорційно збільшенню норми висіву. На кожному фоні живлення найнижчим цей показник був за норми висіву 2,0 млн. шт./га, найвищим – 4,0 млн. шт./га (на природному фоні живлення) та 5,0 млн. шт./га (при використанні мінеральних добрив). Найбільший урожай пшениці туранської по попереднику соняшник було отримано на фоні  $N_{30}P_{30}$  при нормі висіву 5,0 млн. шт./га – 4,6 т/га.

**Ключові слова:** пшениця туранська, норма висіву, фон живлення, біометричні показники, показники структури врожаю, урожайність.

**Вступ.** Тверда пшениця походить з Леванту, де вона була вперше одомашнена, в Ірані, Турції, Сирії, Афганістані, Узбекистані, Туркменістані досі висаджують місцеві старовинні сорти [13]. Тверда пшениця має значущість через відмінні властивості, оскільки містить різноманітні вітаміни, мінерали та інші необхідні поживні речовини сполук, життєво важливі для харчових потреб людини [15]. Тому все більше вчених звертаються до місцевих стародавніх генотипів твердої пшениці для розробки нових поліпшених сортів [6; 9; 10; 12; 18].

У дослідженнях Bhuvaneshwari G. та Yenagi N.B. зі співавторами показано, що древні пшениці забезпечують набагато меншу частку швидкозасвоюваного крохмалю (RDS – rapidly digestible starch – тривалість деградації у середовищі зі стандартною ферментною сумішшю 20 хв) та більшу частку повільнозасвоюваного крохмалю (SDS – slowly digestible starch – тривалість ферментативної деградації 120 хв) у порівнянні з хлібною пшеницею [4], що також було підтверджено роботою Mohan B.H. і Malleshi N.G. [14]. За різними даними вміст загальної амілози в «диких» пшеницях варіює від 19,4% до 26,3% [3; 5]. Низька засвоюваність крохмалю пов'язана з високим ступенем кристалічності та більш жорсткою архітектонікою гранул крохмалю, що обумовлює її корисність до споживання хворими людьми, наприклад цукровим діабетом [4; 8].

Інформаційні джерела свідчать, що *Triticum turanicum* Jakubz. (*T. turgidum* subsp. *turanicum* (Jakubz.) – вид генетично близький до пшениці твердої, відомий як «туранська» пшениця [9]. Через великий вміст клітковини, магнію і селену харчові волокна зерна пшениці туранської мають позитивний вплив на здоров'я людей. У цілому

зерно пшениці містить 11,5–15,5% загальної харчової клітковини, вміст арабіноксилану коливається від 1,4% до 2,2%, а у її висівках – (6,1–14,4%) [7; 17].

Стародавні види пшениць найбільш пристосовані до клімату зі стресами: високі підвищення температури, мінімальна кількість опадів [11; 18]. *Triticum turanicum* Jakubz. характеризується високою стійкістю до спеки та атмосферної посухи [10; 16]. Це робить її привабливою для вирощування в зонах з посушливим кліматом.

Все вищенаведене говорить про доцільність вирощування пшениці туранської в умовах Степу України.

Пшениця туранська є нішевою культурою, розповсюдження якої стримує відсутність чітких агротехнологічних прийомів її вирощування. Не вирішеними залишаються питання з підбору технологічних елементів, які б дозволили рослинам максимально сформувати генетично запрограмовану продуктивність.

**Мета.** Метою досліджень було встановлення впливу норм висіву насіння та дози мінеральних добрив на врожайність пшениці туранської при вирощуванні в умовах східної частини Північного Степу України.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження проводились у польовій сівозміні Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН у 2021–2023 рр. Грунт – чорнозем звичайний малогумусний, важко-суглинний. Вміст гумусу – 4,9%, рН – слабо лужна, близька до нейтральної, вміст загальних форм азоту – 0,22, фосфору – 0,14%.

Повторність у дослідах – триразова. Розміщення ділянок – систематичне. Площа облікової ділянки становила 25 м<sup>2</sup>.

Попередник – соняшник. Підготовка ґрунту в передпосівний період була спрямована на максимальне збереження і накопичення вологи у ґрунті та знищення бур'янів.

Для сівби використовували сорт пшениці туранської Сармат (ПУ № 230611 від 25.10.2023 р.).

Сівбу здійснювали в першу декаду квітня самохідною сівалкою СПС-7. Спосіб сівби – суцільний рядковий із шириною міжрядь 15 см. Норма висіву залежала від схеми досліду. Глибина загортання насіння в ґрунт 5–6 см. Мінеральні добрива вносились під час сівби згідно схеми досліду. З метою покращання умов для його проростання проводили ущільнення ґрунту кільцями-шпоровими котками ЗККШ – 6А.

Технологія вирощування – загальноприйнята для зернових культур у східній частині Північного Степу, крім поставлених на вивчення питань, та відповідає зональним і регіональним рекомендаціям.

Основний метод досліджень – польовий, який доповнювався аналітичними дослідженнями, вимірами, підрахунками і спостереженнями відповідно до загальноприйнятих методик та методичних рекомендацій у рослинництві [1]. Статистична оцінка виконана із застосуванням ППП «ОСГЕ».

Донецька область, що розташована в східній частині Північного Степу України, характеризується кліматом з високим рівнем теплозабезпечення і низьким зволоженням [2]. Значне перевищення середньодобових температур повітря до багаторічних супроводжується недобором опадів в критичні періоди розвитку сільськогосподарських культур, особливо в період формування і наливу зерна. В період активної вегетації кількість опадів складає 290–320 мм, сума активних температур повітря – 3000–3200°С, гідротермічний коефіцієнт – 0,9.

Гідротермічні умови у роки досліджень незначно відрізнялися від середньобагаторічних, проте дали змогу встановити реакцію рослин пшениці туранської на усі прояви погодних умов, які є типовими для східної частини Північного Степу.

Пшениця туранська характеризується відносно високим загальним куцінням, але здатність до продуктивного куціння дещо поступається. Саме тому першочерговим кроком було встановити оптимальну норму висіву цієї культури для формування найбільш ефективного стеблостою, здатного забезпечувати максимально високий рівень продуктивності рослин.

Дослідження відбувались на трьох фонах живлення: N<sub>15</sub>P<sub>15</sub> та N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>, нульовий фон (без добрив) був контрольним.

**Таблиця 1. Біометричні показники рослин пшениці туранської у фазі повної стиглості, 2021–2023 рр.**

Доза добрив	Норма висіву, млн. шт./га	Висота, см	Кількість стебел, шт./м <sup>2</sup>		Коефіцієнт куціння	
			загал.	прод.	загал.	прод.
N0P0	2,0	126	370	270	1,9	1,4
	3,0	126	645	405	2,2	1,4
	4,0	125	760	480	1,9	1,2
	5,0	125	850	675	1,7	1,4
N15P15	2,0	128	470	280	2,4	1,4
	3,0	126	585	360	2,0	1,2
	4,0	126	840	580	2,1	1,5
	5,0	125	1125	750	2,3	1,5
N30P30	2,0	138	520	380	2,6	1,9
	3,0	138	750	510	2,5	1,7
	4,0	138	880	620	2,2	1,6
	5,0	136	900	600	1,8	1,2
H1P0,5 A		1,5	12,6	11,3		
B		1,1	13,8	12,6		
AB		1,6	14,2	12,9		

Встановлено, що норми висіву не впливали на показник висоти рослин (табл. 1). Лише використання мінеральних добрив дозою  $N_{30}P_{30}$  сприяло збільшенню габітусу рослин пшениці туранської.

Щодо коефіцієнту загального кушіння, то незалежно від фону живлення простежується тенденція до формування вищого показнику при нижчих нормах висіву. Використання мінеральних добрив сприяло підвищенню коефіцієнту загального кушіння порівняно з контрольним фоном.

Подібна тенденція простежується і при формуванні рослинами коефіцієнту продуктивного кушіння.

Збільшення або зменшення норми висіву не вплинуло на фізіологічну здатність культури формувати щільний продуктивний стеблостій. Використання різних фонів живлення істотно збільшувало ці показники, тобто мінеральні добрива сприяли підвищенню продуктивного кушіння.

В умовах років проведення досліджень були сформовані наступні показники структури урожаю пшениці туранської (табл. 2).

**Таблиця 2. Показники структури урожаю та урожайність зерна пшениці туранської, 2021–2023 рр.**

Доза добрив	Норма висіву, млн. шт./га	Довжина колосу, см	Маса зерна в колосі, г	Кількість зерна в колосі, шт.	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га	Прибавка	
							т/га	%
N0P0	2,0	7,3	1,38	28	50,2	1,7	-	-
	3,0	6,6	1,27	25	51,8	2,1	-	-
	4,0	6,0	0,88	16	54,7	2,2	-	-
	5,0	5,8	0,94	18	53,7	1,9	-	-
N15P15	2,0	7,2	1,89	34	55,4	3,3	1,6	94,2
	3,0	6,5	1,45	29	50,7	3,2	1,1	52,3
	4,0	6,4	1,45	27	54,7	3,4	1,2	54,5
	5,0	5,6	1,04	20	52,0	3,8	1,9	100,0
N30P30	2,0	6,4	1,47	27	54,4	3,6	1,9	111,8
	3,0	6,3	1,25	24	53,0	4,3	2,2	104,8
	4,0	6,4	1,40	25	56,9	4,6	2,4	109,1
	5,0	6,1	1,26	23	54,8	4,6	2,7	142,1
НІР0,5 А		0,1	0,04	1,3	4,1		0,5	
В		0,4	0,03	2,6	4,6		0,9	
АВ		0,5	0,06	3,0	5,0		1,0	

Використання різних доз добрив не вплинуло на довжину колосу, на цей показник впливали лише норми висіву. Так, зі збільшенням норми висіву довжина колосу поступово знижується від 7,3 см до 5,8 см. Подібна тенденція зберігається і при аналізі інших показників структури урожаю, крім маси 1000 зерен.

Незалежно від фону живлення врожайність зерна підвищувалась пропорційно збільшенню норми висіву. Так, найнижчим цей показник на природному фоні живлення був за норми висіву 2,0 млн. шт./га, найвищим – 4,0 млн. шт./га. При використанні мінеральних добрив найнижчим цей показник був за норми висіву 2,0 млн. шт./га, найвищим – 5,0 млн. шт./га. Перш за все це пов'язано з кількістю продуктивних стебел на 1 м<sup>2</sup>. Найбільший урожай було отримано на фоні  $N_{30}P_{30}$  при нормі висіву 5,0 млн. шт./га – 4,6 т/га.

Використання мінеральних добрив підвищувало врожайність зерна від 1,1 т/га до 2,7 т/га, порівняно з фоном без добрив.

**Висновки.** Дослідження агротехнологічних прийомів вирощування пшениці туранської виявили, що вищий показник коефіцієнту загального кушіння формується при нижчих нормах висіву. Використання мінеральних добрив сприяло підвищенню коефіцієнту загального кушіння порівняно з контрольним фоном. Подібна тенденція простежується і при формуванні рослинами коефіцієнту продуктивного кушіння. Фони живлення істотно впливали на рівень продуктивності рослин. Використання мінеральних добрив підвищило врожайність зерна на 1,1–2,7 т/га або на 52,3–142,1%.

Урожайність зерна підвищувалась пропорційно збільшенню норми висіву незалежно від фону живлення. На кожному фоні живлення найнижчим цей показник був за норми висіву 2,0 млн. шт./га, найвищим – 4,0 млн. шт./га (на природному фоні живлення) та 5,0 млн. шт./га (при використанні мінеральних добрив). Найбільший урожай зерна 4,6 т/га було отримано на фоні  $N_{30}P_{30}$  при нормі висіву 5,0 млн. шт./га.

#### Список використаних джерел

1. Методологія та організація наукових досліджень : підручник / за ред. В.О. Дружиніної. Вінниця: Видавництво ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2010. 358 с.
2. Науково-обґрунтована система ведення агропромислового виробництва Донеччини. Донецьк: «Region», 2007. 511 с.
3. Bhuvaneshwari G., Yenagi N.B., Hanchinal R.R., Katarki P.A. Physico-chemical characteristics and milling quality of dicoccum wheat varieties. *Karnataka J. Agric Sci.* 2001. Vol. 14. P. 736.
4. Bhuvaneshwari G., Yenagi N.B., Hanchinal R.R., Naik R.K. Glycaemic responses to dicoccum products in the dietary management of diabetes. *Ind. J. Nutr. Diet.* 2003. Vol. 40. P. 363–368.
5. Brandolini A., Hidalgo A., Moscaritolo S. Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum*) whole meal flour. *J Cereal Sci.* 2008. Vol. 47. P. 599–609. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.07.005>.

6. Ebsaa M.A., Tessob B., Lettac T. Genetic analysis and quality assessment of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) landraces in Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*. 2024. Vol. 10 (1). P. 2303804. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2303804>.
7. Galterio G., Codianni P., Giusti A.M., Pezzarossa B., Cannella C. Assessment of the agronomical and technological characteristics of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* Schrank and *T. spelta* L. *Nahrung Food*. 2003. Vol. 47. P. 54–59.
8. Gebruers K., Dornez E., Boros D., Dynkowska W., Bedo Z., Rakszegi M., Courtin C.M. Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the health grain diversity screen. *J Agric Food Chem*. 2008. Vol. 56. P. 9740. <https://doi.org/10.1021/jf800975w>.
9. Laddomada B., Durante M., Mangini G., D'Amico L., Lenucci M. S., Simeone R., et al. Genetic variation for phenolic acids concentration and composition in a tetraploid wheat (*Triticum turgidum* L.) collection. *Genet. Resour. Crop Evol*. 2017. Vol. 64. P. 587–597. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0386-z>.
10. Laidò G., Mangini G., Taranto F., Gadaleta A., Blanco A., Cattivelli L., Marone D., Mastrangelo A. M., Papa R., De Vita P. Genetic diversity and population structure of tetraploid wheats (*Triticum turgidum* L.) estimated by SSR, DArT and pedigree data. *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8 (6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067280>.
11. Lidon F.C., Almeida A.S., Cia Leitão A.L., Silva M.M., Pinheiro N., Macas B., Costa R. A synoptic overview of durum wheat production in the Mediterranean region and processing following the European Union requirements. *Emir. J. Food Agric*. 2014. Vol. 26 (8). P. 693–705. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i8.17066>.
12. Maamri K., Chourghal N., Belguerri H., Bahlouli F. Study of grain yield stability of two wheat species (durum and bread) grown in semi-arid environments. *Afr. J. Bio. Sc*. Vol. 6(13). P. 4619–4625. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.6.13.2024.4619-4625>.
13. Martínez-Moreno F., Solís I., Noguero D., Blanco A., Özberk İ., Nsarellah N., Elias E., Mylonas I., Soriano J. M. Durum wheat in the Mediterranean Rim: historical evolution and genetic resources. *Genet Resour Crop Evol*. 2020. Vol. 67. P. 1415–1436. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00913-8>.
14. Mohan B.H., Malleshi N.G. Characteristics of native and enzymatically hydrolyzed common wheat (*Triticum aestivum*) and dicoccum wheat (*Triticum dicoccum*) starches. *Eur Food Res Technol*. 2006. Vol. 223. P. 355–361. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0212-x>.
15. Ninou E., Tselvelika N., Sistanis I., Katsenios N., Korpetis E., Vazaneli E., Papanthasiou F., Didos S., Argiriou A., Mylonas I. Assessment of Durum Wheat Cultivars' Adaptability to Mediterranean Environments Using G × E Interaction Analysis. *Agronomy*. 2024. Vol. 14(1). P. 102. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010102>.
16. Rodríguez-Quijano M., Lucas R., Ruiz M., Giraldo P., Espí A., Carrillo J.M. Allelic Variation and Geographical Patterns of Prolamin in the USDA-ARS Khorasan Wheat Germplasm Collection. *Crop Science*. 2010. Vol. 50 (6). P. 2383–2391. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.02.0089>.
17. Ward J.L., Poutanen K., Gebruers K., Piironen V., Lampi A.M., Nystrom L., Andersson A.A., Aman P., Boros D., Rakszegi M., Bedo Z., Shewry P.R. The Healthgrain cereal diversity screen: concept, results and prospects. *J Agric Food Chem*. 2008. Vol. 56. P. 9699. <https://doi.org/10.1021/jf8009574>.
18. Xynias I.N., Mylonas I., Korpetis E.G., Ninou E., Tsaballa A., Avdikos I.D., Mavromatis A.G. Durum Wheat Breeding in the Mediterranean Region: Current Status and Future Prospects. *Agronomy*. 2020. Vol.10(3). P. 432. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030432>.

**Viniukov O. O.**

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director,  
Donetsk State Agricultural Science Station  
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
Hryshyne, Donetsk region, Ukraine  
E-mail: alex.agronomist@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-2957-5487*

**Butenko O. M.**

*Junior Researcher,  
Donetsk State Agricultural Science Station of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
Hryshyne, Donetsk region, Ukraine  
E-mail: butenko\_a@ukr.net  
ORCID: 0009-0003-2054-665X*

**STUDY OF THE INFLUENCE OF SOWING RATE AND BACKGROUND  
ON THE YIELD OF TURANIAN WHEAT (*TRITICUM TURANICUM* JAKUBZ.)  
IN THE EASTERN PART OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE**

**Abstract**

*Durum wheat is significant due to its excellent properties as it contains a variety of vitamins, minerals and other essential nutrient compounds vital to human nutritional needs. The uniqueness of Turanian wheat grain determines the high content of fiber, magnesium and selenium. The lack of clear agrotechnological techniques for growing the culture holds back the spread of the culture. The purpose of the research was to establish the influence of seed sowing rates and the dose of mineral fertilizers on the yield of Turanian wheat when grown in the conditions of the eastern part of the Northern Steppe of Ukraine. The research was conducted in the field crop rotation of the Donetsk State Agricultural Research Station of the National Academy of Sciences of Ukraine during 2021–2023.*

Turanian wheat of the Sarmat variety (PU No 230611 dated 10/25/2023) was used for sowing. Research methods: field, laboratory, mathematical and statistical. The first step was to establish the optimal sowing rate of Turanian wheat to form the most effective stem stand capable of providing the highest possible level of plant productivity. Researches were carried out on three nutritional backgrounds:  $N_{15}P_{15}$  and  $N_{30}P_{30}$ , zero background (without fertilizers) was the control. It was determined that a higher indicator of the coefficient of general tillering is formed at lower sowing rates. The use of mineral fertilizers helped to increase the coefficients of general and productive tillering compared to the control background. With an increase in the sowing rate, all indicators of the crop structure gradually decreased, except for the weight of 1000 grains. The use of mineral fertilizers increased grain yield by 1,1–2,7 t/ha or by 52,3–142,1%. Regardless of the nutrition background, the grain yield increased in proportion to the increase in the sowing rate. On each nutrition background, this indicator was the lowest at the sowing rate of 2,0 million units/ha, the highest – 4,0 million units/ha (on the natural nutrition background) and 5,0 million units/ha (at use of mineral fertilizers). The highest yield of Turanian wheat by a sunflower predecessor was obtained against the background of N30P30 at a seeding rate of 5,0 million units/ha – 4,6 t/ha.

**Key words:** Turanian wheat, sowing rate, nutritional background, biometric indicators, indicators of crop structure, productivity.

### References

1. Metodolohiya ta orhanizatsiya naukovykh doslidzhen : pidruchnyk (za red. V.O. Druzhyninoyi) [Methodology and organization of scientific research: textbook (ed. V.O. Druzhinina)]. (2010). Vinnytsya : Vydavnytstvo VNTU «UNIVERSUM-Vinnytsya» [in Ukrainian].
2. Naukovo-obgruntovana systema vedennya ahropromysloвого vyrobnytstva Donechchyny [Scientifically based system of management of agro-industrial production of Donetsk region]. (2007). Donetsk: "Region" [in Ukrainian].
3. Brandolini, A., Hidalgo, A., & Moscaritolo, S. (2008). Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum*) whole meal flour. *J Cereal Sci.*, 47, 599–609. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.07.005> [in English].
4. Bhuvaneshwari, G., Yenagi, N.B., Hanchinal, R.R., & Katarki, P.A. (2001). Physico-chemical characteristics and milling quality of dicoccum wheat varieties. *Karnataka J. Agric Sci.*, 14, 736 [in English].
5. Bhuvaneshwari, G., Yenagi, N.B., Hanchinal, R.R., & Naik, R.K. (2003). Glycaemic responses to dicoccum products in the dietary management of diabetes. *The Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, 40(10), 363–368 [in English].
6. Ebsaa, M.A., Tessob, B., & Lettac, T. (2024). Genetic analysis and quality assessment of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) landraces in Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 10 (1), 2303804. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2303804> [in English].
7. Galterio, G., Codianni, P., Giusti, A.M., Pezzarossa, B., & Cannella, C. (2003). Assessment of the agronomical and technological characteristics of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* Schrank and *T. spelta* L. *Nahrung Food*, 47, 54–59 [in English].
8. Gebruers, K., Dornez, E., Boros, D., Dynkowska, W., Bedo, Z., Rakszegi, M., & Courtin, C.M. (2008). Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the health grain diversity screen. *J Agric Food Chem.*, 56, 9740. <https://doi.org/10.1021/jf800975w> [in English].
9. Laddomada, B., Durante, M., Mangini, G., D'Amico, L., Lenucci, M.S., Simeone, R., & et al. (2017). Genetic variation for phenolic acids concentration and composition in a tetraploid wheat (*Triticum turgidum* L.) collection. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 64, 587–597. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0386-z> [in English].
10. Laidò, G., Mangini, G., Taranto, F., Gadaleta, A., Blanco, A., Cattivelli, L., Marone, D., Mastrangelo, A.M., Papa, R., & De Vita, P. (2013). Genetic diversity and population structure of tetraploid wheats (*Triticum turgidum* L.) estimated by SSR, DArT and pedigree data. *PLoS ONE*, 8(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067280> [in English].
11. Lidon, F.C., Almeida, A.S., Cia Leitão, A.L., Silva, M.M., Pinheiro, N., Macas, B., & Costa, R. (2014). A synoptic overview of durum wheat production in the Mediterranean region and processing following the European Union requirements. *Emir. J. Food Agric.*, 26 (8), 693–705. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i8.17066> [in English].
12. Maamri, K., Chourghal, N., Belguerri, H., & Bahlouli, F. (2024). Study of grain yield stability of two wheat species (durum and bread) grown in semi-arid environments. *Afr. J. Bio. Sc.*, 6(13), 4619–4625. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.6.13.2024.4619-4625> [in English].
13. Martínez-Moreno, F., Solís, I., Noguero, D., Blanco, A., Özberk, İ., Nsarellah, N., Elias, E., Mylonas, I., & Soriano, J.M. (2020). Durum wheat in the Mediterranean Rim: historical evolution and genetic resources. *Genet Resour Crop Evol.*, 67, 1415–1436. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00913-8> [in English].
14. Mohan, B.H., & Malleshi, N.G. (2006). Characteristics of native and enzymatically hydrolyzed common wheat (*Triticum aestivum*) and dicoccum wheat (*Triticum dicoccum*) starches. *Eur Food Res Technol.*, 223, 355–361. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0212-x> [in English].
15. Ninou, E., Tselvelika, N., Sistanis, I., Katsenios, N., Korpetis, E., Vazaneli, E., Papatthasiou, F., Didos, S., Argiriou, A., & Mylonas, I. (2024). Assessment of Durum Wheat Cultivars' Adaptability to Mediterranean Environments Using G × E Interaction Analysis. *Agronomy*, 14(1), 102. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010102> [in English].
16. Rodríguez-Quijano, M., Lucas, R., Ruiz, M., Giraldo, P., Espí, A., & Carrillo, J.M. (2010). Allelic Variation and Geographical Patterns of Prolamin in the USDA-ARS Khorasan Wheat Germplasm Collection. *Crop Science*, 50 (6), 2383–2391. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.02.0089> [in English].
17. Ward, J.L., Poutanen, K., Gebruers, K., Piironen, V., Lampi, A.M., Nystrom, L., Andersson, A.A., Aman, P., Boros, D., Rakszegi, M., Bedo, Z., & Shewry, P.R. (2008). The Healthgrain cereal diversity screen: concept, results and prospects. *J Agric Food Chem.*, 56, 9699. <https://doi.org/10.1021/jf8009574> [in English].
18. Xynias, I.N., Mylonas, I., Korpetis, E.G., Ninou, E., Tsaballa, A., Avdikos, I.D., & Mavromatis, A.G. (2020). Durum Wheat Breeding in the Mediterranean Region: Current Status and Future Prospects. *Agronomy*, 10, 432. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030432> [in English].



УДК 338.432:632.931.2

**Кривохижа Є. М.**

доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник, професор кафедри агробіотехнологій,  
Західноукраїнський національний університет  
Тернопіль, Україна  
**E-mail:** ye.krivokhyzha@ukr.net  
**ORCID:** 0000-0001-7270-6529

**Матвійшин А. І.**

здобувач 3 курсу ОС «Бакалавр» спеціальності 101 «Екологія»,  
кафедра екології та охорони здоров'я,  
Західноукраїнський національний університет  
Тернопіль, Україна  
**E-mail:** anastasiamatviishyn005@gmail.com  
**ORCID:** 0009-0008-9998-6899

**Бринь В. Т.**

здобувач 4 курсу ОС «Бакалавр», спеціальності 201 «Агрономія»,  
кафедра агробіотехнологій,  
Західноукраїнський національний університет  
Тернопіль, Україна  
**E-mail:** viktorbryn@gmail.com  
**ORCID:** 0009-0002-5228-4001

## ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ

### Анотація

Протягом останніх десятиліть клімат нашої планети зазнав значних змін, основною причиною яких стали викиди парникових газів, які в минулому столітті досягли рекордного рівня за всю історію людства. Це підкреслює необхідність розроблення певних інструментів для адаптації різних сфер людської діяльності, зокрема і сільського господарства, до глобальних кліматичних змін. Метою статті є аналіз впливу змін клімату на особливості вирощування та врожайності основних сільськогосподарських культур. У результаті дослідження з'ясовано, що протягом останніх двадцяти років в Україні спостерігалися значні зміни температурного режиму та кількості опадів. Підвищення середньорічної температури призвело до збільшення кількості посух та зменшення рівня опадів у деяких регіонах. Проаналізовано динаміку врожайності основних сільськогосподарських культур в Україні, а саме пшениці, ячменю, соняшника та ріпаку, за період з 2017 по 2021 рік. Незважаючи на певні загрози, зміни клімату та переміщення кліматичних зон можуть принести і позитивні результати для аграрного сектора. Для озимих зернових культур на фоні загального підвищення температури повітря в останні роки позитивним фактором є відносно теплі зими, які дозволяють рослинам успішно перезимувати. Що стосується соняшника – однієї з головних сільськогосподарських культур України, то його врожайність сильно залежить від зовнішніх умов, ринкової кон'юнктури та просторового розподілу опадів. Тому аграрії країни повинні шукати нові адаптаційні стратегії для вирощування сільськогосподарських культур. У висновках зазначено, що зміни клімату мають неоднозначний вплив на сільське господарство України. Підвищення середньорічних температур і зміни режиму опадів можуть сприяти збільшенню врожайності в окремих регіонах. Проте, з іншого боку, збільшення частоти екстремальних погодних явищ, як-от посухи, зливи та сильні вітри, створює додаткові ризики для аграрної галузі. Для забезпечення стабільної врожайності виробникам сільськогосподарської продукції необхідно впроваджувати адаптаційні заходи та проводити моніторинг кліматичних змін, що дозволить мінімізувати їх негативний вплив.

**Ключові слова:** сільське господарство, глобальні зміни, агрокліматичні умови, врожайність культур.

**Вступ.** Глобальне змінення клімату створює загрози для сільського господарства. Протягом останніх 30 років аграрний сектор України зазнав суттєвих змін у зв'язку з глобальним потеплінням, при цьому країна продовжує залишатися важливим постачальником продовольства для багатьох країн світу. Висока мінливість погоди зумовлює значні коливання врожайності сільськогосподарських культур в Україні, а зміни клімату збільшують виробничі ризики та загрози для галузі рослинництва через коливання температури і кількості опадів [7]. Загалом, клімат є вирішальним фактором для сільськогосподарського виробництва, оскільки воно є найбільш залежною від цього фактору галуззю економіки [5]. Агропромисловий сектор по всьому світу змушений адаптуватися

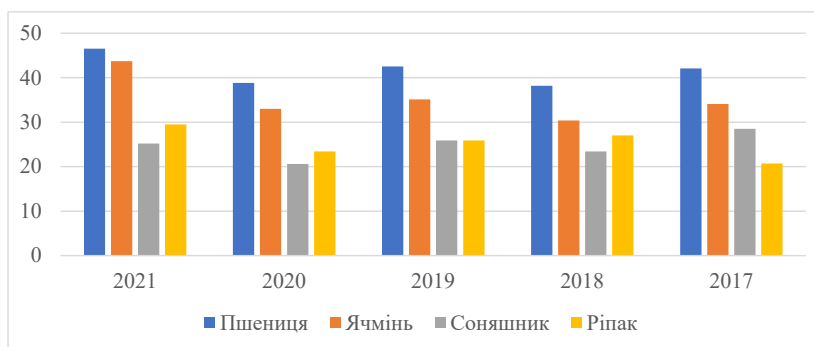
до нових кліматичних умов, щоб забезпечити продовольчу безпеку людства. У зв'язку із цим питання оцінювання впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування, продуктивність та валовий збір провідних культур набуває особливої актуальності.

**Мета статті** – дослідити вплив зміни клімату на врожайність основних сільськогосподарських культур в Україні.

**Вклад основного матеріалу дослідження.** Україна є важливим експортером зерна, зокрема пшениці, та іншої сільськогосподарської продукції до Європи та світу загалом. Аграрний сектор України, в основі якого лежить сільське господарство, відіграє ключову роль у забезпеченні національної та світової продовольчої безпеки. Він є рушійною силою для розвитку технологічно пов'язаних галузей національної економіки, сприяє надходженню іноземної валюти та підтримує зайнятість населення, особливо в сільськогосподарських регіонах на південному сході країни. У структурі сільськогосподарської продукції України домінує рослинництво, яке становить 78,2% (станом на 2022 р.) [6]. Суттєвий вплив на формування врожайності сільськогосподарських культур і просторової структури сільськогосподарського виробництва має клімат. Зміна клімату є природним і космічним процесом, але на це значно впливає і руйнівна діяльність людини. Цей вплив посилюється через такі аспекти:

- масова вирубка лісів у світі (за останнє десятиліття минулого століття площа лісів зменшилася на 135 млн га);
- викиди великої кількості вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), закису азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ) і метану ( $\text{CH}_4$ ) через застарілі технології (сільське господарство відповідальне за до 60% загальних викидів  $\text{N}_2\text{O}$  і  $\text{CH}_4$ );
- надмірне використання пасовищ, що призводить до їх перетворення на напівпустелі;
- розширення сільськогосподарських угідь через осушення заболочених територій та знищення луків [10].

Зміна клімату може спричинити нестабільність у цій галузі через вплив на врожайність сільськогосподарських культур, зростання ризиків екстремальних погодних явищ, а також вплив на інфраструктуру та водні ресурси. Протягом останнього двадцятиріччя кожен рік в Україні був теплішим за середньостатистичні показники за довготривалий період, причому 2020 рік став найспекотнішим як у Європі, так і в Україні, середні температури 1961–1990 рр. було перевищено на  $2,8^\circ\text{C}$ . З 2010 року країна стикалася з низкою кліматичних викликів, як-от сильні посухи, великі повені та руйнівні пожежі, які призвели до загибелі людей, матеріальних втрат і мали негативний вплив на ВВП. До кінця XXI століття може зменшитися кількість опадів влітку, особливо на півдні та південному сході країни, а на півночі є ймовірність збільшення дощів узимку. Протягом останніх 30 років приріст активних температур повітря вище  $+10^\circ\text{C}$  сягнув  $150^\circ\text{C}$  для зони Степу,  $200^\circ\text{C}$  – для Лісостепу та  $180^\circ\text{C}$  – для Полісся. З огляду на це було проаналізовано динаміку врожайності основних сільськогосподарських культур в Україні (рис. 1).



**Рис. 1.** Динаміка врожайності основних сільськогосподарських культур України 2017–2021 рр. (ц/га)

Джерело: [4].

Врожайність основних сільськогосподарських культур за вказаний період показала певні коливання, що зумовлені як агротехнічними, так і агроекологічними факторами. Аналіз статистичних даних про врожайність зернових культур у період з 2017 по 2021 рр. яскраво демонструє позитивну тенденцію до зростання врожайності. Сприятливі агрокліматичні умови та дотримання технічних вимог вирощування зернових (живлення рослин, захист від бур'янів і шкідників, дотримання вимог сівозміни тощо) сприяли підвищенню врожайності зернових і зернобобових культур протягом цього періоду. Позитивним фактором для озимих зернових культур на фоні загального підвищення температури повітря в останні роки є відносно теплі зими, які дозволяють рослинам успішно перезимувати і навіть пройти певний етап розвитку [7]. У сприятливі роки, коли зволоження відповідає нормі, врожайність озимої пшениці, як й інших зернових культур, на всій території України може зрости у 2–2,5 рази. Очікується, що в найближчій перспективі зміни клімату сприятимуть підвищенню врожайності озимої пшениці та інших зернових. Прогнози вказують, що озима і яра пшениця, рис, соя, ячмінь будуть рости значно краще, терміни їх дозрівання скоротяться, а врожайність збільшиться на 20–30% [5, с. 111].

Що стосується такої культури, як соняшник, то в цьому випадку хоча і спостерігається тенденція зниження врожайності в середньому по Україні (зокрема, через погодні умови наприкінці вегетації), проте культура має

значний потенціал в аграрному секторі країни. 2017, 2020 та 2022 роки були періодами значного спаду у виробництві соняшнику через економічні коливання, пандемію та війну в Україні. Водночас 2018, 2019 та 2021 рік відзначалися зростанням обсягів вирощування та врожаю. Аналіз динаміки валового збору соняшнику в Україні показує, що виробництво та врожайність сильно залежать від зовнішніх умов та ринкової кон'юнктури. На виробництво та врожайність соняшнику значно впливають також специфічні кліматичні умови, зокрема закономірний просторовий розподіл опадів у різних регіонах, що визначається загальними циркуляційними факторами. Це проявляється у зменшенні кількості опадів з півночі й північного заходу (у регіонах з меншими обсягами виробництва соняшнику) до півдня та південного сходу [2]. Зважаючи на недостатній рівень вологозабезпечення степової зони та тривалі посушливі періоди, можна зробити висновок, що в останні роки динаміка врожайності соняшнику виявилася значно кращою, ніж очікувалося, особливо в нетипових для цієї культури північних регіонах України.

В умовах зміни клімату спостерігається поступове перепрофілювання орних земель для вирощування сільськогосподарських культур, які мають потенційно вищу економічну вигоду. Так, за останні роки значно збільшилися площі посіву технічних культур через розширення посівних площ соняшнику, сої та ріпаку. За останні 30 років площі соняшнику зросли з 16,8 до 278,2 тис. га (у 16,6 рази), сої – з 1,3 до 70,4 тис. га (у 54,1 рази), ріпаку – з 7,8 до 11,3 тис. га (у 1,4 рази) [4].

Зміни клімату і переміщення кліматичних зон можуть принести й позитивні результати для аграрного сектора. Тож в Україні в останні роки створюються умови для вирощування двох врожаїв за один сезон не лише в південних, а й у північних областях. Аналізуючи просторові закономірності впливу термічних умов на врожайність соняшнику, можна зазначити, що зростання температури повітря в регіонах, які традиційно спеціалізуються на вирощуванні цієї культури, або мало незначний вплив на урожайність, або ж справило негативний ефект. Натомість у зоні Полісся та частково в Лісостепу врожайність соняшнику за високих температур значно зросла [1]. Можливим є такий варіант, що подальше підвищення температури в цих регіонах сприятиме збільшенню ефективності та обсягів виробництва соняшнику. Однак у регіонах, які наразі спеціалізуються на вирощуванні цієї культури, майбутнє підвищення температури може призвести до надмірного теплового стресу та зниження ефективності виробництва.

В умовах глобальних кліматичних змін визначальним чинником формування продуктивності посівів сільськогосподарських культур є природне вологозабезпечення. У результаті інтенсивного потепління структура сільськогосподарського виробництва в Україні значно змінилася. Яскравим прикладом зниження водозабезпечення через зміни клімату є період 2019–2020 рр., який характеризувався безсніжною зимою, аномально високими температурами, відсутністю весняного водопілля. Всі ці аспекти є прямим наслідком глобального потепління, що свідчить про зростання частоти та інтенсивності екстремальних погодних умов [8]. Згідно з прогнозами на 2030–2040 рр., водні ресурси степової зони України можуть знизитися на 40–50%, а на іншій території – на 24–40%.

З метою підтримання високого рівня врожайності сільськогосподарської підприємства кілька десятиліть тому почали активно використовувати воду з річок для зрошення угідь. Часте використання водних ресурсів без достатнього наукового та правового обґрунтування призвело до такої проблеми, як засолення ґрунтів. Зі збільшенням обсягу стоків з полів спостерігається зростання солоності малих річок. Малі водотоки формують значну частину стоків великих річок, оскільки вони зазнають прямого впливу. За останні 10 років в Україні почалася активна робота зі збереження та підтримання в належному стані великих річок, як-от Дніпро, Дунай, Південний Буг і Десна, а також магістральних каналів. Однак важливо зазначити, що без проведення меліоративних заходів на малих річках забруднення може потрапляти у великі водойми і викликати повторне забруднення. Наявність стійких органічних забруднювачів (СОЗ) у навколишньому середовищі може негативно впливати на екосистеми, включаючи ґрунти та водні ресурси. Забруднені ґрунти і води у свою чергу можуть знижувати якість сільськогосподарської продукції і зменшувати врожайність [9]. Тому варто і надалі приділяти значну увагу моніторингу малих річок і проводити регулярні дослідження [3].

Для підтримки продуктивного і стійкого сільського господарства в Україні необхідно впроваджувати ресурсозберезувальне землеробство, агролісомеліорацію та комплексні заходи боротьби зі шкідниками. Заходи з адаптації аграрного сектору України до зміни клімату повинні розроблятися з урахуванням міжнародного досвіду, а також національних та галузевих особливостей, як-от оцінювання вразливості, чинна нормативна база та рівень державного управління. Під час розроблення адаптаційних заходів для аграрного сектору України можуть бути враховані приклади політики інших країн, зокрема аграрне страхування (Австрія), система раннього попередження про посухи для фермерів (Німеччина) або субсидії на встановлення систем крапельного зрошення (Індія) [6]. Важливим кроком у розробленні політики адаптації аграрного сектору України може також стати інтеграція адаптаційних заходів у чинне ведення сільського господарства, включаючи державну підтримку аграрного сектору через дотації, часткову компенсацію кредитів, фінансування розвитку сільських територій.

**Висновки.** Глобальні зміни клімату становлять значну загрозу для сільського господарства, включаючи зниження продуктивності, нестабільність виробництва і доходів фермерів. Проте в найближчій перспективі прогнозоване підвищення температури може сприяти збільшенню врожайності, подовжуючи період вегетації деяких зернових культур і підвищуючи врожайність на півночі. В умовах зміни клімату відбувається поступове перепрофілювання орних земель на вирощування сільськогосподарських культур з потенційно вищою економічною вигодою. Наприклад, подальше підвищення температур у деяких регіонах, зокрема Полісся та частково Лісостепу, може підвищити ефективність і збільшити

обсяги виробництва соняшнику. Водночас у південних регіонах, які наразі спеціалізуються на вирощуванні цієї культури, подальше зростання температури може спричинити надмірний тепловий стрес і зниження ефективності виробництва. Загалом, урахування впливу зміни клімату на сільське господарство та продовольчу безпеку України потребує впровадження адаптаційних заходів на різних рівнях – від національної політики до рівня окремих домогосподарств.

#### Список використаних джерел

1. Вплив змін клімату на урожайність соняшнику в Північному Степу України: аналіз і прогноз. О. Л. Жигайло, та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 180–186. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.22> (дата звернення 15.08.2024).
2. Гузь М., Чухліб А., Симоненко О. Прогностична оцінка впливу кліматичних змін на виробництво соняшнику: аналіз рядів динаміки та моделювання трендів. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2024. № 1. С. 438–445. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-331-67> (дата звернення 15.08.2024).
3. Кобяков Д. О., Ремез А. О., Полева Ю. Л. Дослідження гідрологічних змін середньої ділянки річки Базавлук під впливом природних та антропогенних факторів. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивуції земель*. 2020. № 49. С. 94–100. <https://doi.org/10.15421/442008> (дата звернення 15.08.2024).
4. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 15.08.2024).
5. Шевченко О. В. Вплив кліматичних змін на сільськогосподарське землекористування в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 4. С. 108–114. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292725> (дата звернення 15.08.2024).
6. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. K. Abbass et al. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. № 29(28). P. 42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6> (дата звернення 15.08.2024).
7. Impact of climate change on the area of major crops. M. O. Yemelyanov et al. *Kosmična nauka i tehnologija*. 2022. Vol. 28, no. 2. P. 30–38. <https://doi.org/10.15407/knit2022.02.030> (дата звернення 15.08.2024).
8. Impact of climate change on water resources and agricultural production. M. I. Romashchenko et al. *Land Reclamation and Water Management*. 2020. № 1. P. 5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235> (дата звернення 15.08.2024).
9. Mykhailenko V., Safranov T. Estimation of Input of Unintentionally Produced Persistent Organic Pollutants into the Air Basin of the Odessa Industrial-and-Urban Agglomeration. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. Vol. 22, no. 9. P. 21–31. <https://doi.org/10.12911/22998993/141479> (дата звернення 15.08.2024).
10. Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. L. Moldavan, et al. *Sustainability*. 2023. № 15(13). P. 10517. <https://doi.org/10.3390/su151310517> (дата звернення 15.08.2024).

#### **Kryvokhyzha Ye. M.**

*Doctor of Agricultural Sciences,  
Senior Researcher, Professor at the Department of Agrobiotechnology,  
West Ukrainian National University  
Ternopil, Ukraine*

**E-mail:** ye.kryvokhyzha@ukr.net  
**ORCID:** 0000-0001-7270-6529

#### **Matviishyn A. I.**

*3rd-year Bachelor's student,  
Department of Ecology and Health Care,  
West Ukrainian National University  
Ternopil, Ukraine*

**E-mail:** anastasiamatviishyn005@gmail.com  
**ORCID:** 0009-0008-9998-6899

#### **Bryn V. T.**

*4th-year Bachelor's student,  
Department of Agrobiotechnology,  
West Ukrainian National University,  
Ternopil, Ukraine*

**E-mail:** viktorbryn@gmail.com  
**ORCID:** 0009-0002-5228-4001

## THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE YIELD OF THE MAIN AGRICULTURAL CROPS IN UKRAINE

#### *Abstract*

*During the last decades, the climate of our planet has undergone significant changes, the main cause of which was the emission of greenhouse gases, which in the last century reached a record level for the entire history of mankind. This emphasizes the need to develop various tools for the adaptation of various spheres of human activity, including agriculture, to global climate change. The*

purpose of the article was to analyze the impact of climate change on the characteristics of cultivation and yield of the main agricultural crops. As a result of the research, it was found that significant changes in the temperature regime and amount of precipitation were observed in Ukraine during the last twenty years. An increase in the average annual temperature has led to an increase in the number of droughts and a decrease in precipitation in some regions. The dynamics of yields of the main agricultural crops in Ukraine, namely wheat, barley, sunflower and rapeseed, for the period from 2017 to 2021 were analyzed. Despite certain threats, climate change and shifting of climatic zones can bring positive results for the agricultural sector. Relatively warm winters, which allow plants to successfully overwinter, are a positive factor for winter grain crops against the background of a general increase in air temperature in recent years. As for sunflower – one of the main agricultural crops of Ukraine, its yield strongly depends on external conditions, market conditions and spatial distribution of precipitation. Therefore, the country's agrarians must look for new adaptive strategies for growing crops. The conclusions indicate that climate change has an ambiguous impact on the agriculture of Ukraine. An increase in average annual temperatures and changes in the precipitation regime can contribute to an increase in yield in certain regions. However, on the other hand, increasing frequency of extreme weather events such as droughts, heavy rains and strong winds poses additional risks to crop yields. In order to ensure a stable yield, producers of agricultural products need to implement adaptation measures and monitor climate changes, which will minimize their negative impact.

**Key words:** agriculture, global changes, agro-climatic conditions, crop yield.

### References

1. Zhygailo, O. L., Volvach, O. V., Tolmachova, A. V., & Kostiukievych, T. K. (2021). Vplyv zmin klimatu na urozhainist soniashnyku v Pivnichnomu Stepu Ukrainy: analiz i prohnaz [The influence of climate change on sunflower yield in the Northern Steppe of Ukraine: analysis and forecast]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 180–186. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.22> [in Ukrainian].
2. Huz, M., Chukhlib, A., & Symonenko, O. (2024). Prohnostychna otsinka vplyvu klimatychnykh zmin na vyrobnytstvo soniashnyku: analiz riadiv dynamiky ta modeliuvannya trendiv [Predictive assessment of the impact of climate change on sunflower production: analysis of dynamic series and modeling of trends]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu – Bulletin of the Khmelnytskyi National University*, 1, 438–445. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-331-67> [in Ukrainian].
3. Kobayakov, D. A., Remez, A. A., & Poleva, J. L. (2020). Doslidzhennia hidrolohichnykh zmin serednoi dilianky richky Bazavluk pid vplyvom pryrodnykh ta antropohennykh faktoriv [Study of hydrological changes in the middle section of the Bazavluk river under the influence of natural and anthropogenic factors]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel – Issues of steppe forestry and forest land reclamation*, 49, 94–100. <https://doi.org/10.15421/442008> [in Ukrainian].
4. Ofitsiyni sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Official website of the State Statistics Service of Ukraine]. Retrieved from: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
5. Shevchenko, O.V. (2023). Vplyv klimatychnykh zmin na silskohospodarske zemlekorystuvannya v Ukraini [The influence of climatic changes on agricultural land use in Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – Balanced nature management*, 4, 108–114. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292725> [in Ukrainian].
6. Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6> [in English].
7. Yemelyanov, M. O., Shelestov, A. Y., Yailymova, H. O., & Shumilo, L. L. (2022). Impact of climate change on the area of major crops. *Kosmichna nauka i tehnologiâ – Space science and technology*, 28(2), 30–38. <https://doi.org/10.15407/knit2022.02.030> [in Ukrainian].
8. Romashchenko, M. I., Husyev, Y. V., Shatkovskiy, A. P., Saidak, R. V., Yatsyuk, M. V., Shevchenko, A. M., & Matiash, T. V. (2020). Impact of climate change on water resources and agricultural production. *Land Reclamation and Water Management*, 1, 5–22. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235> [in Ukrainian].
9. Mykhailenko, V., & Safranov, T. (2021). Estimation of Input of Unintentionally Produced Persistent Organic Pollutants into the Air Basin of the Odessa Industrial-and-Urban Agglomeration. *Journal of Ecological Engineering*, 22(9), 21–31. <https://doi.org/10.12911/22998993/141479> [in English].
10. Moldavan, L., Pimenowa, O., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2023). Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. *Sustainability*, 15(13), 10517. <https://doi.org/10.3390/su151310517> [in English].

УДК 911. 631:42

**Ласло О. О.**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри землеробства і агрохімії імені В. І. Сазанова,  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна  
**E-mail:** oksana.laslo@pdaa.edu.ua  
**ORCID:** 0000-0002-0101-4442

**Олепир Р. В.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри землеробства і агрохімії імені В. І. Сазанова,  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна  
**E-mail:** roman.olepir@pdaa.edu.ua  
**ORCID:** 0000-0002-0825-7914

**Диченко О. Ю.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля,  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтава, Україна  
**E-mail:** oksana.dychenko@pdau.edu.ua  
**ORCID:** 0000-0003-0113-9998

## ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ВМІСТОМ ҐУМУСУ

### Анотація

У статті висвітлено питання моніторингу та оцінки продуктивності земель сільськогосподарського призначення, а також системи спостереження за їх станом, цільовим використанням з метою вчасного виявлення змін та уникнення негативних наслідків. Результатом досліджень є аналіз родючості ґрунтів Полтавської області у розрізі ОТГ та районів за параметром: зміни запасів гумусу. Встановлено, що за час проведення досліджень X та XI турів агрохімічних обстежень ґрунтів Полтавської області, під час яких визначено вміст гумусу, зміни актуальної та обмінної кислотності та вміст основних макроелементів, окреслено заходи контролю за станом земель сільськогосподарського призначення, що дозволяє використовувати результати цих досліджень для виявлення змін стану й структури земельних угідь, ґрунтового покриву, оцінки земель, поширення ерозійних процесів та рівня екологічної стійкості ландшафтів. Дослідженнями встановлено, що вміст гумусу у Лубенському та Кременчуцькому районах середній (2,1–3,0%) і підвищений (3,1–4,0%) показники, тоді як для Полтавського та Миргородського районів характерний і високий рівень (4,1–5,0%) вмісту гумусу. Результати досліджень підтверджують що високий вміст гумусу мають ґрунти Великобагачанської (4,4%) та Карлівської (4,22%) ОТГ. Тоді як середній рівень (2,1–3,0%) вмісту гумусу відмічено у Пирятинській (2,74%), Чорнухинській (2,76%), Лохвицькій (2,97%), Гадацькій (2,99%), Козельщанській (3,03%), Кременчуцькій (2,72%) та Кобеляцькій (3,09%) ОТГ. Шістнадцять ОТГ області мають підвищений вміст гумусу у ґрунтах, що характеризується у межах 3,1–4,0%. Результати моніторингу ґрунтів є важливим заходом при регулюванні земельних відносин. Вони використовуються для економічної та грошової оцінки земель, встановлення розмірів плати за землю, планування заходів щодо відновлення родючості ґрунтів та підвищення урожайності, коригування агротехнологій та проведення еколого-агрохімічного районування території. Його основною метою є вчасне виявлення змін у їх стані, оцінка, запобігання негативним наслідкам процесів та розроблення науково обґрунтованих систем землеробства.

**Ключові слова:** моніторинг земель, екологічний моніторинг ґрунтів, оцінка земель, гумус, картографування, родючість ґрунту.

**Вступ.** Останнім часом землі сільськогосподарського призначення нашої держави зазнали значної деградації в процесі їх використання, і пов'язано це не тільки з агровиробництвом. Причиною є деградація ґрунтового покриву унаслідок військової агресії, видобування корисних копалин; експлуатації ґрунтів селітебних територій та інше. А серед наслідків – декальцинація, затоплення, зсуви, селі і багато інших деградаційних процесів [1; 5].

Контролювати продуктивний шар ґрунтів більш ніж важливо: це завдання якраз і стоїть перед службою моніторингу ґрунтів.

Моніторинг земель – це більш широке поняття, ніж моніторинг ґрунтів, що визначений за чинним Земельним кодексом України як система спостереження за станом земель, їхнім цільовим використанням з метою вчасного виявлення змін та їх оцінки, а також уникнення та усунення негативних наслідків.

Моніторинг ґрунтів полягає в систематичній оцінці змін якісного та кількісного складу ґрунтів у часі, а також контролі за наявністю та вмістом у них токсичних речовин, таких як важкі метали, радіонукліди, нітрати, залишки пестицидів та інші хімічні забруднювачі неорганічного й органічного походження. Моніторинг ґрунтів тісно пов'язаний із земельним кадастром, оскільки містить достовірну та необхідну інформацію про природно-господарський та правовий стан земель [4].

Так, головною метою системи моніторингу ґрунтів є збирання інформації для уявлення про загальний стан ґрунтового покриву.

Ґрунти піддаються деградаційним процесам, таким як вторинне засолення, підтоплення, заболочення, дегуміфікація, що спричиняє утворення забрудненої для здоров'я людей екосистеми [3]. Не менш важливою для контролю стану ґрунтів є оцінка їх продуктивності.

Як об'єкти ґрунтового моніторингу доцільно використовувати наступні класифікації:

- види та різновидності ґрунтів в межах однієї ґрунтової провінції;
- еталонні об'єкти на ґрунтах із сільськогосподарським їх призначенням;
- ґрунтоутворні породи – їх стан та рівень забруднення, що впливає на ступінь забруднення ґрунту;
- підґрунтові та підземні води;
- клімат: температура повітря; кількість днів із сильними вітрами; опади та їх розподіл протягом року; середня швидкість вітру під час пилових бур [6].

Дослідження Полтавської області здійснюється на основі X та XI турів агрохімічних обстежень ґрунтів, під час яких визначено вміст гумусу, зміни актуальної та обмінної кислотності та вміст основних макроелементів. Контроль за станом ґрунтів дозволяє використовувати результати цих досліджень для виявлення змін стану та структури земельних угідь та ґрунтового покриву, оцінки земель, поширення ерозійних процесів та рівня екологічної стійкості ландшафтів [2].

Щодо визначення вмісту гумусу, використовують різні методи. Значна сезонна динаміка вмісту органічної речовини в ґрунтах також була врахована [7].

Отже, моніторинг земель є складним та багатоступінним процесом, спрямованим на систематичне збирання об'єктивної та всебічної інформації про стан його ресурсів. А метою є упорядкування земельних відносин, встановлення цінності землі та вибір необхідних заходів для регулювання стану земель.

**Мета.** Контроль родючості ґрунтів Полтавської області у розрізі ОТГ та районів за параметром: зміни запасів гумусу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В українському законодавстві передбачено проведення моніторингу ґрунтів на землях, що використовуються для сільськогосподарських цілей, з метою охорони земельних ресурсів. Один із основних завдань моніторингу полягає в прогнозуванні еколого-економічних наслідків деградації земель та у вжитті заходів щодо запобігання або усунення негативних процесів [9].

Моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення Полтавщини проводиться відповідно до загальнодержавних та регіональних програм моніторингу ґрунтів. Його основною метою є вчасне виявлення змін у стані ґрунтів, їх оцінка, запобігання негативним наслідкам процесів та розроблення науково обґрунтованих систем землеробства й агротехнологій [7].

У дослідженнях використовували близький вид моніторингу за допомогою об'єктів наземного базування. Методи, що застосовували у дослідженні: традиційний (ручний відбір проб + лабораторний аналіз у лабораторії ДП ДГ «Степне» Інституту свинарства і АПВ НААН України); автоматизовані засоби збору місцевизначеної інформації; вимірювання місцевизначених параметрів в реальному часі в безперервному або циклічному режимах [8].

У таблиці 1 представлено розподіл ґрунтів Полтавщини за традиційною школою. Слід відмітити, що категорії вмісту гумусу такі як: дуже низький <1,1%; низький 1,1–2,0%; дуже високий >5,0% не включені у шкалу і не відображені на картограмі 1, як такі, що відсутні за кількісними показниками.

З таблиці 1, що характеризує вміст гумусу у ґрунтах Полтавської області у розрізі районів можемо стверджувати, що ґрунти Лубенського та Кременчуцького районів мають середній (2,1–3,0%) і підвищений (3,1–4,0%) показники, тоді як для Полтавського та Миргородського районів характерний і високий рівень (4,1–5,0%).

**Таблиця 1. Шкала визначення вмісту гумусу у ґрунтах Полтавської області у розрізі районів**

Райони	Вміст гумусу, %		
	середній 2,1–3,0%	підвищений 3,1–4,0%	високий 4,1–5,0%
Полтавський (ОТГ: Зіньківська, Котелевська, Диканська, Чутівська, Карлівська, Машівська, Полтавська, Решетилівська, Кобеляцька, Новосанжарська)	+	+	+
Кременчуцький (ОТГ: Семенівська, Глобинська, Козельщанська, Кременчуцька)	+	+	
Миргородський (ОТГ: Лохвицька, Миргородська, Гадяцька, Шишацька, Великобагачанська)	+	+	+
Лубенський (ОТГ: Пирятинська, Чорнухинська, Гребінківська, Лубенська, Оржицька, Хорольська)	+	+	

[авторська розробка]

Більш детально на картограмі рис. 1, показано розподіл вмісту гумусу у розрізі ОТГ Полтавської області. З чого слідує, що високий вміст гумусу мають ґрунти Великобагачанської (4,4%) та Карлівської (4,22%) ОТГ. Тоді як середній рівень (2,1–3,0%) вмісту гумусу відмічено у Пирятинській (2,74%), Чорнухинській (2,76%), Лохвицькій (2,97%), Гадяцькій (2,99%), Козельщанській (3,03%), Кременчуцькій (2,72%) та Кобеляцькій (3,09%) ОТГ. Шістнадцять ОТГ області мають підвищений вміст гумусу у ґрунтах, що характеризується у межах 3,1–4,0%.

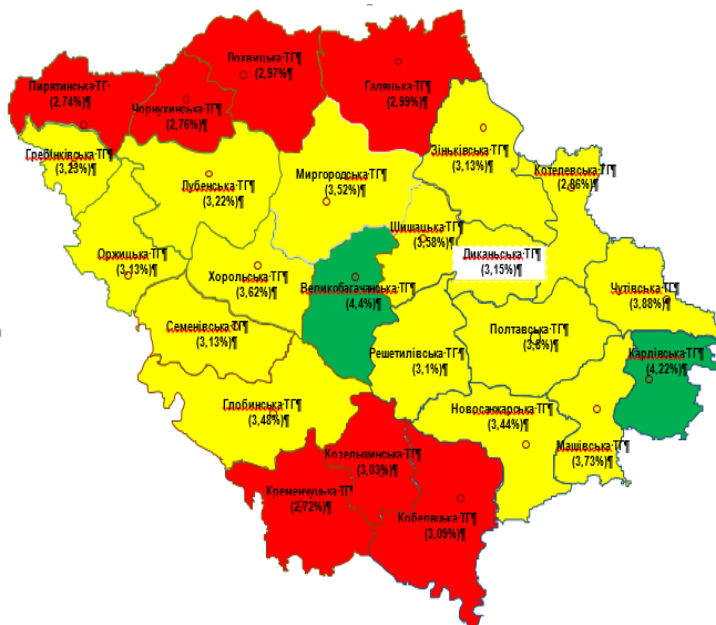


Рис. 1. Вміст гумусу у ґрунтах Полтавської області

[авторська розробка]

Оскільки гумус є ключовим показником родючості ґрунту, що визначає результативність сільськогосподарських угідь, його основні характеристики також використовуються для моніторингу довкілля. Як бачимо з досліджень, тривалі зміни вмісту гумусу у ґрунті є одним із основних критеріїв оцінки ефективності систем землеробства Полтавщини з огляду на їх вплив на родючість ґрунту. Так, баланс гумусу може бути бездефіцитним, коли втрати компенсуються новоутворенням, додатним – коли надлишок перевищує втрати, і дефіцитним (від'ємним), коли втрати гумусу перевищують його накопичення [1; 9].

Наукові дослідження та виробничий досвід переконливо свідчать, що зменшення кількості гумусу та дисбаланс поживних речовин призводять до погіршення родючості ґрунтового покриву. Якість продуктів харчування, чистота підземних та поверхневих вод, а також здоров'я населення безумовно залежать від рівня гумусу в ґрунті [10]. Втрати або накопичення гумусу залежать від різноманітних факторів, таких як обсяг внесення органічних добрив, структура посівних площ, площа під багаторічними травами, методи обробки ґрунту, кількість рослинної маси, залишеної на полі, використання сидератів, а також внесення мінеральних добрив і меліорантів.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Отже, результати моніторингу ґрунтів є важливим заходом при регулюванні земельних відносин. Вони використовуються для економічної та грошової оцінки земель, встановлення розмірів плати за землю, планування заходів щодо відновлення родючості ґрунтів та підвищення урожайності, коригування агротехнологій та проведення еколого-агрохімічного районування території. Крім того, дані також використовуються для визначення зон виробництва сільськогосподарської продукції для дитячого та дієтичного харчування, а також для розроблення рекомендацій щодо безпечного застосування агропестицидів. Тому, для фахівців надзвичайно важливим є питання відновлення родючості, що передбачає забезпечення позитивного балансу гумусу та поживних елементів. Контроль за динамікою ґрунтоутворюючих процесів включає облік балансу гумусу та поживних речовин, тому для досягнення стабілізації вмісту гумусу в ґрунті без дефіциту можна застосовувати ряд агротехнічних заходів у землеробстві.

#### Список використаних джерел

1. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В. Моніторинг і оцінка якості ґрунтів та земель. Навчальний посібник. К. НУБіП України, 2016. 416 с.
2. Екологічний паспорт Полтавської області (2022 рік). URL: <https://nupp.edu.ua/page/iformatsiyno-monitoringoviysentr-dovkilliya-poltavshchini.html> (режим звернення 11.08.2024).
3. Ковальчук І.П., Волошин П.К., Михович А.В. Екологічний моніторинг регіону: експертна оцінка стану і функціонування. Львів: ГО «Опілля-Л», 2009. 608 с.



4. Крупко Г.Д., Лисиця А.В., Толочик І.Л., Портухай О.І. Моніторинг агроекологічного стану ґрунтів окремих територіальних громад волинського Полісся. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 4. С. 104–114. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.12>.

5. Кузін Н.В. Екологічний моніторинг деградованих і малопродуктивних земель як основа оцінки рівня деградаційних процесів в сільськогосподарському землекористуванні. *Ефективна економіка*, 2017. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5563>.

6. Моніторинг ґрунтів та земель: для чого та як він здійснюється. URL: <https://apk.hlr.ua/articles/monitoring-pochv-i-zemel-dlya-chego-i-kak-on-osushhestvlyaetsya> (режим звернення 10.08.2024).

7. Панас Р., Маланчук М. Сучасні проблеми здійснення моніторингу ґрунтового покриву України. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2013. Вип. 78. С. 201–205. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1541/gka78201333.pdf> (режим звертання 10.08.2024).

8. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області у 2022 році. URL: <https://nupp.edu.ua/page/iformatsiyno-monitoringoviy-tsentr-dovkillya-poltavshchini.html> (режим звернення 11.08.2024).

9. Тараріко Ю.О., Величко В.А., Личук Г.І. Шляхи підвищення ефективності та конкурентоспроможності агроєкосистеми. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 4. С. 63–69.

10. Фурдичко О.І. Екологічні проблеми стану агросфери в контексті збалансованого розвитку природокористування в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2015. № 1. С. 5–11.

**Laslo O. O.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor*

*Associate Professor at the Department of agriculture and agrochemistry named after V. I. Sazanova,*

*Poltava State Agrarian University*

*Poltava, Ukraine*

**E-mail:** [oksana.laslo@pdaa.edu.ua](mailto:oksana.laslo@pdaa.edu.ua)

**ORCID:** 0000-0002-0101-4442

**Olepir R. V.**

*Candidate of Agricultural Sciences,*

*Associate Professor at the Department of agriculture and agrochemistry named after V. I. Sazanova,*

*Poltava State Agrarian University*

*Poltava, Ukraine*

**E-mail:** [roman.olepir@pdaa.edu.ua](mailto:roman.olepir@pdaa.edu.ua)

**ORCID:** 0000-0002-0825-7914

**Dychenko O. O.**

*Candidate of Agricultural Sciences,*

*Associate Professor at the Department Ecology, Balanced Nature Management and Environmental Protection,*

*Poltava State Agrarian University*

*Poltava, Ukraine*

**E-mail:** [oksana.dychenko@pdau.edu.ua](mailto:oksana.dychenko@pdau.edu.ua)

**ORCID:** 0000-0003-0113-9998

## EVALUATION OF SOIL PRODUCTIVITY BY HUMUS CONTENT

### **Abstract**

The article covers the issue of monitoring and evaluating the productivity of agricultural lands, as well as the system of monitoring their condition and intended use in order to detect changes in time and avoid negative consequences.

The result of the research is an analysis of the soil fertility of the Poltava region in terms of territorial communities and districts according to the parameter: changes in humus reserves. It was established that during the X and XI rounds of agrochemical surveys of soils of the Poltava region, during which the content of humus, changes in actual and exchangeable acidity, and the content of the main macroelements were determined, control measures for the condition of agricultural lands were outlined, which allows the use of the results of these studies for detection of changes in the condition and structure of land, soil cover, land evaluation, the spread of erosion processes and the level of ecological stability of landscapes. Research has established that the content of humus in the Lubensky and Kremenchutsk districts is average (2.1–3.0%) and elevated (3.1–4.0%) indicators, while the Poltava and Myrhorod districts are characterized by a high level (4, 1–5.0%) of humus content. The research results confirm that the soils of the Velikobagachanska (4.4%) and Karlivska (4.22%) territorial communities have a high humus content. While the average level (2.1–3.0%) of humus content was noted in Pyryatynska (2.74%), Chornukhinska (2.76%), Lohvytska (2.97%), Hadiatska (2.99%), Kozelshchanska (3.03%), Kremenchutska (2.72%) and Kobeliatka (3.09%) territorial communities. Sixteen territorial communities of the region have an increased content of humus in the soil, which is characterized in the range of 3.1–4.0%. The results of soil monitoring are an important measure in the regulation of land relations. They are used for the economic and monetary assessment of land, setting the amount of payment for land, planning measures to restore soil fertility and increase productivity, adjust agricultural technologies, and carry out ecological and agrochemical zoning of the territory. Its main goal is timely detection of changes in their condition, assessment, prevention of negative consequences of processes and development of scientifically based farming systems.

**Key words:** land monitoring, soil ecological monitoring, land assessment, humus, mapping, soil fertility.

## References

1. Bulygin, S. Yu., & Vitvitskyi, S. V. (2016). Monitorynh i otsinka yakosti gruntiv ta zemel [Monitoring and assessment of soil and land quality]. Navchalnyi posibnyk. K. NUBiP Ukrainy. 416 [in Ukrainian].
2. Ekolohichniy pasport Poltavskoi oblasti [Ecological passport of the Poltava region]. Retrieved from: <https://nupp.edu.ua/page/iformatsiyno-monitoringoviy-tsentr-dovkillya-poltavshchini.html> [in Ukrainian].
3. Kovalchuk, I. P., Voloshyn, P. K., & Mykhovich, A. V. (2009). Ekolohichniy monitorynh rehionu: ekspertna otsinka stanu i funktsionuvannya [Ecological monitoring of the region: expert assessment of the state and functioning]. Lviv: HO «Opillia-L». 608 p. [in Ukrainian].
4. Krupko, G. D., Lysytsia, A. V., Tolochyk, I. L., & Portukhai, O. I. (2023). Monitorynh ahroekolohichnoho stanu gruntiv okremykh terytorialnykh hromad volynskoho Polissia [Monitoring of the agro-ecological condition of the soils of individual territorial communities of the Volyn Polissia]. Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkykh nauk – Ukrainian Journal of Natural Sciences, 4, 104–114. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.12> [in Ukrainian].
5. Kuzin, N. V. (2017). Ekolohichniy monitorynh dehradovanykh i maloproduktyvnykh zemel yak osnova otsinky rivnia dehradatsiynykh protsesiv v silskohospodarskomu zemlekorystuvanni [Ecological monitoring of degraded and unproductive lands as a basis for assessing the level of degradation processes in agricultural land use]. Efektyvna ekonomika – Efficient economy, 1. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5563> [in Ukrainian].
6. Monitorynh gruntiv ta zemel: dlia choho ta yak vin zdiisniuietsia [Soil and land monitoring: why and how it is carried out]. Retrieved from: <https://apk.hlr.ua/articles/monitoring-pochv-i-zemel-dlya-chego-i-kak-on-osushhestvlyaetsya> [in Ukrainian].
7. Panas, R., & Malanchuk, M. (2013). Suchasni problemy zdiisnennia monitorynhu gruntovoho pokryvu Ukrainy [Modern problems of land cover monitoring in Ukraine]. Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznmannia – Geodesy, cartography and aerial photography, 78, 201–205. Retrieved from: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1541/gka78201333.pdf> [in Ukrainian].
8. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Poltavskii oblasti u 2022 rotsi [Regional report on the state of the natural environment in the Poltava region in 2022]. Retrieved from: <https://nupp.edu.ua/page/iformatsiyno-monitoringoviy-tsentr-dovkillya-poltavshchini.html> [in Ukrainian].
9. Tarariko, Yu. O., Velichko, V. A., & Lychuk, G. I. (2008). Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti ta konkurentospromozhnosti ahroekosystemy [Ways to improve the efficiency and competitiveness of the agroecosystem]. Visnyk ahrarynoi nauky – Herald of Agrarian Science, 4, 63–69 [in Ukrainian].
10. Furdychko, O. I. (2015). Ekolohichni problemy stanu ahrosfery v konteksti zbalansovanoho rozvytku pryrodokorystuvannia v Ukraini [Ecological problems of the agricultural sector in the context of balanced development of nature use in Ukraine]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management, 1, 5–11 [in Ukrainian].

УДК 635.656:551.583.2:631.5

**Мулярчук О. І.**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
завідувач кафедри садівництва і виноградарства,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Кам'янець-Подільський, Україна  
**E-mail:** oksankarom777@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0003-2072-8536

**Степанченко В. М.**

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

**Козіна Т. В.**

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

## ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ РОСЛИН ГОРОХУ ОВОЧЕВОГО ЗАЛЕЖНО ВІД БІОЛОГІЧНОГО ФАКТОРУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

### Анотація

У результаті симбіозу з бульбочковими бактеріями рослини гороху овочевого здатні засвоювати з атмосфери вільний азот і накопичувати в ґрунті за період вегетації культури 40–50 кг/га азоту, що рівноцінно внесенню 10 т/га гною або 1,5 ц/га аміачної селітри. Разом з поживною цінністю свіжої і переробленої продукції широкому поширенню овочевого гороху сприяло використання у виробництві прогресивних технологій вирощування культури, що передбачає вирощування високопродуктивних, стійких до полягання, перезрівання зерна, хвороб і шкідників сортів, використання передових агротехнічних заходів обробітку ґрунту, підготовки насінневого матеріалу, вибір оптимального співвідношення сортів різних груп скоростиглості, застосування ефективної системи застосування добрив, захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб, удосконалювання способів збирання і доставки сировини на переробні підприємства.

У статті наведено результати досліджень щодо вивчення впливу сортів – як біологічного фактору на ріст і розвиток рослин гороху овочевого. Забезпечення високого рівня продуктивності гороху овочевого в умовах Лісостепу Західного України досягається в першу чергу, шляхом використання високопродуктивних сортів. Значний вплив на формування високоякісного урожаю в останні роки має значна зміна клімату яка проявляється в підвищенні температури повітря і зменшенню кількості опадів в найбільш критичні періоди росту і розвитку.

Встановлено, що в середньому за роки досліджень технічна стиглість у сортів Луцильний, Амалфі, Вівадо, Вінко настала через 80–87 діб від з'явлення сходів. А у сортів Глоріверт, Сієнна і Шервуд технічна стиглість у середньому за роки досліджень настала через 88–97 діб від з'явлення сходів.

Фотосинтез та інтенсивність процесів росту зернобобових культур, в тому числі і гороху овочевого, супроводжуються накопиченням сухої речовини (вегетативної і генеративної маси) в рослинах впродовж онтогенезу. Проте інтенсивністю накопичення сухої речовини горохом тісно пов'язана з погодними умовами вегетативного періоду. У всіх зернобобових, в тому числі й в гороху овочевого, у накопиченні сухої речовини спостерігається певна закономірність.

**Ключові слова:** горох овочевий, ріст і розвиток, сорти, фенофази, вегетаційний період, міжфазний період.

**Вступ.** Овочевий горох (латинською *Pisum sativum* L., англійською мовою Garden Pea) займає особливе місце серед інших овочевих культур. Горох овочевий – однолітня трав'яниста рослина зі стеблом, що полягає, висотою 15–50 см і більше. Вегетаційний період гороху від сходів до цвітіння – 30–45 днів, до технічної стиглості бобів – 45–75 днів, до повної стиглості насіння у бобах – 60–110 днів. Горох типовий мезофит. Він добре вдається в районах з великою кількістю опадів, однак і в посушливій зоні за умови максимального нагромадження в ґрунті вологи в осінньо-зимовий період, при снігозатриманні і мінімальному обробітку ґрунту навесні дає високі врожаї, тому що формує кореневу систему проникаючу в глибокі шари ґрунту.

Високого рівня стояння ґрунтових вод овочевий горох не виносить. До недоліку вологи овочевий горох особливо чутливий за 2–3 тижні до цвітіння, і у момент цвітіння до наливу зерна. При регулярному випаданні опадів або проведенні поливів у вищезгадані періоди горох дає 25–35% зеленої маси і 8–10 т зелених бобів з 1 га. Досить широкий ареал його розповсюдження у світі визначається високою харчовою і дієтичною цінністю, біологічними особливостями культури, що дозволяють вирощувати її в різних ґрунтово-кліматичних зонах земної кулі, у тому числі і на Україні. Овочевий горох характеризується дуже високим ступенем утилізації врожаю і продуктів життєдіяльності рослин. Збалансоване сполучення білково-вуглеводного комплексу, біологічно активні і мінеральні речовини роблять овочевий горох цінним джерелом харчового білка, обсяг якого в перерахунок на 1 га посіву культури складає 290 кг [10, с. 195].

Овочевий горох – один із кращих попередників для більшості овочевих культур і входить до складу багатьох сівозмін. Завдяки короткому вегетаційному періоду, повній механізації процесів вирощування і збирання він добре впливає на структуру ґрунту, створює сприятливі умови для нагромадження в її верхніх шарах легкодоступних форм елементів живлення.

Овочевий горох має високий потенціал врожайності і при сприятливих погодно-кліматичних умовах передові господарства різних зон України одержують по 5–8 т/га зеленого горошку [10, с. 196].

Ріст і розвиток рослин та формування їх продуктивності є важливими показниками, які характеризують продукційний процес в сільськогосподарських культурах, зокрема у гороху овочевого [1, с. 37–39].

Інтенсивність ростових процесів прямо пропорційно збільшує продуктивність бобових культур [2, с. 12]. У свою чергу інтенсифікація процесів росту і розвитку обумовлюється впливом екологічних, едафічних, та біотичних факторів, проте домінуюча роль належить сортам і технології вирощування [3, с. 25]. Доля впливу технологічних прийомів у формуванні продуктивності бобових культур за сприятливої взаємодії нерегульованих факторів може досягти 85% і більше [4, с. 32]. На відміну від технологічних заходів, роль сорту, як одного із найбільш достовірних і ефективних засобів виробництва, постійно зростає і його вклад за даними останніх років, у приріст врожайності оцінюється в 30–50% [5, с. 42].

Головною умовою збільшення валових зборів зерна гороху і покращення показників ефективності його виробництва є розробка та впровадження у виробництво сучасних технологічних заходів підвищення продуктивності культури [8, с. 66–69].

Використання регуляторів росту в технології вирощування сучасних сортів гороху овочевого впливало на тривалість вегетаційного періоду – в кращих варіантах він скорочувався на 5 і 6 діб. Найвищу врожайність зерна гороху овочевого сорту Гермес отримали у варіантах обробки насіння регуляторами росту Марс-ELBI і Марс EL (террастим) [7, с. 86].

Отже, важливо зазначити, що поява на ринку нових сортів і удосконалених технологій вирощування, а також значна зміна температурних умов і вмісту вологи, викликає необхідність виявлення сортових особливостей формування врожайності та якості зерна гороху овочевого у динаміці процесів росту, розвитку рослин і показників їх продуктивності.

**Метою** наших досліджень було встановити біологічні особливості сортів гороху овочевого, залежно від строків сівби в умовах зміни клімату; визначити вплив погодних умов і сортових особливостей на проходження основних фенофаз росту і розвитку рослин сортів гороху овочевого, а також тривалість міжфазних періодів.

Дослідження проводили впродовж 2018–2021 рр. на НДЦ «Поділля» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет». Ґрунт характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу в шарі 0–20 см 4,2%, азоту, що гідролізується – 7,85 мг (за Тюрніним і Коновою), рухомого фосфору – 15,3 мг (за Чириковим), обмінного калію – 21,3 мг на 100 г ґрунту (за Масловою).

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

Повторність польового досліду – триразова. Розміщення варіантів і повторень – систематичне. Посівна площа ділянки – 36 м<sup>2</sup>, облікова – 26 м<sup>2</sup>. Попередником гороху овочевого в досліді була кукурудза на зерно.

Для вирішення поставлених завдань потрібно було провести низку спостережень, обліків і аналізів. Фенологічні спостереження за ростом та розвитком гороху проводили в основні фази росту і розвитку культури згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [6, с. 50]. Аналіз структури урожаю проводили за пробними снопами із двох несуміжних повторень. Облік урожайності проводився із кожної ділянки методом суцільного обмолоту комбайном SAMP0-500. Математичний аналіз результатів польових і лабораторних дослідів виконували за допомогою дисперсійного методу.

**Вклад основного матеріалу дослідження.** Тривалість вегетаційного періоду сільськогосподарських культур є генетично обумовленою ознакою. В однорічних культур норма реакції за дією ознакою на зміну факторів зовнішнього середовища складає 5–9% [4, с. 157]. У сортів однієї культури вона може бути неоднаковою, що пов'язано із впливом багатьох факторів: екотип сорту, група стиглості, типу росту [5, с. 178].

Веgetаційний період та тривалість його в значній мірі визначає придатність сорту до вирощування в конкретній ґрунтово-кліматичній зоні. Тривалість вегетаційного періоду подовжує чи скорочує термін споживання рослинами фотосинтетичної активної радіації, вологи, елементів живлення. Тому тривалість вегетації рослин впливає на формування показників продуктивності посіву [9, с. 43].

Експериментальними дослідженнями встановлено, що ріст і розвиток рослин різних сортів протягом вегетаційного періоду проходять неодноразово, спостерігалися певні відмінності у посиленні основних фенологічних фаз (табл. 1).

Отримані результати досліджень свідчать, що за сівби 4–7 квітня масові сходи з'явилися 12.04–23.04 квітня. Найраніше поява сходів відмічена у сортів Луцильний і Амалфі – 12–13 квітня. Проміжне місце мали сорти Вівадо, Вінко, Глоріверт, в яких масові сходи відмічено 14–16 квітня, лише у сортів Сіенна і Шервуд – 22–23 квітня.

**Таблиця 1. Дати проходження основних фенофаз росту і розвитку рослин сортів гороху овочевого (середнє за 2018–2021 рр.)**

Сорт	Масові сходи	Масове цвітіння	Технічна стиглість
Луцильний(к)*	12.04	17.05	7.07
Амалфі	13.04	18.05	8.07
Вівадо	14.04	20.05	10.07
Вінко	15.04	23.05	13.07
Глоріверт	16.04	24.05	13.07
Сіенна	22.04	29.05	19.07
Шервуд	23.04	30.05	20.07

Примітка: (к)\* – контроль.

Початок цвітіння спостерігався – з 19 травня по 1 червня. Першими цієї фази росту і розвитку досягли рослини сортів Луцильний і АМАЛФІ – 19–20 травня. Найпізніше фазу цвітіння відмічено 30 травня у сорту Шервуд.

Вивчення міжфазних періодів розвитку показало, що умови вирощування впливають на швидкість проходження етапів розвитку рослин гороху овочевого (табл. 2).

У середньому за три роки тривалість періоду сівба-сходи тривав від 8 до 10 діб у сортів Луцильний (контроль), Амалфі і Вівадо. Проміжне місце займають сорти Глоріверт і Вінко – 11 діб, лише у сортів Сіенна і Шервуд 18–19 діб. За несприятливих посушливих умов 2019 року спостерігалось продовження періоду сівба-масові сходи порівняно з іншими роками досліджень.

**Таблиця 2. Тривалість міжфазних періодів у сортів гороху овочевого (середнє за 2018–2021 рр.)**

Сорт	Тривалість періоду, діб			
	Сівба-масові сходи	Масові сходи-цвітіння	Цвітіння-технічна стиглість	Масові сходи-технічна стиглість
Луцильний (к)*	8	35	48	83
Амалфі	9	36	44	80
Вівадо	10	38	46	84
Вінко	11	41	46	87
Глоріверт	11	41	47	88
Сіенна	18	47	48	95
Шервуд	19	48	49	97

Примітка: (к)\* – контроль

Необхідно зазначити, що під час проростання насіння гороху овочевого за роки досліджень спостерігалась тенденція більш раннього з'явлення сходів у сортів з дрібнішим насінням. Коефіцієнт кореляції між масою 1000 насінин і тривалістю періоду від сівби до сходів становив  $r \pm S_r = 0,29 \pm 0,33$ . Для проростання насіння гороху овочевого необхідно до 95–110% води від маси насіння.

У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено: найшвидше сходи з'явилися у сорту Луцильний – на восьму добу після сівби. У всіх інших сортів сходи зафіксовано на 1–3 доби пізніше – Амалфі і Вівадо, на 10–11 діб у сортів Сіенна і Шервуд, у порівнянні із контрольним варіантом (Луцильний). Такий тривалий період з'явлення сходів гороху овочевого пояснюється сортовими особливостями та дуже жаркими і сухими погодними умовами в другій–третьій декаді квітня.

Проведені спостереження свідчать, що настання цвітіння не залежало від з'явлення сходів. Найраніше цвітіння спостерігалось у сортів Луцильний (контроль), АМАЛФІ та Вівадо – на 35–38 добу від з'явлення сходів. На 3 доби пізніше у сортів Вінко і Глоріверт (41 добу). Тоді, як сорти Сіенна та Шервуд на 12 і 13 добу пізніше контрольного варіанту (сорту Луцильний).

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Таким чином, можна зробити висновок, що в середньому за роки досліджень технічна стиглість у сортів Луцильний, Амалфі, Вівадо, Вінко настала через 80–87 діб від з'явлення сходів. А у сортів Глоріверт, Сіенна і Шервуд технічна стиглість в середньому за роки досліджень настала через 88–97 діб від з'явлення сходів. Ці сорти є середньостиглими.

Проведеними дослідженнями встановлено, що тривалість вегетаційного періоду гороху овочевого більшою мірою залежить від періоду сходи-технічна стиглість ( $r \pm S_r = 0,94 \pm 12$ ) і сходи-цвітіння ( $r \pm S_r = 0,76 \pm 0,23$ ).

Подальшими дослідженнями є встановлення чистої продуктивності, структурних елементів, залежно від біологічного фактору та використання біологічних препаратів в умовах зміни клімату і встановлення найбільш продуктивних сортів для конкретних умов вирощування.

## Список використаних джерел

1. Бабич А.О., Петриченко В.Ф., Адамень Ф.Ф. Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами. *Вісник аграрної науки*. 1996. № 2. С. 37–39.
2. Бабич А.О., Колісник С.І., Побережна А.А. та ін. Селекція, насінництво і технологія вирощування зернобобових культур для вирішення проблеми білка. *Збірник наукових праць Луганського НАУ*. Луганськ: ЛНАУ. 2002. № 20/32. С. 12–14.
3. Барабаш О.Ю., Тараненко Л.К., Сич З.Д. Біологічні основи овочівництва : навчальний посібник. К. : Арістей, 2005. 348 с.
4. Барабаш О.Ю. Овочівництво. К. : Вища школа, 1994. 374 с.
5. Барабаш О.Ю., Семенчик П.С. Все про городництво. К. : Вирій, 2000. 285 с.
6. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур / Під ред. В.В. Волкодава. К., 2000. 100 с.
7. Норик Н.О., Мулярчук О.І. Обробіток регуляторами росту насіння гороху овочевого (*Pisum sativum* L., subspecies *complanatum* gov) в умовах Західного Лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2018. Вип. 28. С. 86–93.
8. Побережна А.А. Еколого-економічні проблеми світового виробництва зернобобових культур для підвищення білкових ресурсів. *Селекція і насінництво*. 2005. Вип. 90. С. 66–74.
9. Чекрыгін П.М. Результати і перспективи селекції безлисточкових (вусатих) сортів в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. *Селекція і насінництво*. 2003. Вип. 87. С. 42–48.
10. Шепель А.В. Продуктивність гороху овочевого залежно від заходів основного обробітку ґрунту і фонів живлення на Півдні України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2023. № 134. С. 195–202. URL: [https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/134\\_2023/25.pdf/](https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/134_2023/25.pdf/).

**Muliarchuk O. I.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Horticulture and Viticulture,  
Higher educational institution "Podillia State University"  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine  
E-mail: oksankarom777@gmail.com  
ORCID: 0000-0003-2072-8536*

**Stepanchenko V. M.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Horticulture and Viticulture,  
Higher educational institution "Podillia State University"  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine  
E-mail: StepanchenkoV@i.ua  
ORCID: 0000-0002-8619-9748*

**Kozina T. V.**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
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*

## CHARACTERISTICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF VEGETABLE PEAS DEPENDING ON BIOLOGICAL FACTORS IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

**Abstract**

*As a result of symbiosis with nodule bacteria, pea plants are able to assimilate free nitrogen from the atmosphere and accumulate 40–50 kg/ha of nitrogen in the soil during the growing season of the crop, which is equivalent to applying 10 t/ha of manure or 1.5 t/ha of ammonium nitrate. Along with the nutritional value of fresh and processed products, the wide spread of vegetable peas was facilitated by the use in the production of progressive technologies of crop cultivation, which involves the cultivation of highly productive, resistant to lodging, grain overripening, diseases and pests varieties, the use of advanced agrotechnical measures of soil cultivation, preparation of seed material, selection the optimal ratio of varieties of different groups of precocity, the use of an effective system of fertilizer application, protection of plants from weeds, pests and diseases, improvement of methods of collection and delivery of raw materials to processing enterprises.*

*The article presents the results of research on the study of the influence of varieties as a biological factor on the growth and development of pea plants. Ensuring a high level of productivity of green peas in the conditions of the forest-steppe of Western Ukraine is achieved primarily by using high-yielding varieties. A significant impact on the formation of a high-quality harvest in recent years has a significant change in climate, which is manifested in an increase in air temperature and a decrease in the amount of precipitation in the most critical periods of growth and development.*

It was established that, on average, over the years of research, the technical maturity of *Luschylnyi*, *Amalfi*, *Vivado*, and *Vinko* varieties occurred 80–87 days after the emergence of seedlings. And in the *Glorivert*, *Sienna* and *Sherwood* varieties, the technical maturity on average over the years of research came 88–97 days after the emergence of seedlings.

Photosynthesis and the intensity of growth processes of leguminous crops, including peas, are accompanied by the accumulation of dry matter (vegetative and generative mass) in plants during ontogenesis. However, the intensity of accumulation of dry matter by peas is closely related to the weather conditions of the vegetative period. In all legumes, including green peas, a certain regularity is observed in the accumulation of dry matter.

**Key words:** vegetable peas, growth and development, varieties, phenophases, vegetation period, interphase period.

#### References

1. Babich, A.O., Petrychenko, V.F., & Adamen, F.F. (1996). Problema fotosyntezy i biolohichnoyi fiksatsiyi azotu bobovymy kul'turamy [The problem of photosynthesis and biological fixation of nitrogen by legumes]. *Visnyk ahrarnoyi nauky – Herald of Agrarian Science*, 2, 37–39 [in Ukrainian].
2. Babich, A.O., Kolisnyk, S.I., & Poberezhna, A.A. (2002). Seleksiya, nasinnytstvo i tekhnolohiya vyroshchuvannya zernobobovykh kul'tur dlya vyrishennya problemy bilka [Breeding, seed production and technology of growing leguminous crops to solve the protein problem]. *Zbirnyk naukovykh prats' Luhans'koho NAU – Collection of scientific papers of the Luhansk NAU*, 20/32, 12–14 [in Ukrainian].
3. Barabash, O.Yu., Taranenko, L.K., & Sych, Z.D. (2005). Biolohichni osnovy ovochivnytstvu : navchal'nyy posibnyk [Biological basis of vegetable production: study guide]. K.: Aristei, 348 p. [in Ukrainian].
4. Barabash, O.Yu. (1994). Ovochivnytstvo [Vegetables]. K.: Vyshcha shkola. 374 p. [in Ukrainian].
5. Barabash, O.Yu., & Semenychuk, P.S. (2000). Vse pro horodnystvo [Everything about gardening]. K : Vyriy. 285 p. [in Ukrainian].
6. Volkodav, V.V. (2000). Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannya sil's'kohospodars'kykh kul'tur [Methodology of state variety testing of agricultural crops], 100 p. [in Ukrainian].
7. Noryk, N.O., & Muliarchuk, O.I. (2018). Obrobitok rehulyatoramy rostu nasynnya horokhu ovochevoho (*pisum sativum* L., subspecies *commune* gov) v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrayiny [Treatment with seed growth regulators of pea (*pisum sativum* L., subspecies *commune* gov) in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine]. *Podil's'kyi visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podilsky Visnyk: agriculture, technology, economy*, 28, 86–93 [in Ukrainian].
8. Poberezhna, A.A. (2005). Ekoloho-ekonomichni problemy svitovoho vyrobnnytstva zernobobovykh kul'tur dlya pidvyshchennya bilkovykh resursiv [Ecological and economic problems of global production of legumes for increasing protein resources]. *Seleksiya i nasinnytstvo – Breeding and seed production*. Kharkiv – Kharkiv, 90, 66–74 [in Ukrainian].
9. Chekrygin, P.M. (2003). Rezul'taty i perspektyvy selektsiyi bezlystochkovykh (vusatykh) sortiv v Instytuti roslynnytstva im. V.Ya. Yuryeva [Results and prospects of selection of leafless (whiskered) varieties at the Institute of plant breeding named after V.Ya. Yuryev]. *Seleksiya i nasinnytstvo – Selection and seed production*, 87, 42–48 [in Ukrainian].
10. Shepel, A.V. (2023). Produktivnist' horokhu ovochevoho zalezno vid zakhodiv osnovnoho obrobitku hruntu i foniv zhyvlennya na Pivdni Ukrayiny [Productivity of field peas depending on the measures of the main tillage and nutrition backgrounds in the South of Ukraine]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk. Sil's'kohospodars'ki nauky – Taurian Scientific Herald. Agricultural sciences*, 134, 195–202. Retrieved from: [https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/134\\_2023/25.pdf/](https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/134_2023/25.pdf/) [in Ukrainian].

УДК 631.5

**Небаба К. С.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
асистент кафедри рослинництва, селекції та насінництва,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Кам'янець-Подільський, Україна  
E-mail: agronebaba@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-4529-3623

## ПОЛЬОВА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ РОСЛИН ГОРОХУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

### Анотація

За останні роки площі посівів гороху в Україні утримувалися на рівні 250–290 га, але з 2022 року скоротилися. До повномасштабного вторгнення Запорізька область була лідером у виробництві цієї культури. Останні декілька років лідером із вирощування гороху стала Одеська область.

Зростання площ під горохом у 2023 р. у порівнянні з 2022 р. свідчить про те, що українські фермери вже пристосувалися працювати в умовах воєнного стану, адаптували технологію вирощування бобових до нових реалій, тому можна також розраховувати і на збільшення середньої врожайності у новому сезоні за рахунок збільшення внесення добрив та засобів захисту рослин. Не менш важливим показником у вирощуванні зернобобових культур, є кількість пророслого насіння, що проросло в польових умовах, виражена у відсотках до кількості висіяного схожого насіння.

Метою наших досліджень було виявлення впливу технологічних заходів в умовах Правобережного Лісостепу на польову схожість та густоту стояння рослин перед збиранням впродовж 2022–2024 років.

Висока польова схожість насіння є важливою умовою забезпечення нормальної густоти посіву. Важливими факторами, які впливають на густоту стояння рослин гороху посівного, є норма висіву, польова схожість насіння та виживаність рослин упродовж вегетаційного періоду.

Спостерігаючи за посівами впродовж вегетаційного періоду, нами було відзначено випадання або засихання рослин у рядках в середньому 16–18 рослин на варіантах досліді без інокуляції насіння. На варіантах, де вносили рідкі мікродобрива по листу, рослини гороху сортів Гамбіт та Есо збереглися краще, а показники збереження рослин перед збирання були вищими.

Нашими дослідженнями встановлено, максимальна кількість рослин на період досягання, з-посеред оброблених інокулянтами, була у сорту Есо – 103,8–108,7 шт/м<sup>2</sup> за виживаності 89,4–94,8% залежно від мікродобрив. Меншими ці показники були у сорту Гамбіт 98,3–101,2 шт/м<sup>2</sup> за виживаності 86,0–91,4%.

**Ключові слова:** горох, польова схожість, густина посівів, збереженість рослин.

**Вступ.** Одним із важливих напрямків успішного розвитку новітніх агротехнологій у рослинництві є створення високопродуктивних агроценозів зернобобових культур, які найбільш повно використовують біокліматичні ресурси регіону. Бобові культури є основним та надзвичайно важливим джерелом рослинного білка і вирішують біолого-екологічні проблеми сучасного землеробства України [1; 3].

Декілька десятиліть тому, горох свого часу відігравав досить вагому роль у сівозміні вітчизняних аграріїв. З часом виробництво цієї культури в Україні знижувалось, за попитом і прибутковістю горох не міг конкурувати з соняшником, кукурудзою, соєю. Але останніми роками всі ринкові тенденції змінилися (не лише через війну, а й через кліматичні зміни), погляди багатьох фермерів обернулися на цю бобову культуру, вирощування якої могло б і справді закрити багато питань по сівозміні, при цьому й економіка не залишилась осторонь [5; 6; 10].

Урожай гороху в 2024 році вже зібрано – 154,7 тис. га, намолочено 319,3 тис. тонн. Збільшення площ під горохом у поточному сезоні аналітики прогнозували заздалегідь, адже світові тенденції вказували на те, що попит на культуру підвищиться. Але, на жаль, пізні весняні заморозки негативно вплинули на посіви, тому до збирання загальна цифра площ зменшилась [6; 9].

**Мета.** Вивчити вплив інокуляції насіння гороху на польову схожість насіння та збереженість рослин в умовах Лісостепу Західного.

**Методика досліджень.** Польові досліді по вивченню польової схожості та збереженості рослин гороху перед збиранням проводили впродовж 2022–2024 рр. на дослідному полі науково-дослідного центру «Поділля».

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий, глибокий малогумусний важкосуглинковий на лесовидних суглинках. Посівна площа елементарної ділянки складала 50 м<sup>2</sup>, облікової – 48 м<sup>2</sup>. Попередник – пшениця озима. Насіння гороху сортів Есо та Гамбіт висівали зерновою сівалкою, звичайним рядковим способом з шириною міжрядь 15 см, з глибиною загортання насіння 5–6 см. Норма висіву – 1,2 млн/га схожих насінин. Після сівби на 2-й день площу посіву коткували кільчастим котком.



Сучасний середньоранній сорт жовтозерного гороху ярого Есо користується попитом в Україні стійкий до вилягання, посухи та осипання. Сорт безлистяковий – прямостоячого типу, придатний до збирання прямим комбайнуванням. Рекомендовані зони вирощування – Полісся, Лісостеп, Степ. Зазвичай у бобі формується 6–8 шт зерен, середня висота рослин – 100 см, маса 1000 насінин коливається в межах 240–250 г, вегетаційний період рослин в середньому становить 107–110 дб.

Сорт гороху Гамбіт інтенсивного, прямостоячого типу, стійкий до вилягання, та до осипання зерна, також придатний до прямого комбайнування. Сорт не вибагливий до попередника, може висіватись після зернових та кукурудзи. Гамбіт має біологічні характеристики, які дозволяють вирощувати цю культуру в усіх кліматичних умовах. Середня кількість зерен у бобі: 6–7 шт, висота рослин – 103–105 см, маса 1000 насінин – 270–280 г, вегетаційний період – 106–112 дб [4].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Як правило, польова схожість насіння відрізняється від лабораторної, її показники можуть бути дещо нижчими, адже в лабораторії ми створюємо ідеальні умови для вегетації, що не завжди можливо в польових умовах. Це пов'язано з впливом низки абіотичних та біотичних чинників, таких як температура й вологість ґрунту, умови посіву, строки і глибина посіву, рівень агротехніки, родючість ґрунту, його ураження шкідниками та збудниками хвороб, вплив дії або післядії гербіцидів тощо [2; 8].

Доведено, насіння гороху під час висівання у ґрунт, потребує великої кількості вологи [11]. За даними О. С. Чинчика та ін. [12; 13], за умови запізнення з сівбою навіть на 7–10 днів вологість ґрунту значно знижується, в результаті чого насіння бубнявіє нерівномірно і сходи з'являються не дружно, що зумовлює значне зниження врожайності.

Не менш важливим чинником, який впливає на індивідуальну продуктивність гороху посівного, є густина посіву на початкових фазах розвитку ВВСН 09 та виживаність рослин перед збиранням у мікростадіях ВВСН 99 [12]. Нашими дослідженнями встановлено, що польова схожість та густина рослин гороху посівного сортів Есо та Гамбіт залежала від обробки насіння перед посівом мікоризоутворюючими препаратами та інокулянтами [14]. Залежно від застосування регуляторів росту та інших технологічних прийомів також збільшувався відсоток виживання рослин.

За роки наших досліджень встановлено, що впродовж 2022–2024 років за обробки насіння препаратом Мікофренд польова схожість насіння у гороху сорту Есо була 97,3%, у сорту Гамбіт – 95,1%. Насіння, яке обробляли мікоризоутворюючим препаратом та інокулянтом Нітрофікс, ці показники були кращими і становили 97,9% та 96,2%, відповідно. Найвищі показники польової схожості нами зафіксовані на ділянках, де обробляли насіння гороху препаратами у комплексі Мікофренд + Ризоактив Бобові: у сорту Есо – 99,1%, у сорту Гамбіт – 97,3% (табл. 1).

**Таблиця 1. Польова схожість насіння та збереженість рослин гороху посівного залежно від агротехнічних заходів (середнє за 2022–2024 рр.)**

Фактор А	Фактор В	Польова схожість, %	Густина рослин, шт/м <sup>2</sup>		Вживаність рослин, %
			ВВСН 09	ВВСН 99	
Есо	контроль	93,1	111,7	105,7	88,1
	Мікофренд	97,3	116,8	112,0	93,3
	Мікофренд + Нітрофікс	97,9	117,5	112,7	93,9
	Мікофренд + Ризоактив Бобові	99,1	118,9	114,1	95,1
	Нітрофікс	96,5	115,8	112,2	93,5
	Ризоактив Бобові	96,8	116,2	112,6	93,8
Гамбіт	контроль	91,3	109,6	103,6	86,3
	Мікофренд	95,1	114,1	109,3	91,1
	Мікофренд + Нітрофікс	96,2	115,4	110,6	92,2
	Мікофренд + Ризоактив Бобові	97,3	116,8	112,0	93,3
	Нітрофікс	95,7	114,8	111,2	92,7
	Ризоактив Бобові	96,1	115,3	111,7	93,1

За період вегетації рослини досліджуваних сортів гороху посівного випадали або засихали в середньому 4–9 рослин/м<sup>2</sup> залежно від варіанту удобрення. Якщо у мікростадії ВВСН 09 на варіанті – контроль (без обробки насіння) густина рослин у сорту Есо становила 111,7 шт/м<sup>2</sup>, Гамбіт – 109,6 шт/м<sup>2</sup>. На варіантах, де застосовували мікоризоутворюючі препарати та інокулянти, густина посівів була кращою, а саме – у сорту Есо від 115,8 до 118,9 шт/м<sup>2</sup>, у сорту Гамбіт від 114,1 до 116,8 шт/м<sup>2</sup>.

Важливо відмітити, густина рослин гороху сортів Есо та Гамбіт у мікростадії ВВСН 99 на варіанті абсолютний контроль становила 105,7 шт/м<sup>2</sup> та 103,6 шт/м<sup>2</sup> за виживаності 88,1 та 86,3% відповідно. На варіантах досліду, де обробляли насіння гороху мікоризоутворюючими препаратами та інокулянтами, показники виживаності та густоти посівів були вищими. Найкраще рослини гороху збереглися на варіантах, де обробляли насіння препаратами Мікофренд та Ризоактив Бобові у комплексі з мікродобривами Найс та Авангард, які вносили по листу (табл. 2).

**Таблиця 2. Збереженість рослин гороху посівного у мікростадії ВВСН 97 залежно від агротехнічних заходів (середнє за 2022–2024 рр.)**

Фактор А	Фактор В	Густота рослин, шт/м <sup>2</sup>	Збереженість рослин, %	Густота рослин, шт/м <sup>2</sup>	Збереженість рослин, %
		Есо		Гамбіт	
контроль	контроль	105,7	88,1	103,6	86,3
	Найс	108,9	90,8	105,9	88,3
	Авангард	109,6	91,5	106,4	88,7
Мікофренд	контроль	112,0	93,3	109,3	91,1
	Найс	116,1	96,8	113,2	94,3
	Авангард	116,7	97,3	113,7	94,8
Мікофренд + Нітрофікс	контроль	112,7	93,9	110,6	92,2
	Найс	117,1	97,6	115,7	96,4
	Авангард	117,3	97,8	116,3	96,9
Мікофренд + Ризоактив Бобові	контроль	114,1	95,1	112,0	93,3
	Найс	118,2	98,5	116,2	96,8
	Авангард	118,9	99,1	116,8	97,3
Нітрофікс	контроль	112,2	93,5	111,2	92,7
	Найс	115,8	96,5	113,1	94,3
	Авангард	116,5	97,1	114,2	95,2
Ризоактив Бобові	контроль	112,6	93,8	111,7	93,1
	Найс	116,5	97,1	113,8	94,8
	Авангард	117,3	97,8	115,7	96,4

Впродовж років наших досліджень встановлено, що густота рослин гороху на варіантах з обробкою насіння перед посівом, але без внесення мікродобрив (контроль), коливалася у межах 109,3–114,1 шт/м<sup>2</sup>, при збереженості рослин 91,1–93,3% залежно від сорту. На ділянках, де обприскували рослини комплексним мікродобривом Найс, густота посівів становила всередньому 116,1–8,2 шт/м<sup>2</sup> зі збереженістю рослин 96,8–98,5% у сорту Есо. У гороху сорту Гамбіт ці ж показники були дещо нижчими. Так, на варіанті контроль (без обробки насіння), густота рослин була – 106,4 шт/м<sup>2</sup> при виживаності рослин 88,7%. За обробки насіння досліджуваними препаратами та внесенням мікродобрив показники густоти рослин збільшилися на 10,4 шт/м<sup>2</sup>, а їх виживаність покращилася на 8,5%.

**Висновки.** Нами встановлено, найкраща густота посівів та їх збереженість на період досягання у мікростадії ВВСН 99 зафіксована на варіанті, де обробляли насіння мікоризоутворюючими препаратом Мікофренд та інокулянтм Нітрофікс та вносили комплексне мікродобриво Авангард.

#### Список використаних джерел

- Андрушко М., Лихочвор В., Андрушко О. Урожайність зерна гороху залежно від елементів системи удобрення. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія «Агронімія»*. 2019. Вип. 23. С. 67–71.
- Бахмат М., Загнітко В. Енергія проростання та лабораторна схожість насіння гороху посівного. *Innovative Development: Synthesis of Scientific Approaches in Various Fields of Research: proceedings of XV International scientific and practical conference*, Tallinn, March, 20–22, 2024. Tallinn, Estonia. 2024. 173 p.
- Горбатенко А., Судак В., Чабан В. Горох завжди прибутковий, і на схилах теж. *Пропозиція*. 2019. № 1. С. 56–59.
- Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/geuyestr-sortiv-roslin> (дата звернення 09.06.2024).
- Кирієнко А. Де вирощують горох і чому на нього росте попит. Як в Україні з ним проблеми? 2020. URL: <https://agroportal.ua/ua/publishing/infografika/gde-vyrashchivayut-gorokh-i-pochemu-na-nego-rastet-spros-kakie-v-ukraine-s-nim-problemy/#> (дата звернення 29.07.2024).
- Ковшаківа Т.С., Аверчев О.В. Розробка адаптивних технологій вирощування гороху в умовах півдня України. *Сучасна наука: стан та перспективи розвитку*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених з нагоди Дня науки, м. Херсон, 11–12 листопада 2019. Херсон, 2019. С. 39–45.
- Лихочвор В. В., Андрушко М. О. Продуктивність гороху залежно від сорту та норм висіву. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 2. С. 71–85.
- Небаба К. С. Енергія проростання і польова схожість сортів гороху в мовах Лісостепу Західного. *Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (присвяченої 80-річчю з дня народження академіка НААН А. О. Бабича), м. Вінниця, 11–12 серпня 2016 р. Вінниця, 2016. С. 80–81.
- Небаба К. С. Продуктивність сортів гороху посівного залежно від технологічних заходів в умовах Лісостепу Західного. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва*: матеріали III міжнар. наук.-практ. конф., м. Вінниця, 30–31 жовтня 2019 р. Харків, 2019. С. 95–97.
- Телекало Н.В. Вплив комплексу технологічних прийомів на вирощування гороху посівного. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво»*. 2019. Вип. 13. С.84–93.
- Чинчик О. С. Вплив обробки насіння біопрепаратами на показники структури урожаю та урожайності сортів гороху. *Збірник наук. пр. ПДАТУ*. 2016. Вип. 24, Ч. 1. С. 222–229.
- Dyachenko E. A., Ryzhova N. N., Kochieva E. Z., Vishnyakova M. A. Molecular genetic diversity of the pea (*Pisum sativum* L.) from the Vavilov Research Institute collection by the AFLP analysis. *Russ. J. Genet.* 2017. Vol. 50. № 9. P. 916–924.

13. Tkachuk O., Pantsyreva H., Kupchuk I., Volynets Y. Soybean Productivity in the Forest-Steppe of Ukraine under Ecologization of Cultivation Technology. *Journal of Ecological Engineering*. 2024, 25(5), P. 279–293.

14. Shahini E., Myalkovsky R., Nebaba K., Ivanysyn O., Liubyska D. Economic and biological characteristics and productivity analysis of sunflower hybrids. *Scientific Horizons*, 2023, 26(8), P. 83–95.

**Nebaba K. S.**

*Candidate of Agricultural Sciences,  
Assistant at the Plant Growing, Breeding and Seed Production Department  
Higher educational institution “Podillia State University”  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine  
E-mail: agronebaba@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-4529-3623*

## FIELD GERMINATION AND PRESERVATION OF PEA SEEDS AND PLANTS DEPENDING ON TECHNOLOGICAL MEASURES IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE

### Abstract

*In Ukraine, the area dedicated to growing peas has been maintained at 250–290 hectares, but it has decreased since 2022. Before the full-scale invasion, the Zaporizhzhia region was a leader in pea production. However, over the past few years, the Odessa region has become the leading area for growing peas.*

*The increase in the area dedicated to peas in 2023 compared to 2022 suggests that Ukrainian farmers have adapted to working under martial law and have adjusted the technology for growing legumes to new conditions. This indicates that we can expect an increase in the average yield in the new season due to a rise in the application of fertilizers and plant protection products. Another vital measure for cultivating leguminous crops is the number of germinated seeds in the field, expressed as a percentage of the sown germinating seeds.*

*The aim of our research was to determine the impact of technological measures in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe on field germination and plant density before harvesting during 2022–2024.*

*High field germination of seeds is crucial for ensuring a normal sowing density. Significant factors that influence pea plant density are seeding rate, field germination of seeds, and plant survival during the growing season.*

*During the growing season, we noticed the loss or drying of plants in rows, averaging 16–18 plants in the experiment without seed inoculation. In the variants where liquid micro fertilizers were applied to the leaves, better preservation of pea plants of the *Hambit* and *Eco* varieties was observed, and the indicators of plant preservation before harvesting were higher.*

*Our research has established that the maximum number of plants for the ripening period, among those treated with inoculants, was in the *Eco* variety – 103.8–108.7 pcs/m<sup>2</sup> with a survival rate of 89.4–94.8%, depending on microfertilizers. These indicators were lower in the *Hambit* variety, at 98.3–101.2 pcs/m<sup>2</sup> with a survival rate of 86.0–91.4%.*

**Key words:** peas, field germination, crop density, plant preservation.

### References

1. Andrushko, M., Lykhochvor, V., & Andrushko, O. (2019). Urozhainist zerna horokhu zalezno vid elementiv systemy udobrennia [The yield of pea grain depends on the elements of the fertilizer system]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu – Bulletin of Lviv National Agrarian University*, iss. 23, pp. 67–71 [in Ukrainian].

2. Bakhmat, M., & Zahnitko, V. (2024). Enerhiia prorostannia ta laboratorna skhozhist nasinian horokhu posivnoho [Germination energy and laboratory germination of pea seeds]. Proceedings of XV International scientific and practical conference: *Innovative Development: Synthesis of Scientific Approaches in Various Fields of Research*, Tallinn, March, 20–22, Tallinn, Estonia, 173 p. [in Ukrainian].

3. Horbatenko, A., Sudak, V., & Chaban, V. (2019). Horokh zavzhdy prybutkovyi, i na skhylakh tezh [Peas are always profitable, and on the slopes too]. *Propozytsiia – Suggestion*, iss. 1, pp. 56–59 [in Ukrainian].

4. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini (2023) [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine]. The official website of the Ministry of Agricultural Policy. State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/rejestr-sortiv-roslyn> [in Ukrainian].

5. Kyriienko, A. (2020). De vyroshchuiut horokh i chomu na noho roste popyt. Yaki v Ukraini z nym problemy? [Where peas are grown and why the demand for them is growing. What are the problems with it in Ukraine?]. Retrieved from: <https://agroportal.ua/ua/publishing/infografika/gde-vyrashchivayut-gorokh-i-pochemu-na-nego-rastet-spros-kakie-v-ukraine-s-nim-problemy/#> [in Ukrainian].

6. Kovshakova, T.S., & Averchev, O.V. (2019). Rozrobka adaptivnykh tekhnolohii vyroshchuvannia horokhu v umovakh pivdnia Ukrainy [Development of adaptive technologies for growing peas in the south of Ukraine]. *Materialy vseukr. nauk.-prakt. konf. molodykh vchenykh z nahody Dnia nauky: Suchasna nauka: stan ta perspektyvy rozvytku [Proceedings of scientific and practical conference of young scientists on the occasion of the Day of Science]*, Kherson, November, 11–12. Kherson: Kherson State Agricultural and Economical University, pp. 39–45 [in Ukrainian].

7. Lykhochvor, V.V., & Andrushko, M.O. (2020). Produktyvniest horokhu zalezno vid sortu ta norm vysivu [Pea productivity depending on the variety and seeding rates]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia – Bulletin of the Agrarian Science of the Black Sea Region*, iss. 2, pp. 71–85 [in Ukrainian].

8. Nebaba, K.S. (2016). Enerhiia prorostannia i polova skhozhist sortiv horokhu v movakh Lisostepu Zakhidnoho [Energy of germination and field germination of pea varieties in the languages of the Western Forest-Steppe]. *Materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. (prysviachenoi 80-richchiu z dnia narodzhennia akademika NAAN A. O. Babycha): Zernobobovi kultury ta soia dlia staloho rozvytku aharnoho vyrobnytstva Ukrainy [Proceedings of the scientific and practical conference (dedicated to the 80th anniversary of the birth of Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine A.O. Babych)]*, Vinnytsia, August, 11–12, 2016. Vinnytsia: Vinnytsia National Agricultural University, pp. 80–81 [in Ukrainian].
9. Nebaba, K.S. (2019). Produktyvniat sortiv horokhu posivnoho zalezno vid tekhnolohichnykh zakhodiv v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Productivity of pea varieties depending on technological measures in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Materialy III mizhnar. nauk.-prakt. konf.: Naukovi zasady pidvyshchennia efektyvnosti silskohospodarskoho vyrobnytstva [Proceedings of the 3<sup>d</sup> scientific and practical conference: Scientific Principles of Increasing the Efficiency of Agricultural Production]*, Vinnytsia, October, 30–31, 2019. Vinnytsia: Vinnytsia National Agricultural University, pp. 95–97 [in Ukrainian].
10. Telekalo, N.V. (2019). Vplyv kompleksu tekhnolohichnykh pryiomiv na vyroshchuvannia horokhu posivnoho [The influence of a set of technological techniques on the cultivation of peas]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo: zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho aharnoho universytetu – Agriculture & Forestry: Collection of scientific papers of Vinnytsia National Agrarian University*, iss. 13, pp. 84–93 [in Ukrainian].
11. Chynchyk, O.S. (2016). Vplyv obrobky nasinnia biopreparatamy na pokaznyky struktury urozhaiu ta urozhainist sortiv horokhu [Influence of seed treatment with biological products on the indicators of crop structure and yield of pea varieties]. *Zbirnyk naukovykh prats Podilskoho derzhavnoho aharno-tekhnichnoho universytetu [Collection of scientific papers of Podolsk State Agrarian and Technical University]*, iss. 24(1), pp. 222–229 [in Ukrainian].
12. Dyachenko, E.A., Ryzhova, N.N., Kochieva, E.Z., & Vishnyakova, M.A. (2017). Molecular genetic diversity of the pea (*Pisum sativum* L.) from the Vavilov Research Institute collection by the AFLP analysis. *Russ. J. Genet.*, iss. 50 (9), pp. 916–924 [in English].
13. Tkachuk, O., Pantsyreva, H., Kupchuk, I., & Volynets, Y. (2024). Soybean Productivity in the Forest-Steppe of Ukraine under Ecologization of Cultivation Technology. *Journal of Ecological Engineering*, 25(5), pp. 279–293 [in English].
14. Shahini, E., Myalkovskyi, R., Nebaba, K., Ivanyshyn, O., & Liubyt'sk, D. (2023). Economic and biological characteristics and productivity analysis of sunflower hybrids. *Scientific Horizons*, 26(8), pp. 83–95 [in English].

УДК 635.15:631.5

**Цицюра Я. Г.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,  
Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

*E-mail:* yaroslavtsyura@ukr.net

*ORCID:* 0000-0002-9167-833X

## ОЦІНКА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ БІОМАСИ РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ З ПОЗИЦІЇ ЇЇ СИДЕРАЛЬНОГО РІЗНОСТРОКОВОГО ВИКОРИСТАННЯ

### Анотація

Обґрунтовано доцільність та ефективність сидеральних систем землеробства для виконання завдань національної стратегії щодо ґрунтозбереження та ґрунтореабілітації на основі світового досвіду та загроз і викликів, які сформовано сучасними тенденціями у конструюванні та імплементації інноваційних технологій вирощування основних сільськогосподарських культур. Досліджено особливості формування надземної листостеблової та кореневої біомаси рослин редьки олійної для її застосування як ефективного кандидата у системі основного чи проміжного (післяжнивного, післяжукісного) сівозмінного компонента для технологічного проведення сидерації. Оцінку проведено згідно принципів загальної біопродуктивності та адаптивності збереження відповідних рівнів показника з огляду на стресовість гідротермічних умов періоду вегетації культури та застосування спряженого аналізу величини ознаки та кліматичних умов за параметрами гідротермічного коефіцієнту, коефіцієнту аридності та коефіцієнту зволоження у десятирічному циклі досліджень. Проаналізовано коефіцієнт продуктивності кореневої системи рослин редьки олійної за співвідношенням надземної та кореневої біомаси та зроблено висновки щодо можливості вирощування редьки олійної у варіантах стресової літньої проміжної сидерації. Кореляційним аналізом оцінено чутливість показника біопродуктивності рослин та похідних показників, які їй визначають з позиції детермінації та прогнозування з метою оцінки придатності відповідних територій для ефективного використання редьки олійної у якості кандидата для біоорганічних сидеральних технологій без застосування добрив. Сформовано оптимальні умови чинників довкілля з позиції зволоження та добового температурного режиму для отримання сталого рівня урожаю листостеблової маси на рівні 20 т/га відповідно до основних вимог до сільськогосподарських культур сидерального використання.

**Ключові слова:** сидераційні технології, біопродуктивність, листостеблова маса, коренева біомаса, коефіцієнт продуктивності кореневої системи.

**Вступ.** Сучасні стратегії конструювання агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур орієнтовані на широке використання біоресурсів відповідних сільськогосподарських територій з метою максимального залучення біомаси як основних, так і проміжних культур різного виду та строків використання до біорециклінгу органічної речовини з метою максимальної акумуляції органічного вуглецю, створення умов для відтворення потенціалу ґрунтової родючості та зниження темпів деградації та забезпечення переходу на біоорганічні системи удобрення [1, с. 5–7; 7, с. 5–8; 9, с. 10–12; 14, с. 1–3]. Біоорганічні системи удобрення та так звані біологізовані та органічні технології вирощування передбачають у свою чергу широке залучення додаткових компонентів альтернативного удобрення на основі використання рослинних решток, сидератів, мульчування, органічних добрив різних видів і походження тощо [4, с. 172–173]. Важливим у реалізації цих технологічних рішень є застосування підходів оптимізованого насичення сівозмін проміжними культурами різних класифікуючих груп з метою їх послідувочої імплементації у формі сидератів, фіторемедіаторів та покривних культур, що у результаті підсумку забезпечує як загальне підвищення коефіцієнту продуктивності сівозмінної площі, оптимізує попередники у варіантах повторних т беззмінних посівів особливо у варіантах сівозмін короткої ротації та забезпечує додаткове нагромадження органічної маси у ґрунтовому профілі [2, с. 55–57; 3, с. 173–174]. Однак ефективність такого підходу визначатиметься ефективним підбором відповідних культур багатопільового використання, які здатні відповідати критеріям даних проміжних культур з послідувочим можливим їх використанням у технологіях сидерації, біофумігації, фіторемедіації тобто органічно-орієнтованих технологіях ґрунтозбереження та ґрунтореабілітації [11, с. 9–10; 15, с. 3–5; 19, с. 279–280; 20, с. 5–7]. Не дивлячись на визначений спектр таких видів рослин, який в Україні представлений базовим набором із близько 30 культур [10, с. 1–5; 21, с. 15–20], тенденції у змінах клімату, диверсифікація регіонального аграрного виробництва зумовлена істотною зміною структури посівних площ, прогнозовані наслідки агресії росії, які обумовлюють ріст на мінеральні добрива та енергоресурси, загальне зниження операцій продажу української аграрної продукції на світовому ринку, наслідки жорсткої деградації сільськогосподарських територій від бойових дій – спонукають до більш глибокого аналізу біоорганічних підходів у конструюванні технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур [6, с. 106–107; 9, с. 8–14]. Зокрема уточнення потребують питання загальної продуктивності сидеральних культур, їх толерантність до зміну строків сівби, адаптивний потенціал на зміну кліматичних ресурсів територій [5, с. 13–14; 8, с. 18–21; 15, с. 5]. Окреслені чинники актуалізують наші дослідження та визначають їх виробничу направленість.

**Мета.** Дослідження та оцінка формування біопродуктивного потенціалу редьки олійної (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) для повнопрофільної її ідентифікації у системі застосування як мультифункціональної покривної культури у варіантах біоорганічних (сидеральних) технологій у рамках виконання тематики з фінансуванням за кошти загального фонду державного бюджету «Розробка екологоорієнтованих технологій вирощування біоенергетичних культур для забезпечення енергонезалежності та ґрунтозбереження задля формування кліматичної нейтральності» (№ держреєстрації 0124U000483).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У статті представлено результати польового сидерального використання редьки олійної за період 2014–2023 рр. на сірих лісових ґрунтах Вінницького національного аграрного університету (N 49°11'31", E 28°22'16"). Усереднені значення ґрунтових умов родючості поля були наступними: вміст гумусу 2,68% легкогідролізованого азоту 81,5 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору 176,1 мг/кг ґрунту, обмінного калію 110,8 мг/кг ґрунту, рН<sub>кел</sub> 5.8. Об'єктом дослідження був сорт редьки олійної Журавка. Параметри передпосівного конструювання агроценозу сорту: неудобрений фон за норми висіву 2,5 млн схожих насінин/га звичайним рядковим способом (міжряддя 15 см). Схема досліду передбачала вивчення двох варіантів за строком сидерального використання редьки олійної. Перший передбачав весняний строк сівби (перша–друга декада квітня) після зяблевої оранки (20–22 см) при досягненні сидерального застосування сформованої біомаси (фаза цвітіння (ВВСН 64–67) на другу–третю декаду червня. Другий варіант проміжного (літнього) використання за сівби у другій–третьій декаді липня після збирання попередника на фоні комбінованого обробітку ґрунту (плоскоріз + ротаційне розпушування на глибину 12–14 см) при досягненні сидерального застосування сформованої біомаси (фаза цвітіння (ВВСН 64–67) на другу–третю декаду жовтня.

Схема досліду передбачала систему чотирьох разового повторення методом повної рендомізації за загальної площі ділянки 35 м<sup>2</sup> та 25 м<sup>2</sup> облікової). Основні спостереження та обліки було проведено відповідно до стандартизованих рекомендацій проведення досліджень із хрестоцвітими культурами [12, с. 7–30].

Показник сформованої надземної біомаси визначали на фазу цвітіння (ВВСН 64–67) при використанні обліку зважуванням скошеної одновидової маси з пробних ділянок площею 1 м<sup>2</sup> у кожному повторенні (при N = 16). На цих же ділянках супутньо вівся облік маси сформованої кореневої маси методом монолітів [26, с. 457–458; 32, с. 2–5]. Для повноцінної сепарації дрібних частин коренів рослин було застосовано додаткове промивання ризосферної маси ґрунту на колонці решіт з дрютяної сітки ткані (відповідно до технічних умов України ТС 14-4-507-99): 4.0 mm, 2.0 mm, 1.0 mm, 0.5 mm та 0.25 mm).

Показники продуктивності кореневої системи розраховували за відношенням сирої (сухої) надземної біомаси рослин до сирої (сухої) маси відповідно сформованих коренів, а частку корневих решток у загальній біомасі визначали як відношення маси коренів до надземної маси рослини виражене у % [29, с. 30–35]. Вміст сухої речовини визначали стандартним висушуванням зразка сирої маси у сушильній шафі при температурі 105 °C з послідовним озоленням зразка при температурі 550 °C [12, с. 18–21].

Оцінку гідротермічного режиму періоду вегетації варіантів сидерального використання редьки олійної було проаналізовано за такими показниками як: гідротермічний коефіцієнт (ГТК, формула 1), індекс посушливості (I<sub>п</sub>, формула 2), коефіцієнт зволоження (K<sub>з</sub>, формула 3).

$$\text{ГТК} = \frac{\sum R}{0.1 \times \sum t_{>10}} \quad (1)$$

де:  $\sum R$  – сума опадів (мм) за період з температурою вище 10 °C,  $\sum t_{>10}$  – сума ефективних температур за той же період

$$I_{\text{п}} = \frac{12P_{\text{оп}}}{T_{\text{сер.}} + 10}, \quad (2)$$

де P<sub>оп</sub> та T<sub>сер.</sub> – кількість опадів та середня температура повітря за відповідний місяць вегетації.

$$K_{\text{з}} = \frac{P}{E}, \quad (3)$$

де: P – сума опадів за аналізований період, мм; E – випаровуваність за аналізований період (формула 4), мм.

$$E = 0,0018 \times (25 + t)^2 \times (100 - a), \quad (4)$$

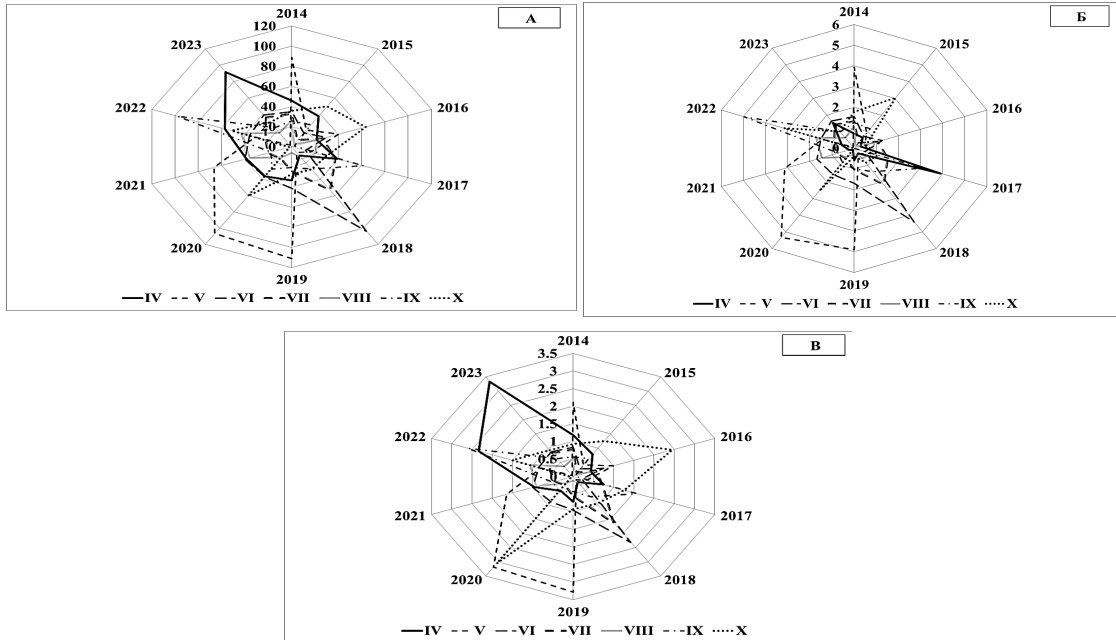
де: E – випаровуваність рослин для певного періоду, мм; t – середня температура повітря, °C, a – середня вологість повітря, %.

Узагальнююча оцінка вказаних показників за період різних варіантів сидерального використання редьки олійної представлена на рисунку 1.

Враховуючи оптимальні параметри для ростових процесів рослин редьки олійної, відповідно до наших попередніх багаторічних оцінок [31, с. 219–221], роки досліджень було розміщено у наступному порядку зростання сприятливості ростових процесів для умов весняного строку сівби: 2017–2015–2016–2018–2021–2022–2023–2014–2020–2019. Для умов літнього строку сівби аналогічний ряд був наступним: 2021–2019–2015–2016–2023–2014–2020–2018–2017–2022.

Показники варіаційної статистики визначали за загальноприйнятою методикою розрахунку в статистичних програмах Statistica 10 (StatSoft – Dell Software Company, США). Для статистичної оцінки отриманих середніх величин застосовано показники: середнє арифметичне, стандартне відхилення (SD) та коефіцієнт варіації (C<sub>v</sub>).

Крім того, для всього масиву даних було проведено кореляційний аналіз Спірмена та дисперсійний аналіз за стандартною схемою [33, с. 69–85].



**Рис. 1. Основні гідротермічні параметри періоду вегетації редьки олійної сорту Журавка (для весняного строку сівби IV–V місяці, для літнього – VII–X місяці) (Позиція А – індекс посушливості ( $I_d$ ); позиція Б – ГТК; позиція В – коефіцієнт зволоження ( $K_z$ )), 2014–2023 рр.**

Ступінь інтегрального зв'язку з основними показниками базових факторів системи дослідження оцінювали за значенням коефіцієнта детермінації зв'язку (формула 5):

$$d_{yx} = r_{ij}^2 \times 100 \quad (5)$$

де  $r_{ij}$  – коефіцієнт кореляції між і-м та j-м показником.

Було використано також метод кореляційного графа у двох інтерпретаціях (формули 6 та 7):

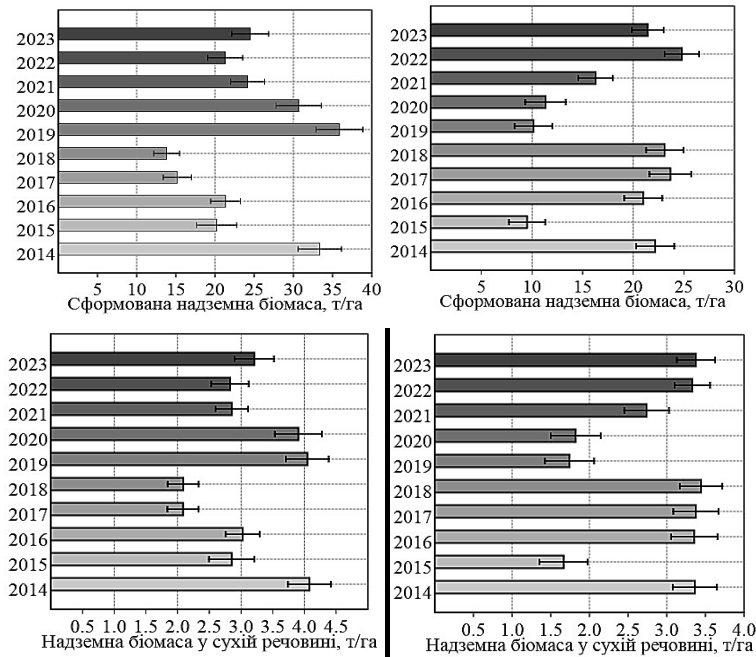
$$G = \sum_{|r_{ij}| \geq \alpha} |r_{ij}| \quad (6)$$

$$G' = \left( \sum_{|r_{ij}| \geq \alpha} |r_{ij}| \right) / n \quad (7)$$

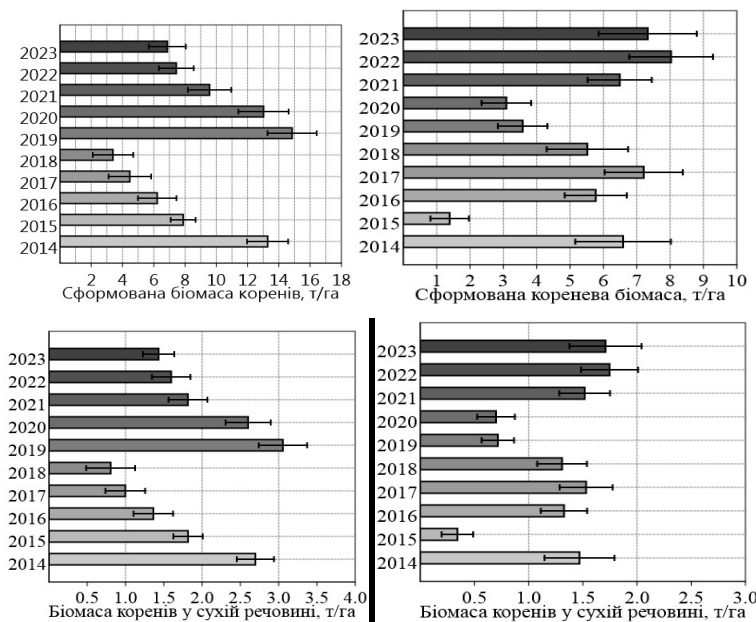
де  $r_{ij}$  – коефіцієнт кореляції між і-м та j-м показником. У розрахунках використовувалися лише достовірні коефіцієнти кореляції; n – кількість статистично значущих коефіцієнтів кореляції.

За результатами проведених обліків встановлено, що редьку олійну можна віднести до високопродуктивних культур, яка на неудобреному фоні сформувала за десятирічний період оцінки листостеблову надземну масу на рівні 24,04 т/га у сирій масі та 3,1 т/га у сухій речовині за весняного та 18,34 т/га (2,82 т/га) за літнього строку сівби. Слід зауважити, що висока варіативність цього показника як для весняного (показник стандартного відхилення 7,09 коефіцієнт варіації ( $C_v$ ) 29,5%), так і для літнього (показник стандартного відхилення 5,80 коефіцієнт варіації 31,6%) строку сівби доводять вагомому роль гідротермічних умов вегетації у реалізації біопродуктивного потенціалу даної культури (рис. 2).

Це узгоджується із істотними відмінностями між значенням сформованої надземної біомаси у варіантах весняного та літнього строків сівби. Подібні особливості відмічено й у формуванні біомаси коренів (рис. 3) з істотно вищим показником за весняних строків сівби, зокрема середньобагаторічна біопродуктивність за весняного строку сівби 8,7 т/га у сирій та 1,82 т/га у сухій речовині, а за літнього – 5,5 т/га та 1,24 т/га відповідно. При цьому мінливість середньобагаторічних значень у міжрічному виразі була ще вищою порівняно із показниками сформованої надземної біомаси і складала для весняного строку сівби за стандартного відхилення у значенні 3,76 т/га при коефіцієнті варіації 43,18%, а для літнього строку – 2,11 т/га та 38,34% відповідно.



**Рис. 2. Показники сформованої надземної біомаси рослин редьки олійної, 2014–2023 рр. (верхній ряд графіків сира біомаса, нижній – у сухій речовині (для всіх позиція зліва весняний строк, справа – літній строк сівби))**



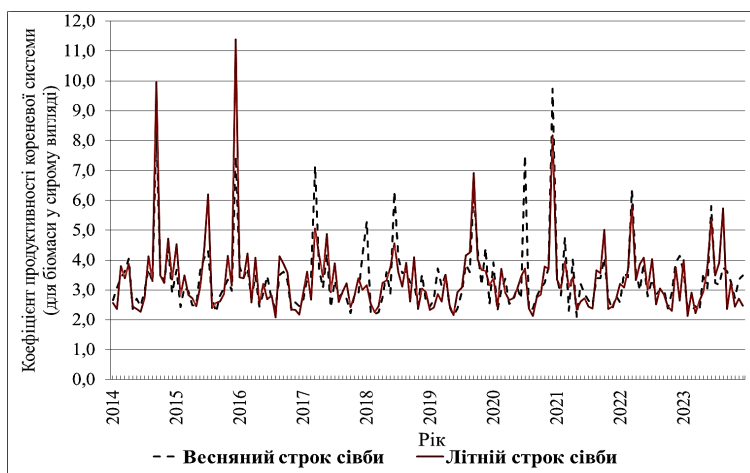
**Рис. 3. Показники сформованої кореневої біомаси рослин редьки олійної, 2014–2023 рр. (верхній ряд графіків сира біомаса, нижній – у сухій речовині (для всіх позиція зліва весняний строк, справа – літній строк сівби))**

Отримані показники для редьки олійної, з огляду на дослідження інших авторів, які вивчали продуктивність різних видів сидеральних культур (буркуну білого, гірчиці білої, гречки, вики ярої, люпину білого, гороху, ряду злакових культур) [2, с. 55–60; 5, 13–15; 8, с. 68–96; 13, с. 123–125; 17, с. 197–211] з огляду на варіативність ГТК періоду досліджень (коефіцієнт варіації на рівні 19,0%), коефіцієнту посушливості ( $I_p$ ) ( $C_v = 27,40\%$ ) та коефіцієнту зволоження ( $I_v$ ) ( $C_v = 22,55\%$ ) дозволяє віднести редьку олійну до перспективних культур для забезпечення технологій різнопланової сидерації як основного (весняного), так і проміжного (літнього) строків сівби.

Заслуговує на особливу увагу коефіцієнт продуктивності кореневої системи редьки олійної за співвідношенням сформованої надземної та підземної (кореневої) біомаси. У середньому за період досліджень для весняного строку сівби редьки олійної цей показник становив (з розрахунку на 16 облікових ділянок у кожний рік спостережень) 3,34 (при  $C_v = 22,5–34,54\%$ ) для літнього – 3,36 (при  $C_v = 20,8–36,88\%$ ). У сухій речовині ці показники



становили 2,08 (31,9–40,70%) та 2,27 (29,9–37,98%). При цьому міжрічне варіювання у межах співставлення середніх значень становило загальну варіативність 22,8% для сирової біомаси та 33,5% для біомаси у сухій речовині. З огляду на дослідження [8, с. 78–84; 25, с. 37–40; 30, с. 165–167], отримані дані вказують на швидкі темпи росту рослин редьки олійної для обох частин рослин з паритетним розвитком надземної маси та наявності чутливої стрес-реакції за погіршення ґрунтових умов з позиції зволоження, аерації тощо. Слід зауважити, що високий рівень варіації у загальному масиві отриманих даних показника продуктивності кореневої системи (рис. 4) підтверджує дані щодо складної ідіотипічної структури сидерального агроценозу редьки олійної [16, с. 58–65] та формування відповідної ярусності як у структурі надземної, так і кореневої біомаси. При цьому значення коефіцієнту продуктивності кореневої системи редьки олійної за вказаним середньорічним значенням в інтервалі 2,37–4,10 для весняного та 2,82–6,83 для літнього строку використання із зростанням показника у роки із вираженими стресовими гідротермічними режимами (рис. 4) – ще раз доводять адаптивність редьки олійної та можливість її використання як покривної та сидеральної культури за умов літньої проміжної сидерації (післяжнивний та післяукісний варіанти застосування).



**Рис. 4. Коефіцієнт продуктивності кореневої системи редьки олійної за різних строків сівби, 2014–2023 рр. (для кожного року дані по 16 облікових майданчиків окремо для весняного та літнього строку сівби (N=320))**

Це ж підтверджується даними досліджень [8, с. 82–83], де коефіцієнт продуктивності кореневих систем таких культур як гірчиця біла становив 3,7–4,1, буркун білий – 2,7–2,9, вики ярої – 1,9–2,1, гречки – 3,2–3,7 а редьки олійної – 2,9–3,4. Підвищення показника продуктивності кореневої системи редьки олійної за аридизації умов періоду її вегетації вказує на ростову адаптацію цього виду з можливістю прискореного формування надземної біомаси за певного фізіологічного «відставання» у формуванні кореневої системи, що до речі було підтверджено як загальний адаптивний механізм диких хрестоцвітих видів рослин [28, с. 1–4]. Слід також відмітити, що зміна величини коефіцієнта із розрядності 3–4 для сирової речовини до розрядності 2.0–2,5 у виразі сухої речовини пов'язана із вищим значенням вмісту сухих речовин у кореневій біомасі. Для весняного року співвідношення вмісту сухої речовини у кореневій біомасі та надземній біомасі склало у середньому за період вивчення коефіцієнт 1,63 для літнього строку сівби вказане співвідношення становило 1,44.

Кореляційним аналізом підтверджено вище зроблені висновки щодо ролі гідротермічних умов у можливому рівні досягнення загальної біопродуктивності рослин редьки олійної (табл. 1).

За величиною кореляційного графа першого типу (Граф G) формування як надземної, так і підземної (кореневої) біомаси рослин редьки олійної мало найвищу сумарну залежність модульних числових значень коефіцієнтів кореляції з позиції вагових характеристик рослини (інтервал 7.30–7.61). Серед гідротермічних чинників періоду вегетації вказаний показник був максимальним для гідрометеорологічних коефіцієнтів таких як ГТК,  $I_p$ ,  $K_3$  (у середньому >7.70). Серед параметральних факторів сума опадів відіграла у системі формування загальної біопродуктивності рослин більш істотне значення ніж рівень середньодобової температури (коефіцієнт співвідношення 1.52) та відносна вологість повітря (коефіцієнт співвідношення 2.18). При цьому за напрямом залежності встановлено, що рівень загальної біомаси рослин редьки олійної з високим рівнем прогнозованої ймовірності зростатиме за збільшення кількості опадів ( $d_{yx} = 92,2\%$ ) та високих значень гідротермічних коефіцієнтів і співвідношень ( $d_{yx} = 81,0–88,4\%$ ).

Якщо співставити отримані залежності із модельними параметрами, які закладались у прогностичні моделі формування біомаси для таких видів як ріпак ярий та озимий, гірчиця біла у варіантах їх різноцільового використання [24, с. 23–27; 27, с. 147–150], то слід зауважити, що редька олійна має певні переваги щодо показників кліматичної адаптації. Зокрема, вже відмічена здатність до інтенсивних ростових процесів за зниженого

**Таблиця 1. Коефіцієнти кореляції Пірсона залежності показників біопродуктивності редьки олійної від гідротермічних параметрів вегетаційного періоду (для спільної системи зіставлення строків сівби–повторень–років (N=160))**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-0,40	0,49	0,91	0,96	0,91	0,95	0,95	0,96	-0,51	0,52
2		-0,02	-0,71	-0,62	-0,71	-0,44	-0,53	-0,48	0,51	-0,54
3			0,29	0,37	0,29	0,52	0,36	0,49	-0,35	0,28
4				0,99	1,00	0,87	0,93	0,90	-0,57	0,61
5					0,99	0,91	0,96	0,94	-0,56	0,60
6						0,87	0,93	0,90	-0,57	0,61
7							0,94	0,99	-0,41	0,40
8								0,97	-0,63	0,66
9									-0,49	0,49
10										-0,96
**7,56	4,96	3,46	7,78	7,90	7,78	7,30	7,86	7,61	5,56	5,67
***0,69	0,45	0,31	0,71	0,72	0,71	0,66	0,71	0,69	0,51	0,52

Примітки:  $r = |0,0|–|0,4|$  Відсутній або слабкий зв'язок;  $r = |0,4|–|0,7|$  Помірний зв'язок;  $r = |0,7|–|1,0|$  Сильний зв'язок. 1=Опади (мм); 2=Середньодобова температура (°C); 3=Вологість повітря (%); 4=ГТК; 5= $I_{II}$ ; 6=K; 7=Вихід листкостеблової (надземної) біомаси (т/га); 8=Вихід кореневої біомаси (т/га); 9=Загальна біомаса рослин (т/га); 10=Коефіцієнт продуктивності кореневої системи (у сухій речовині); 11=Частка корневих залишків у загальній сухій біомасі рослин (%); \*\* Граф Г; \*\*\* Граф G'. Рівень значущості для  $p < 0,05$ , інтервал  $r = 0,15–0,19$ , для  $p < 0,01$   $r = 0,20–0,25$ , для  $p < 0,001$   $r > 0,25$ .

температурного режиму періоду вегетації. Це особливо характерно за ранньовесняних строків сівби редьки олійної. Так, у середньому за 10 річний період досліджень середньодобова температура повітря була на рівні 14,5 °C за період квітня–червня. Такий рівень температур для гірчиці білої і ріпаку ярого вже сприятиме зниженню темпів ростових процесів та величини сформованої генеративної частини рослин [22, с. 15–20]. Разом із тим, враховуючи вищі рівні залежності для релятивних величин (відношень, коефіцієнтів) у співставленні до базових кліматичних параметрів на підставі узагальнень [23, с. 3–7] слід очікувати більш складної ієрархії залежностей між біопродуктивністю рослин редьки олійної і кліматичними параметрами періоду її вегетації. Тобто редька олійна володіє досить гнучким адаптивним механізмом, що виділяє її серед інших хрестоцвітних видів з позиції можливості використання у системі полікритерійних покривних культур проміжного сидерального використання.

**Висновки.** На підставі оцінки особливостей формування загальної біомаси рослин редьки олійної на фоні змінних гідротермічних умов періоду її вегетації, встановлений високий її продуктивний потенціал, який дозволяє навіть у виражені стресові за гідротермічними умовами роки сформувати не менше 2,5 т/га сухої речовини, а в оптимальні роки забезпечити до 7,0 т/га. Кореляційним варіантом аналізу на основі розмірності отриманих коефіцієнтів кореляції встановлено, що основним обмежуючим чинником рівнів формування її біомаси є вологозабезпечення періоду вегетації. При цьому значення середньодобової температури має широкий діапазон відносної оптимальності в інтервалі від 14 до 22 °C. Виходячи з цього, найбільш доцільним варіантом використання редьки олійної в системі проміжного та сидерального використання є варіант ранньовесняної сівби, а також варіант літнього проміжного використання зі зміщенням строків сівби на кінець липня–початок серпня для зон нестійкого зволоження.

#### Список використаних джерел

- Бутрим О.В. Теоретико-методологічні основи формування внутрішнього вуглецевого ринку в контексті збалансованого розвитку агросфери: монографія / за ред. О.І. Дребот. К.: ТОВ «ДІА», 2018. 386 с.
- Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Малярчук М.П., Гальченко Н.М., Резніченко Н.Д. Еколого-економічна ефективність сидерації у сівозміні на зрошуваних землях Півдня України. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 55–62.
- Глущенко М.К., Крупко Г.Д. Особливості застосування сидерації та роль зелених добрив у підвищенні родючості ґрунтів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2016. № 3(75). С. 173–178.
- Гончарук І.В., Ковальчук С.Я., Цицюра Я.Г., Лутковська С.М. Динамічні процеси розвитку органічного виробництва в Україні. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 478 с.
- Господаренко Г.М., Лисянський О.Л. Вплив видів і доз мінеральних добрив на врожай сидеральних культур у Правобережному Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. Вип. 86. Ч. 1: Агрономія. С. 13–17.
- Добряк Д.С., Кузін Н.В. Удосконалення класифікації процесів, що спричиняють деградацію земельних угідь. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 1. С. 106–111.
- Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / С.П. Іванюта, О.О. Коломієць, О.А. Малиновська, Л.М. Якушенко; за ред. С. П. Іванюти. К.: НІСД, 2020. 110 с.
- Лисянський О.Л. Ефективність удобрення сидеральних культур на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.04 / Лисянський Олександр Леонідович; Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр «Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського». Харків, 2018. 246 с.
- Методичні рекомендації для здійснення оцінки ризиків та вразливості соціально-економічних секторів та природних складових до зміни клімату. 2024. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/06/386nd1.pdf> (дата звернення: 10.05.2024).

10. Писаренко В.В., Писаренко П.В., Писаренко В.М. Еколого-економічна ефективність використання сидератів. *Економіка*. 2012. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2012/03/122.pdf> (дата звернення: 10.05.2024).
11. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві: монографія. Рівне: Волинські обереги, 2007. 320 с.
12. Сайко В.Ф. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами. К.: «Інститут землеробства НААН», 2011. 76 с.
13. Сендєцький В. М. Продуктивність сої залежно від сумісного застосування соломи, сидератів та органічних добрив в умовах Лісостепу Західного. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Зрошене землеробство»*. 2019. № 71. С. 123–127.
14. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року, підготовлена за технічної підтримки проекту Агентства США з міжнародного розвитку «Муніципальна енергетична реформа в Україні». (проект). 2022. URL: <https://menr.gov.ua/news/31815.html> (дата звернення: 10.05.2024).
15. Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Монографія. Вінниця: Видавець ТОВ «Друк», 2022. 770 с.
16. Цицюра Я.Г. Оцінка ефективності конструювання агрофітоценозів та удобрення редьки олійної на основі модульно-віталітетного методу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 3(14). С. 57–78.
17. Цицюра Я.Г., Цицюра Т.В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. 624 с.
18. Харитоненко Р.А., Бутенко Є.В. Оцінка впливу деградаційних процесів на продуктивний потенціал сільськогосподарських земель: монографія. К.: НУБіП України, 2019. 204 с.
19. Хромушина Л.А. Екологізація сільського господарства як основа еколого-економічної безпеки. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Фінанси та кредит*. 2008. № 1. С. 278–283.
20. Шкуратов О.І., Дребот О.І., Бутрим О.В. Концепція розвитку органічного землеробства в Україні до 2020 року. Київ, 2014. 16 с.
21. Шувар І.А. Сидерати в сучасному землеробстві. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 156 с.
22. Ahmad P. Oilseed Crops. Yield and Adaptations under Environmental Stress. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK, 2017. 310 p.
23. Akbarzadeh A., Katsikas S. Identifying and Analyzing Dependencies in and among Complex Cyber Physical Systems. *Sensors*. 2021. Vol. 21. № 5. 1685 p.
24. Asgari A., Darzi-Naftchali A., Nadi M., Saberali S.F. Improvement in canola yield and growth indices and water-use efficiency with subsurface drainage in a humid climate. *Paddy Water Environment*. 2021. Vol. 19. № 1. P. 23–33.
25. Bláha L. Importance of Root-Shoot Ratio for Crops Production: A Review. *Current Topics in Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 1. P. 37–49.
26. Bodner G., Himmelbauer M., Loiskandl W., Kaul H.-P. Improved evaluation of cover crop species by growth and root factors. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. Vol. 30. P. 455–464.
27. Dorsainvil F., Durr C.C., Justes E.E., Carrera A. Characterisation and modelling of white mustard (*Sinapis alba* L.) emergence under several sowing conditions. *European Journal of Agronomy*. 2005. Vol. 23. № 2. P. 146–158.
28. Kashyap A., Kumari S., Garg P., Kushwaha R., Tripathi S., Sharma J., Gupta N.C., Kumar R.R., Yadav R., Vishwakarma H. Indexing Resilience to Heat and Drought Stress in the Wild Relatives of Rapeseed-Mustard. *Life*. 2023. Vol. 13. № 3. 738.
29. Poorter H., Niklas K.J., Reich P.B., Oleksyn J., Poot, P., Mommer L. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist* 2012. Vol. 193. P. 30–50.
30. Thornley J.H.M. Modelling shoot: root relations: the only way forward? *Annals of Botany*. 1998. Vol. 81. P. 165–171.
31. Tsytsiura Y.H. Modular-vitality and ideotypical approach in evaluating the efficiency of construction of oilseedseed radish agrophytocenoses (*Raphanus sativus* var. *oleifera* Pers.). *Agraarteacus*. 2020. Vol. 31. № 2. P. 219–243.
32. Wahlström E.M., Hansen E.M., Mandel A., Garbout A., Kristensen H.L., Munkholm L.J. Root development of fodder radish and winter wheat before winter in relation to uptake of nitrogen. *European Journal of Agronomy*. 2015. Vol. 71. P. 1–9.
33. Wong J. Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge, Academic Press, 2018. 589 p.

**Tsytsiura Ya. G.**

*Candidate of Agricultural Sciences,  
Associate Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry,  
Vinnytsia National Agrarian University  
Vinnytsia, Ukraine*

*E-mail: yaroslavtsytsiura@ukr.net*

*ORCID: 0000-0002-9167-833X*

## **ESTIMATION OF REGULARITIES OF OIL RADISH BIOMASS FORMATION FROM THE POINT OF VIEW OF ITS GREEN MANURE DIFFERENT TERM USE**

### **Abstract**

*The expediency and effectiveness of green manure farming systems for fulfilling the tasks of the national strategy for soil conservation and soil rehabilitation on the basis of world experience and threats and challenges formed by modern trends in the design and implementation of innovative technologies for growing major crops are substantiated. The peculiarities of formation of above-ground leaf and root biomass of oil radish plants for its use as an effective candidate in the system of the main (field-occupying) or intermediate (post-harvest, post-mowing) crop rotation component for technological green manure were investigated. The evaluation*

was carried out according to the principles of overall bioproductivity and adaptability of maintaining the appropriate levels of the indicator, taking into account the stressful hydrothermal conditions of the crop growing season and the use of conjugate analysis of the trait value and climatic conditions by the parameters of hydrothermal coefficient, aridity coefficient and moisture coefficient in a ten-year research cycle. The coefficient of productivity of the root system of oil radish plants in terms of the ratio of aboveground and root biomass was analysed and conclusions were drawn about the possibility of growing oil radish in variants of stressful summer intermediate green manure. The sensitivity of the plant bioproductivity index and its derivative indicators, which are determined from the point of view of determination and forecasting, was assessed by correlation analysis in order to evaluate the suitability of the respective territories for the effective use of oil radish as a candidate for bioorganic green manure technologies without fertilisation. The optimal conditions of environmental factors in terms of moisture and daily temperature regime were formed to obtain a stable level of leaf mass yield at the level of 20 t/ha in accordance with the basic requirements for green manure crops.

**Key words:** green manure technologies, bioproductivity, leaf and stem mass, root biomass, root system productivity coefficient.

### References

- Butrym, O.V. (2018). Teoretyko-metodolohichni osnovy formuvannia vnutrishnoho vuhletsevoho rynku v konteksti zbalansovanoho rozvytku ahrosfery: monohrafiia [Theoretical and methodological foundations for the formation of the internal carbon market in the context of balanced development of the agro-sphere: a monograph]. (Drebot, O.I., Ed.). K.: TOV «DIA», 386 p. [in Ukrainian].
- Hadzalo, Ya.M., Vozhehova, R.A., Maliarchuk, M.P., Halchenko, N.M., & Reznichenko, N.D. (2020). Ekoloho-ekonomichna efektyvnist syderatsii u sivozmini na zroshuvanykh zemliakh Pivdnia Ukrainy [Ecological and economic efficiency of green manure in crop rotation on irrigated lands of the South of Ukraine]. *Ahroekolohichni zhurnal – Agroecological journal*, 2, 55–62 [in Ukrainian].
- Hlushchenko, M.K., & Krupko, H.D. (2016). Osoblyvosti zastosuvannia syderatsii ta rol zelenykh dobryv u pidvyshchenni rodiuchosti gruntiv [Peculiarities of green manure application and the role of green fertilisers in increasing soil fertility]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia – Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering*, 3(75), 173–178 [in Ukrainian].
- Honcharuk, I.V., Kovalchuk, S.Ia., Tsytsiura, Ya.H., & Lutkovska, S.M. (2020). Dynamichni protsesy rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Dynamic processes of organic production development in Ukraine]. Vinnytsia: TOV «TVORY», 478 p. [in Ukrainian].
- Hospodarenko, H.M., & Lysianskyi, O.L. (2014). Vplyv vydiv i doz mineralnykh dobryv na vrozhai syderalnykh kultur u Pravoberezhnomu Lisostepu [Influence of types and doses of mineral fertilisers on the yield of green manure crops in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*. Vyp. 86. Ch. 1: Ahronomiia. pp. 13–17 [in Ukrainian].
- Dobriak, D.S., & Kuzin, N.V. (2016). Udoskonalennia klasyfikatsii protsesiv, shcho sprychyniaut dehradatsiiu zemelnykh uhid [Improving the classification of processes that cause land degradation]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Sustainable use of natural resources*, 1, 106–111 [in Ukrainian].
- Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analit. Dopovid [Climate change: impacts and adaptation measures: analytical report] (2020). / [S.P. Ivaniuta, O.O. Kolomiets, O.A. Malynovska, L.M. Yakushenko]. (Ivaniuta, S.P., Ed.). K.: NISD, 110 p. [in Ukrainian].
- Lysianskyi, O.L. (2018). Efektyvnist udobrennia syderalnykh kultur na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Efficiency of fertilisation of green manure crops on podzolised chernozem of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Candidate's thesis*. Nats. akad. ahrar. nauk Ukrainy, Nats. nauk. tsentr «In-t hruntoznavstva ta ahrokhimii im. O. N. Sokolovskoho». Kharkiv, 246 p. [in Ukrainian].
- Metodychni rekomendatsii dlia zdiisnennia otsinky ryzykiv ta vrazlyvosti sotsialno-ekonomichnykh sektoriv ta pryrodnykh skladovykh do zminy klimatu [Methodological recommendations for assessing the risks and vulnerability of socio-economic sectors and natural components to climate change]. (2024). Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/06/386nd1.pdf> [in Ukrainian].
- Pysarenko, V.V., Pysarenko, P.V., & Pysarenko, V.M. (2012). Ekoloho-ekonomichna efektyvnist vykorystannia syderativ [Ecological and economic efficiency of green manure use]. *Ekonomika – Economics*. Retrieved from: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2012/03/122.pdf> [in Ukrainian].
- Polovyi, V.M. (2007). Optyimizatsiia system udobrennia v suchasnomu zemlerobstvi: monohrafiia [Optimising fertiliser systems in modern farming]. Rivne: Volynski oberehy, 320 p. [in Ukrainian].
- Saiko, V.F. (2011). Osoblyvosti provedennia doslidzhen z khrestotsvitymy oliinymy kulturamy [Features of research with cruciferous oilseeds]. K.: «Instytut zemlerobstva NAAN», 76 p. [in Ukrainian].
- Sendetskyi, V.M. (2019). Produktyvni soi zalezno vid sumisnoho zastosuvannia solomy, syderativ ta orhanichnykh dobryv v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Soybean productivity depending on the combined use of straw, green manure and organic fertilisers in the Western Forest-Steppe]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Zroshuvane zemlerobstvo» – Interagency thematic scientific collection 'Irrigated Agriculture'*, 71, 123–127 [in Ukrainian].
- Stratehiia nyzkovuhletsevoho rozvytku Ukrainy do 2050 roku, pidhotovlena za tekhnichnoi pidtrymky proektu Ahentstva SSHA z mizhnarodnoho rozvytku «Munitsypalna enerhetychna reforma v Ukraini» [The Low Carbon Development Strategy of Ukraine until 2050, prepared with the technical support of the U.S. Agency for International Development's Municipal Energy Reform in Ukraine project]. (proekt) (2022). Retrieved from: <https://menr.gov.ua/news/31815.html> [in Ukrainian].
- Tsytsiura, Ya.H., Neilyk, M.M., Didur, I.M., & Polishchuk, M.I. (2022). Syderatsiia yak bazova skladova biolohizatsiia suchasnykh system zemlerobstva [Green manure as a basic component of biologisation of modern farming systems]. Monohrafiia. Vinnytsia: Vydavets TOV «Druk», 770 p. [in Ukrainian].
- Tsytsiura, Ya.H. (2019). Otsinka efektyvnosti konstruiuvannia ahrofitotsenoziv ta udobrennia redky oliinoi na osnovi modulno-vitalitetnoho metodu [Evaluation of the efficiency of agrophytocenosis design and fertilisation of oil radish based on the modular-vitalite method]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, 3(14), 57–78 [in Ukrainian].
- Tsytsiura, Ya.H., & Tsytsiura, T.V. (2015). Redka oliina. Stratehiia vykorystannia ta vyroshchuvannia: monohrafiia [Oilseed radish. Strategy of use and cultivation: a monograph]. Vinnytsia: TOV «Nilan LTD», 624 p. [in Ukrainian].

18. Kharytonenko, R.A., & Butenko, Ye.V. (2019). Otsinka vplyvu dehradatsiinykh protsesiv na produktyvnyi potentsial silskohospodarskykh zemel: monohrafiia [Assessment of the impact of degradation processes on the productive potential of agricultural land: a monograph]. K.: NUBiP Ukrainy, 204 p. [in Ukrainian].
19. Khromushyna, L.A. (2008). Ekolohizatsiia silskoho hospodarstva yak osnova ekolooho-ekonomichnoi bezpeky [Ecologisation of agriculture as a basis for ecological and economic security]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Finansy ta kredyt – Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Finance and Credit*, 1, 278–283 [in Ukrainian].
20. Shkuratov, O.I., Drebot, O.I., & Butrym, O.V. (2014). Kontseptsiiia rozvytku orhanichnoho zemlerobstva v Ukraini do 2020 roku [Concept for the development of organic farming in Ukraine until 2020]. Kyiv, 16 p. [in Ukrainian].
21. Shuvar, I.A. (2015). Syderaty v suchasnomu zemlerobstvi [Green manure in modern farming]. Ivano-Frankivsk: Symfoniia forte, 156 p. [in Ukrainian].
22. Ahmad, P. (2017). Oilseed Crops. Yield and Adaptations under Environmental Stress. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK, 310 p. [in English].
23. Akbarzadeh, A., & Katsikas, S. (2021). Identifying and Analyzing Dependencies in and among Complex Cyber Physical Systems. *Sensors*. Vol. 21. № 5. 1685 [in English].
24. Asgari, A., Darzi-Naftchali, A., Nadi, M., & Saberali, S.F. (2021). Improvement in canola yield and growth indices and water-use efficiency with subsurface drainage in a humid climate. *Paddy Water Environment*. Vol. 19. № 1. pp. 23–33 [in English].
25. Bláha, L. (2021). Importance of Root-Shoot Ratio for Crops Production: A Review. *Current Topics in Agricultural Sciences*, 1, 37–49 [in English].
26. Bodner, G., Himmelbauer, M., Loiskandl, W., & Kaul, H.-P. (2010). Improved evaluation of cover crop species by growth and root factors. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 455–464 [in English].
27. Dorsainvil, F., Durr, C.C., Justes, E.E., & Carrera, A. (2005). Characterisation and modelling of white mustard (*Sinapis alba* L.) emergence under several sowing conditions. *European Journal of Agronomy*. Vol. 23. № 2. pp. 146–158 [in English].
28. Kashyap, A., Kumari, S., Garg, P., Kushwaha, R., Tripathi, S., Sharma, J., Gupta, N.C., Kumar, R.R., Yadav, R., & Vishwakarma, H. (2023). Indexing Resilience to Heat and Drought Stress in the Wild Relatives of Rapeseed-Mustard. *Life*. Vol. 13. № 3. 738 [in English].
29. Poorter, H., Niklas, K.J., Reich, P.B., Oleksyn, J., Poot, P., & Mommer, L. (2012). Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193, 30–50 [in English].
30. Thornley, J.H.M. (1998). Modelling shoot: root relations: the only way forward? *Annals of Botany*, 81, 165–171 [in English].
31. Tsytsiura, Y.H. (2020). Modular-vitality and ideotypical approach in evaluating the efficiency of construction of oilseed radish agrophytocenoses (*Raphanus sativus* var. *oleifera* Pers.). *Agraarteacus*. Vol. 31. № 2. pp. 219–243 [in English].
32. Wahlström, E.M., Hansen, E.M., Mandel, A., Garbout, A., Kristensen, H.L., & Munkholm, L.J. (2015). Root development of fodder radish and winter wheat before winter in relation to uptake of nitrogen. *European Journal of Agronomy*. Vol. 71. pp. 1–9 [in English].
33. Wong, J. (2018). Handbook of statistical analysis and data mining applications. Cambridge, Academic Press, 589 p. [in English].

УДК 633/635.633,6

**Шевченко Н. В.**кандидат сільськогосподарських наук,  
старший викладач кафедри рослинництва та садівництва,  
Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

**E-mail:** tkachukop@ukr.net**ORCID:** 0000-0002-0334-2044

## ОПТИМІЗАЦІЯ СОРТОВОГО СКЛАДУ РИЖІЮ

### Анотація

На основі опрацювання Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2024 рік і Офіційних описів сортів рослин та показників господарської придатності, представлених у Бюлетенях «Охорона прав на сорти рослин», розміщених у Інформаційно-довідковій системі «Сорт» встановлено наступне: найвища урожайність насіння рижію озимого була характерна для сортів: ПР46В31 – 38,6 ц/га, Опава – 37,6 ц/га, Оксана – 35,9 ц/га та ПР46В10 – 35,8 ц/га. Найвищий вміст жиру мали сорти: Елвіс – 46,5%, Ексагон – 46,4%, Нельсон – 46,1 ц/га. Найбільше білка містилось у сортів Смарт – 24,0%, Триангель – 22,6%, Опава – 22,3%, Опус – 22,1%. Найнижчий вміст ерукової кислоти був встановлений у насінні сортів Опус – 0,08%, ПР46В10, ПР46В31, Ексагон, Опава Смарт, Оксана – по 0,1%. Найменше глюкозинолатів містилося у насінні сортів Опус та Смарт – по 0,6%. Найбільшою зимостійкістю відзначалися сорти Оксана – 8,3 бали, Опава – 8,2 бали. Найстійкішими до вилягання рослин виявилися сорти ПР46В31, Нельсон – по 9,0 балів, Стілуца, Опус – по 8,9 балів. Найбільш стійкими до посухи були сорти Опава – 8,7 бали, ПР46В31, Оксана – по 8,6 балів. Найстійкішими до осипання насіння були сорти Опус – 7,8 балів, ПР46В10 – 7,7 балів, Соло, Стілуца – по 7,6 балів.

Математично-статистичним аналізом кількісних показників сортів ріпаку озимого встановлено сильний негативний кореляційний зв'язок між урожайністю насіння та вмістом ерукової кислоти у ньому ( $r = -0,800$ ), між вмістом ерукової кислоти та глюкозинолатів ( $r = -0,697$ ), середній позитивний зв'язок між урожайністю насіння та посухостійкістю сортів ( $r = 0,619$ ).

Серед сортів рижію ярого найвища урожайність насіння була встановлена у сорту Євро 12 – 20 ц/га, найбільше жиру містилося у насінні сорту Міраж – 43,2%. Кореляційно-регресійною залежністю виявлено сильний негативний кореляційний зв'язок між урожайністю насіння рижію ярого та вмістом у ньому білка ( $r = -0,656$ ), сильний позитивний кореляційний зв'язок між вмістом у насінні жиру та білка ( $r = -0,762$ ).

**Ключові слова:** рижій озимий, рижій ярий, сорти, продуктивність, стійкість, якість продукції, підбір.

**Вступ.** Рижій посівний (*Camelina sativa*) – олійна однорічна культура, що належить до родини *Brassicaceae*. Олія рижію характеризується підвищеним вмістом поліненасичених жирних кислот, зокрема лінолевої (20%) та ліноленової (32%), а також високим вмістом Омега-3 жирних кислот, особливо альфа-ліноленової кислоти, тому вважається цінною альтернативою риб'ячому жиру і може використовуватися для споживання людиною, як кормової добавки для тварин і для виробництва біодизельного палива. До того ж з рижію можна отримати олії набагато більше, ніж з ріпаку. А собівартість такої олії буде на половину нижчою від ріпакової. Це тому, що рослина не вимагає старанного догляду, під неї практично не треба вносити дорогих мінеральних добрив, вона не уражується шкідниками і хворобами [10].

Рижій добре адаптований до вирощування в регіонах з помірним кліматом, але задовільно переносить широкий діапазон кліматичних умов, росте на бідних ґрунтах та з обмеженим водопостачанням, що робить його придатним для вирощування у посушливих регіонах.

На сьогодні в Україні посівна площа рижію займає 5–6 тис. га, що складає 3% від усіх олійних культур. Найбільше вирощують рижій головним чином у північній частині лівобережного Лісостепу. Враховуючи невибагливість культури, її посівні площі можуть бути збільшені у 3–4 рази. Але для цього необхідно підібрати високопродуктивні сорти з отриманням високоякісного насіння, з якого можна отримати відповідну олію [8].

Сучасні напрямки селекції сортів рижію орієнтовані на задоволення вимог щодо підвищення його урожайності з урахуванням конкретних особливостей навколишнього середовища, переробної та харчової промисловості. Створення високопродуктивних сортів рижію передбачає безпосереднє збільшення потенційної продуктивності рослин, а також підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища [3].

Важливим напрямом вибору сортів рижію є якість сировини щодо напрямку їх використання. При вирощуванні сортів харчового напрямку основними їх завданнями є збільшення вмісту олії в насінні і поліпшення її якості. Якісні особливості і галузь використання олії визначаються складом жирних кислот. Це відсутність ерукової кислоти, але небажаним є і високий вміст ліноленової кислоти. Також важливо підібрати сорти з рівномірним і раннім дозріванням насіння, стійкими проти вилягання стебла і до впливу хвороб. При вирощуванні рижію для технічних цілей необхідно підібрати сорти з підвищеним вмістом у насінні рівня ерукової кислоти [4; 9].

При вирощуванні ярого ріпаку важливо обирати сорти зі скороченим періодом вегетації. Рослини рижію досить стійкі протягом усього вегетаційного періоду проти пошкодження хворобами і різними видами шкідників. Можливо, це значною мірою пов'язано з малим поширенням культури у виробництві [1].

**Мета.** Дослідження проводили на основі опрацювання Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2024 рік [2] і Офіційних описів сортів рослин та показників господарської придатності, представлених у Бюлетенях «Охорона прав на сорти рослин», розміщених у Інформаційно-довідковій системі «Сорт» [7].

Сорти рижію озимого, відповідно до державної кваліфікаційної експертизи, для визначення придатності до поширення в Україні зокрема оцінюють за урожайністю насіння, вмістом у ньому жиру, білка, ерукової кислоти, глюकोзинолатів, стійкістю до хвороб, шкідників, несприятливих погодних умов, зокрема посухи і зимостійкості, вилягання рослин і осипання насіння. Сорти рижію ярого оцінюють за урожайністю насіння, вмістом у ньому жиру, білка, ерукової кислоти та стійкістю до осипання насіння [6].

Відносна стійкість сортів рижію до хвороб, посухи, несприятливих умов зимівлі, вилягання рослин і осипання насіння визначається за дев'ятибальною шкалою (1–9 балів), за якою 9 балів відповідає найвищій стійкості, а 1 бал – найнижчій. Використовується така градація: 9 балів – стійкість відмінна; 7 балів – стійкість добра; 5 балів – стійкість задовільна; 3 бали – стійкість погана; 1 бал – стійкість дуже погана [6].

Показники, за якими проводили оцінку сортів рижію, встановлюються відповідно до Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Досліди проводилися на ділянках 10–25 м<sup>2</sup> у чотириразовій повторності [6].

Визначення стійкості сортів рижію до основних хвороб і шкідників проводили за відсотком уражених рослин, відповідно до вимог методики [5], стійкість до посухи і несприятливих умов зимівлі визначали на основі візуальної оцінки рослин впродовж вегетації. Проводили порівняння досліджуваних показників на основі математично-статистичного кореляційно-регресійного аналізу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** До Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2024 рік включено 12 сортів рижію озимого. Їх характеристика здійснюється за показниками урожайності насіння, вмісту у ньому жиру, білка, ерукової кислоти, глюकोзинолатів, а також показників стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища.

Урожайність насіння рижію озимого варіювала у діапазоні 27,4–38,6 ц/га. Найвища урожайність насіння була характерна для сортів: ПР46В31 – 38,6 ц/га, Опава – 37,6 ц/га, Оксана – 35,9 ц/га та ПР46В10 – 35,8 ц/га. Найнижча урожайність насіння була встановлена у сортів Стілуца – 27,4 ц/га, Елвіс – 27,8 ц/га, Соло – 28,4 ц/га. Загалом урожайність насіння сортів рижію озимого мала діапазон 11,2 ц/га (табл. 1).

**Таблиця 1. Урожайність та якість насіння сортів рижію озимого**

Сорт	Урожайність, ц/га	Вміст жиру, %	Вміст білка, %	Вміст ерукової кислоти, %	Вміст глюकोзинолатів, %
ПР46В10	35,8	45,6	20,9	0,1	0,7
ПР46В31	38,6	45,4	21,8	0,1	0,7
Ексагон	35,2	46,4	21,1	0,1	0,7
Нельсон	35,7	46,1	21,0	0,2	0,8
Елвіс	27,8	46,5	20,4	0,3	0,8
Соло	28,4	45,8	21,4	0,2	0,8
Стілуца	27,4	45,8	21,3	0,3	0,9
Триангель	35,1	43,8	22,6	0,2	0,8
Опава	37,6	43,5	22,3	0,1	0,8
Опус	34,2	45,1	22,1	0,08	0,6
Смарт	33,9	44,3	24,0	0,1	0,6
Оксана	35,9	43,9	21,4	0,1	0,9

Вміст жиру у насінні рижію озимого становив 43,5–46,5%. Найвищий вміст жиру мали сорти: Елвіс – 46,5%, Ексагон – 46,4%, Нельсон – 46,1 ц/га. Найменший вміст жиру спостерігався у сортів Опава – 43,5%, Триангель – 43,8%, Оксана – 43,9%.

Вміст білка у насінні рижію озимого становив 20,4–24,0%. Найбільше білка містилось у сортів Смарт – 24,0%, Триангель – 22,6%, Опава – 22,3%, Опус – 22,1%. Найменше білка було у насінні сортів Елвіс – 20,4%, ПР46В10 – 20,9%, Нельсон – 21,0%.

Ерукова кислота та глюकोзинолати належать до тих речовин у насінні рижію, високий вміст яких погіршує їх поживну цінність. Тому чим нижчий їх вміст у насінні, тим ціннішим є сорт. Вміст ерукової кислоти у насінні сортів рижію озимого становив 0,08–0,3%. Найнижчий вміст ерукової кислоти був встановлений у насінні сортів Опус – 0,08%, ПР46В10, ПР46В31, Ексагон, Опава Смарт, Оксана – по 0,1%. Найбільше ерукової кислоти містилося у сортах Елвіс та Стілуца – по 0,3%.

Вміст глюкозинолатів у насінні рижію озимого становив 0,6–0,9%. Найменше глюкозинолатів містилося у насінні сортів Опус та Смарт – по 0,6%, а найбільше – у сортів Стілуца та Оксана – по 0,9%.

Стійкість до несприятливих факторів рослин сортів рижію озимого визначається за показниками зимостійкості, посухостійкості, стійкості до вилягання рослин, осипання насіння, впливу хвороб та шкідників. Зимостійкість сортів рижію озимого варіювала у діапазоні 6,9–8,3 бали. Найбільшою зимостійкістю відзначалися сорти Оксана – 8,3 бали, Опава – 8,2 бали. Найменш зимостійкими виявилися сорти Триангель і Смарт – по 6,9 балів (табл. 2).

**Таблиця 2. Показники стійкості до несприятливих чинників сортів рижію озимого, %**

Сорт	Зимо-стійкість	Стій-кість до вилягання рослин	Посухо-стійкість	Стійкість до осипання насіння	Стійкість до хвороб	Стійкість до шкідників
ПР46В10	7,5	8,8	8,4	7,7	9,0	9,0
ПР46В31	7,5	9,0	8,6	7,1	9,0	9,0
Ексагон	7,5	8,8	8,5	7,3	9,0	9,0
Нельсон	7,5	9,0	8,5	7,4	9,0	8,5
Елвіс	7,5	8,7	8,5	7,4	9,0	8,7
Соло	7,5	8,9	8,5	7,6	9,0	8,4
Стілуца	7,5	8,7	8,1	7,6	9,0	8,9
Триангель	6,9	8,7	8,5	7,4	9,0	8,7
Опава	8,2	8,7	8,7	7,5	9,0	9,0
Опус	7,5	8,9	8,5	7,8	9,0	9,0
Смарт	6,9	8,7	8,4	7,2	9,0	8,5
Оксана	8,3	8,3	8,6	7,5	9,0	9,0

Стійкість до вилягання рослин сортів рижію озимого становила 8,3–9,0 балів. Найстійкішими до вилягання виявилися сорти ПР46В31, Нельсон – по 9,0 балів, Стілуца, Опус – по 8,9 балів. Найбільше вилягають сорти Оксана – 8,3 бали, Елвіс, Стілуца, Триангель, Опава, Смарт – по 8,7 балів.

Посухостійкість сортів рижію озимого становила 8,1–8,7 балів. Найбільш стійкими до посухи були сорти Опава – 8,7 бали, ПР46В31, Оксана – по 8,6 балів. Найменш стійкими до посухи були сорти Стілуца – 8,1 бали, ПР46В10, Смарт – по 8,4 бали.

Стійкість рослин до осипання насіння сортів рижію озимого становила 7,1–7,8 балів. Найстійкішими до осипання насіння були сорти Опус – 7,8 балів, ПР46В10 – 7,7 балів, Соло, Стілуца – по 7,6 балів. Найменшою стійкістю до осипання насіння відзначалися сорти ПР43В31 – 7,1 бали, Смарт – 7,2 бали, Ексагон – 7,3 бали.

Усі сорти рижію озимого відзначалися найвищою стійкістю до комплексу хвороб: пероноспороз і бактеріоз – по 9,0 балів. Стійкість сортів рижію озимого до шкідників оцінювалась за впливом ріпакового квіткоїду. Діапазон даного показника варіював у межах 8,4–9,0 балів. Найстійкішими до шкідників з балом 9,0 були сорти: ПР46В10, ПР46В31, Ексагон, Опава, Опус, Оксана. Найменшою стійкістю до шкідників відзначалися сорти Соло – 8,4 бали, Нельсон і Смарт – по 8,5 балів.

Математично-статистичним аналізом кількісних показників сортів ріпаку озимого встановлено сильний негативний кореляційний зв'язок між урожайністю насіння та вмістом ерукової кислоти у ньому ( $r = -0,800$ ), між вмістом ерукової кислоти та глюकोзинолатів ( $r = -0,697$ ), середній позитивний зв'язок між урожайністю насіння та посухостійкістю сортів ( $r = 0,619$ ).

Рівняння регресії та коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,64$  залежності між урожайністю насіння та вмістом ерукової кислоти у ньому сортів рижію озимого представлено на рис. 1. Рівняння регресії та коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,349$  залежності між вмістом ерукової кислоти та глюकोзинолатів у насінні сортів рижію озимого представлено на рис. 2.

Також нами були встановлені окремі залежності у сортів рижію озимого. Зокрема сорт ПР46В31 поєднав високу урожайність насіння з низьким вмістом ерукової кислоти у ньому, високою стійкістю до вилягання рослин, посухостійкістю, стійкістю до хвороб і шкідників, але з низькою стійкістю до осипання насіння. Сорт Опава поєднав високу урожайність насіння з низьким вмістом жиру, ерукової кислоти, але з високим вмістом білка у ньому, високою зимостійкістю і посухостійкістю, стійкістю до хвороб і шкідників. Сорт Оксана поєднав високу урожайність з низьким вмістом жиру і ерукової кислоти у насінні, але високим вмістом глюकोзинолатів, високою зимо- і посухостійкістю, стійкістю до шкідників і хвороб, але низькою стійкістю до вилягання рослин. Сорт ПР46В10 поєднав високу урожайність з низьким вмістом білка та ерукової кислоти у насінні, високою стійкістю до осипання насіння, хвороб і шкідників.

Рижію ярого у Державному реєстрі міститься 5 сортів. Дані відсутні за одним сортом – Славутич. Проте, порівняно з озимим рижієм, інформація по ярому рижію представлена лише за показниками урожайності насіння, вмісту жиру, білка і ерукової кислоти у насінні, а також стійкості рослин до осипання насіння.

Урожайність насіння рижію ярого становила, залежно від сорту, 13–20 ц/га. Найвища урожайність насіння була встановлена у сорту Євро 12–20 ц/га, а найнижча – у сорту Міраж – 13 ц/га та Гірський – 14 ц/га (табл. 3).



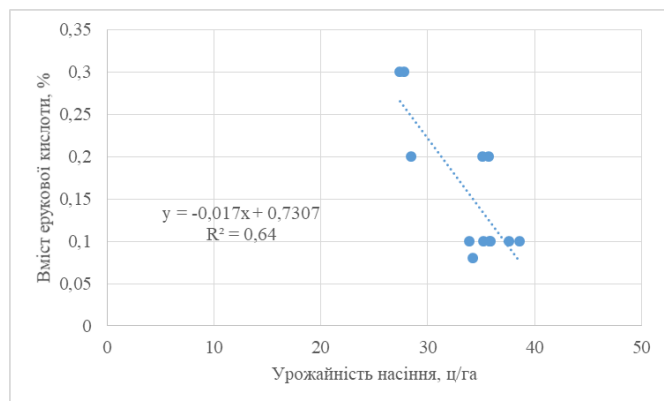


Рис. 1. Графічна залежність, рівняння регресії та коефіцієнт детермінації між урожайністю насіння та вмістом ерукової кислоти у ньому сортів рижю озимого

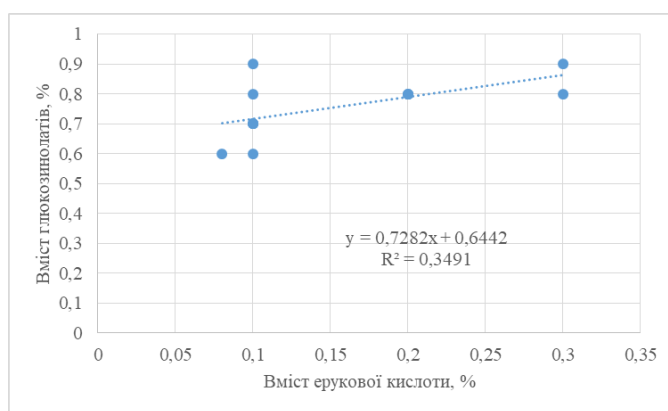


Рис. 2. Графічна залежність, рівняння регресії та коефіцієнт детермінації між вмістом ерукової кислоти та глюкозинолатів у насінні сортів рижю озимого

Таблиця 3. Урожайність та якість насіння сортів рижю ярого

Сорт	Урожайність, ц/га	Вміст жиру, %	Вміст білка, %	Вміст ерукової кислоти, %	Стійкість до осипання насіння, балів
Гірський	14	34,0	27,0	1,2	9,0
Міраж	13	43,2	27,1	1,2	9,0
Євро 12	20	38,0	27,0	1,2	9,0
Перемога	18	40,0	27,0	1,3	9,0

Вміст жиру у насінні рижю ярого становив 34,0–43,2%. Найбільше жиру містилося у насінні сорту Міраж – 43,2%, а найменше – у насінні сорту Гірський – 34,0%. Вміст білка у насінні усіх сортів рижю ярого був подібним і становив 27,0–27,1%. Вміст ерукової кислоти у сорту Перемога становив 1,3%, а у решти сортів – 1,2%. Усі сорти рижю ярого відзначалися максимальною стійкістю до осипання насіння – 9,0 балів.

Кореляційно-регресійною залежністю виявлено сильний негативний кореляційний зв'язок між урожайністю насіння рижю ярого та вмістом у ньому білка ( $r = -0,656$ ), сильний позитивний кореляційний зв'язок між вмістом у насінні жиру та білка ( $r = -0,762$ ).

**Висновки.** Найвища урожайність насіння рижю озимого була характерна для сортів: ПР46В31 – 38,6 ц/га, Опава – 37,6 ц/га, Оксана – 35,9 ц/га та ПР46В10 – 35,8 ц/га. Найвищий вміст жиру мали сорти: Елвіс – 46,5%, Ексагон – 46,4%, Нельсон – 46,1 ц/га. Найбільше білка містилось у сортів Смарт – 24,0%, Триангель – 22,6%, Опава – 22,3%, Опус – 22,1%. Найнижчий вміст ерукової кислоти був встановлений у насінні сортів Опус – 0,08%, ПР46В10, ПР46В31, Ексагон, Опава Смарт, Оксана – по 0,1%. Найменше глюкозинолатів містилося у насінні сортів Опус та Смарт – по 0,6%. Найбільшою зимостійкістю відзначалися сорти Оксана – 8,3 бали, Опава – 8,2 бали. Найстійкішими до вилягання рослин виявилися сорти ПР46В31, Нельсон – по 9,0 балів, Стілуца, Опус – по 8,9 балів. Найбільш стійкими до посухи були сорти Опава – 8,7 балів, ПР46В31, Оксана – по 8,6 балів. Найстійкішими до осипання насіння були сорти Опус – 7,8 балів, ПР46В10 – 7,7 балів, Соло, Стілуца – по 7,6 балів.

Серед сортів рижю ярого найвища урожайність насіння була встановлена у сорту Євро 12–20 ц/га, найбільше жиру містилося у насінні сорту Міраж – 43,2%.

## Список використаних джерел

1. Господаренко Г.М., Рассадіна І.Ю. Якість насіння рижію ярого залежно від удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58, ч. 1. С. 55–60.
2. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. Київ, 2021. 537 с.
3. Кліщенко С. Вирощування ярого рижію. URL: [www.agroexpert.Kiev.ua/potochnii-nower/arkhiv/-ra-2009-rik/vidanja-5-10/jarii-rizhii/](http://www.agroexpert.Kiev.ua/potochnii-nower/arkhiv/-ra-2009-rik/vidanja-5-10/jarii-rizhii/) (дата звернення 12.06.2024).
4. Лихочвор А.М. Вплив елементів інтенсифікації на економічну ефективність вирощування рижію. *Агроном*. 2017. С. 35–40.
5. Методика Державного сортопробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури) за ред. В.В. Волкодава. Київ, 2001. 69 с.
6. 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 14.01.2022).
7. Офіційні описи сортів рослин та показники господарської придатності. *Охорона прав на сорти рослин*. URL: [https://agro.me.gov.ua/storage/app/sites/1/bulleteny\\_prava2-2020.pdf](https://agro.me.gov.ua/storage/app/sites/1/bulleteny_prava2-2020.pdf) (дата звернення 16.01.2024).
8. Рожкован В. Рижій – альтернативна олійна культура та перспективи його використання. 2008. URL: <https://propozitsiya.com.ua/rizhiiy-alternativna-oliyna-kultura-ta-perspektivi-yogo-vikoristannya> (дата звернення 12.06.2024).
9. Утеуш Ю.А. Рід рижій. *Кормові ресурси флори України*. К. 1996. С. 178.
10. Шевченко І.А., Поляков О.І., Ведмедєва К.В., Комарова І.Б. Рижій, сафлор, кунжут. *Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури)*. Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Запоріжжя: СТАТУС, 2017. 40 с.

Shevchenko N. V.

Candidate of Agricultural Sciences,  
Assistant Professor at the Department of Crop Production and Horticulture,  
Vinnytsia National Agrarian University  
Vinnytsia, Ukraine

E-mail: [tkachukop@ukr.net](mailto:tkachukop@ukr.net)

ORCID: 0000-0002-0334-2044

## OPTIMIZATION OF THE VARIETAL COMPOSITION OF RYE

## Abstract

Based on the development of the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine for 2024 and the Official Descriptions of Plant Varieties and Indicators of Economic Suitability, presented in the Bulletins "Protection of Rights to Plant Varieties", posted in the "Variety" Information and Reference System, the following was established. The highest seed yield of winter rye was characteristic of the following varieties: PR46B31 – 38.6 c/ha, Opava – 37.6 c/ha, Oksana – 35.9 c/ha and PR46B10 – 35.8 c/ha. The varieties with the highest fat content were: Elvis – 46.5%, Exagon – 46.4%, Nelson – 46.1 c/ha. The most protein was contained in the varieties Smart – 24.0%, Triangle – 22.6%, Opava – 22.3%, Opus – 22.1%. The lowest content of erucic acid was found in seeds of Opus varieties – 0.08%, PR46B10, PR46B31, Exagon, Opava Smart, Oksana – 0.1% each. The least glucosinolates were contained in the seeds of the Opus and Smart varieties – 0.6% each. The Oksana varieties had the highest winter hardiness – 8.3 points, Opava – 8.2 points. The varieties PR46B31, Nelson – 9.0 points each, Stilutza, Opus – 8.9 points were the most resistant to plant lodging. Opava varieties were the most resistant to drought – 8.7 points, PR46B31, Oksana – 8.6 points each. Opus – 7.8 points, PR46B10 – 7.7 points, Solo, Stilutza – 7.6 points were the most resistant to seed shedding.

Mathematical and statistical analysis of the quantitative indicators of winter rapeseed varieties established a strong negative correlation between seed yield and the content of erucic acid in it ( $r = -0.800$ ), between the content of erucic acid and glucosinolates ( $r = -0.697$ ), an average positive relationship between seed yield and drought resistance of varieties ( $r = 0.619$ ).

Among the varieties of spring rye, the highest seed yield was established in the Euro 12 variety – 20 t/ha, the most fat was contained in the seeds of the Mirage variety – 43.2%. Correlation-regression dependence revealed a strong negative correlation between the yield of spring ryegrass seeds and its protein content ( $r = -0.656$ ), a strong positive correlation between the content of fat and protein in seeds ( $r = -0.762$ ).

**Key words:** winter rye, spring rye, varieties, productivity, stability, product quality, selection.

## References

1. Gospodarenko, H.M., & Rassadina, I.Yu. (2015). Yakist' nasinnya ryzhiiu yaroho zalezchno vid udobrennya [The quality of the spring rye seed depends on the fertilizer]. *Peredhirne ta hirs'ke zemlerobstvo i tvarynnystvo – Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*. Issue 58, part 1. pp. 55–60 [in Ukrainian].
2. Derzhavnyy reestr sortiv roslyn, prydatnykh dlya poshyrennya v Ukraini na 2021 rik (2021). [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine for 2021]. Kyiv. 537 p. [in Ukrainian].
3. Klishchenko, S. Vyroshchuvannya yaroho ryzhiyu [Cultivation of spring rye]. Retrieved from: [www.agroexpert.Kiev.ua/potochnii-nower/arkhiv/-ra-2009-rik/vidanja-5-10/jarii-rizhii/](http://www.agroexpert.Kiev.ua/potochnii-nower/arkhiv/-ra-2009-rik/vidanja-5-10/jarii-rizhii/) (access date 06/12/2024) [in Ukrainian].
4. Lyhochvor, A.M. (2017). Vplyv elementiv intensyfikatsiyi na ekonomichnu efektyvnist' vyroshchuvannya ryzhiyu [The influence of elements of intensification on the economic efficiency of growing rye]. *Ahronom – Agronomist*. P. 35–40 [in Ukrainian].
5. Metodyka Derzhavnoho sortovprobuvannya sil's'kohospodars'kykh kul'tur (zernovi, krup'yani ta zernobobovi kul'tury) (2001). [Methodology of the State variety testing of agricultural crops (cereal, cereal and leguminous crops)]. (Volkodav, V.V., Ed.). Kyiv. 69 p. [in Ukrainian].

6. Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krup"yanykh ta zernobobovykh na prydatnist' do poshyrennya v Ukraini (2016). [Methodology for examination of plant varieties of the cereal, cereal and leguminous groups for suitability for distribution in Ukraine]. Kyiv. 81 p. Retrieved from: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> (access date 14.01.2022) [in Ukrainian].

7. Ofitsiyni opysy sortiv roslyn ta pokaznyky hospodars'koyi prydatnosti [Official descriptions of plant varieties and indicators of economic suitability]. *Okhorona prav na sorty roslyn – Protection of rights to plant varieties*. Retrieved from: [https://agro.me.gov.ua/storage/app/sites/1/bulleteny\\_prava2-2020.pdf](https://agro.me.gov.ua/storage/app/sites/1/bulleteny_prava2-2020.pdf) (access date 16.01.2024) [in Ukrainian].

8. Rozhkovan, V. (2008). Ryzhiy – al'ternatyvna oliyna kul'tura ta perspektyvy yoho vykorystannya [Ryzhii – alternative oil culture and prospects for its use]. Retrieved from: <https://propozitsiya.com/ua/rizhiy-alternativna-oliyna-kultura-ta-perspektivi-yogovikorystannya> (access date 06/12/2024) [in Ukrainian].

9. Uteush, Yu.A. (1996). Rid ryzhiy [Genus red]. *Kormovi resursy flory Ukrayiny – Fodder resources of flora of Ukraine*. K. P. 178 [in Ukrainian].

10. Shevchenko, I.A., Polyakov, O.I., Vedmedeva, K.V., & Komarova, I.B. (2017). Ryzhiy, saflor, kunzhut. Stratehiya vyrobnytstva oliynoyi syrovyny v Ukraini (maloposhyreni kul'tury) [Red, safflower, sesame. Strategy for the production of oil raw materials in Ukraine (uncommon crops)]. *Instytut oliynykh kul'tur Natsional'noyi akademiyi ahrarnykh nauk Ukrayiny – Institute of Oil Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*. Zaporozhye: STATUS. 40 p. [in Ukrainian].

УДК 635.21-044.332:631.526.3:631.527(477.4)

**Яценко Н. В.**

доктор сільськогосподарських наук, доцент,  
завідувач кафедри овочівництва,  
Уманський національний університет садівництва  
Умань, Україна  
**ORCID:** 0000-0003-3752-314X

**М'ялковський Р. О.**

доктор сільськогосподарських наук,  
завідувач кафедри садово-паркового господарства, геодезії і землеустрою,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Кам'янець-Подільський, Україна  
**E-mail:** ruslanmialkovskui@i.ua  
**ORCID:** 0000-0002-0791-4361

**Яценко В. В.**

доктор філософії, старший викладач кафедри рослинництва,  
Уманський національний університет садівництва  
Умань, Україна  
**ORCID:** 0000-0003-2989-0564

**Фещенко В. В.**

кандидат сільськогосподарських наук  
Приватне підприємство «ПОДІЛЛЯ-АГРОХІМСЕРВІС»  
Умань, Україна  
**E-mail:** Feschenkov73@ukr.net  
**ORCID:** 0009-0007-9331-1201

**Чубко О. П.**

кандидат сільськогосподарських наук,  
Товариство з обмеженою відповідальністю "АГРОТЕХНОСОЮЗ"  
Київ, Україна  
**E-mail:** Docentne@ukr.net  
**ORCID:** 0009-0001-2199-8565

**АДАПТИВНА ЗДАТНІСТЬ РАННЬОСТИГЛИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ  
ВІТЧИЗНЯНОЇ І ЗАРУБІЖНОЇ СЕЛЕКЦІЇ У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ****Анотація**

Метою передбачалося дослідити вплив суми опадів на динаміку формування раннього врожаю картоплі на 50 добу після появи сходів, адаптивності ранньостиглих сортів картоплі. Упродовж 2014–2024 рр. у польових умовах (м. Умань, 48°46'N, 30°14'E) досліджували сім поширених в зоні Лісостепу сортів картоплі ранньостиглої вітчизняної і зарубіжної селекції (Серпанок, Рів'єра, Ред Фентезі, Щедрик, Кіммерія, Загадка, Лабадія). За контроль взято сорт Серпанок. Для аналізу отриманих результатів використали загальноприйняті методи польових і генетико-статистичних досліджень. Під час проведення досліджень, вивчали динаміку формування врожаю на 50 добу після появи сходів силу статистичних залежностей врожайності від суми опадів. У результаті одержаних даних визначено найбільш перспективні сорти, з метою отримання раннього врожаю картоплі у Лісостепу України. Встановлено, що вищим рівнем урожайності картоплі відзначилися сорти у 2014, 2020, 2021 і 2024 рр., коли достатня кількість опадів та висока вологість ґрунту були сприятливими. Середньосортовий показник раннього врожаю за ці роки був у межах 12,8–15,2 т/га. За показником раннього врожаю картоплі (на 50 добу) виділилися сорти Щедрик (14,5 т/га), Кіммерія (13,9 т/га) та Ред фентезі (11,5 т/га). Аналіз співвідношення параметрів пластичності й стабільності сприяв групуванню сортів на пластичні (Серпанок, Загадка, Лабадія) й інтенсивні (Щедрик, Кіммерія, Ред фентезі), які були й адаптивними. Статистичним аналізом виявлено помітну залежність врожайності від суми опадів за період вегетації рослин картоплі ( $r = 0,6617$ ). В результаті проведених досліджень визначено найбільш продуктивні сорти картоплі на ранню продукцію, що забезпечать стабільний розвиток галузі овочівництва в зоні Лісостепу України, а розраховані статистичні моделі дозволять спрогнозувати і сприятимуть програмуванню врожайності картоплі.

**Ключові слова:** ранній врожай, картопля, адаптивність, стабільність.

**Вступ.** Близько десятої частини світових сільськогосподарських угідь підходять для вирощування картоплі, але на інших територіях можливість отримувати стабільно високі врожаї обмежена різними чинниками [2; 4; 9]. В органічному землеробстві, орієнтованому на стійке зростання врожаїв, екологічність та природозбереження, провідна роль належить селекції, спрямованій на підвищення адаптивності створених сортів, їх стійкості до неконтрольованих несприятливих умов [3; 4; 12; 20].

Картопля є основною сільськогосподарською культурою, що характеризується високою адаптивністю, пластичністю та потенційною продуктивністю; культивується у 130 країнах світу та вважається стратегічно важливим продуктом [4; 8; 16]. Перевага картоплі в порівнянні з іншими культурами полягає у здатності формувати високу продуктивність в широкому спектрі агросистем [5; 7; 10; 20].

Дані FAOSTAT [18] вказують на те, що є багато країн, які вирощують великий об'єм картоплі, але Китай вирощує більше картоплі, ніж будь-яка інша країна світу – близько 92 мільйонів тонн [22; 23]. Незважаючи на те, що багато картоплі споживається його власним народом, Китай також експортує велику кількість картоплі в інші країни. Тому є багато людей, які залежать від виробництва картоплі в Китаї. Якщо в Китаї станеться посуха, яка вплине на виробництво картоплі, вона потенційно може спричинити розгалуження в усьому світі, що підвищує актуальність даної культури в Україні, де виробництво картоплі за період незалежності коливалося в межах 12,72–24,25 млн. т. [22].

За останнє десятиліття зріс інтерес селекціонерів до вдосконалення стійкості картоплі до екологічних факторів середовища. Встановлено, що волога та тепло впливають на бульбоутворення картоплі [4; 11; 13; 14]. Через глобальне потепління в усьому світі вживаються заходи, спрямовані на адаптацію культур, а також створення потомства з біологічними механізмами захисту від стресів [3; 15]. Щорічно селекціонери проводять оцінку ступеня виявлення господарсько цінних ознак у певних кліматичних умовах [5; 7; 14].

Сучасне картоплярство передбачає цільове використання врожаю. Виходячи з цього, товаровиробник виділяє сорти для споживання у свіжому вигляді, переробки та придатності на різні види картоплепродуктів. Отже, добір сортів, які гарантують максимальну врожайність та екологічну стабільність для конкретних кліматичних умов є необхідністю сьогодення.

**Мета** досліджень полягала в порівняльній оцінці динаміки врожайності картоплі ранньої (молодої) та адаптивності ранньостиглих сортів картоплі вітчизняної й зарубіжної селекції, до природно-кліматичних умов Лісостепу України.

**Матеріали та методика досліджень.** Досліджувалося сім сортів картоплі (табл. 2). Бульби висаджували у II-й декаді квітня за схемою 70×35 см (40,8 тис. росл./га).

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з гумусовим горизонтом (гумусу близько 1,5%) товщиною 40–45см; рН (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг.екв на 100 г ґрунту, ступінь насиченості основами 90–95%, сума ввібраних основ – 24,6 мг.екв на 100 г ґрунту.

Фокус досліджень полягав у вивченні впливу погодних умов, зокрема, суми опадів за період вегетації рослин картоплі. Дані, наведені у таблиці 1 вказують, що найбільш вологозабезпеченим був період вегетації у 2014 і 2024 рр. За даними метеостанції «Умань», ці роки характеризувалися й рівномірністю розподілу опадів за місяцями, що сприяло формуванню високого врожаю.

**Таблиця 1.** Сума опадів за період вегетації рослин картоплі ранньостиглої

Місяць	Рік										
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
IV	100,0	69,2	31,8	53,3	17,5	22,4	21,0	49,9	57,7	129,6	55,0
V	125,5	40,3	114,4	46,4	18,3	35,6	101,0	56,4	22,4	42,4	103,0
VI	73,0	114,1	73,7	41,0	82,4	69,8	70,4	104,7	36,3	15,8	180,0
Σ	298,5	223,6	219,9	140,7	118,2	127,8	192,4	211,0	116,4	187,8	338,0

Вивчали сорти картоплі ранньостиглої вітчизняної і зарубіжної селекції, за контроль взято сорт Серпанок, як найбільш апробований в зоні Лісостепу. Площа облікової ділянки – 25 м<sup>2</sup>, повторення чотириразове. Під час проведення біометричних вимірювань (листова площа насаджень, кількість стебел, кількість товарних бульб у кущі) та формування раннього врожаю (на 50, добу) користувалися загальноприйнятими методиками [1; 6].

**Таблиця 2.** Походження сортів картоплі

Сорт	Походження	Рік внесення до Реєстру
Серпанок (К)	Інститут картоплярства НААН	2001
Рів'єра	Німеччина	2007
Ред Фентезі	Німеччина	2011
Щедрик	Інститут картоплярства НААН	2011
Кіммерія	Інститут картоплярства НААН	2011
Загадка	Інститут картоплярства НААН	2006
Лабадія	Нідерланди	2011

*Генетико-статистична обробка результатів.* Більшість методик для оцінки адаптивності використовують метод регресійного аналізу, математична модель якого для визначення стабільності та пластичності сортів була запропонована К. У. Фінлеєм та Г. Н. Уілкінсоном [19] і доповнена С. А. Еберхартом та У. Г. Расселом, [17].

Для систематизації отриманих результатів використовували рангову класифікацію генотипів за співвідношенням параметрів пластичності ( $b_i$ ) і стабільності ( $\sigma^2 d$ ): 1)  $b_i < 1, \sigma^2 d > 0$  – мають кращі результати за несприятливих умов, нестабільний; 2)  $b_i < 1, \sigma^2 d = 0$  – мають кращі результати за несприятливих умов, стабільний; 3)  $b_i = 1, \sigma^2 d = 0$  – добре відгукується на поліпшення умов, стабільний; 4)  $b_i = 1, \sigma^2 d > 0$  – добре відгукується на поліпшення умов, нестабільний; 5)  $b_i > 1, \sigma^2 d = 0$  – мають кращі результати за сприятливих умов, стабільний; 6)  $b_i > 1, \sigma^2 d > 0$  – мають кращі результати за сприятливих умов. При цьому генотипи з коефіцієнтом  $b_i > 1$  відносять до високопластичних (відносно середньої групової), а при  $1 > b_i = 0$  – до відносно низькопластичних. Нелінійні відхилення від лінії регресії ( $\sigma^2 d$  – стабільність). Чим менший коефіцієнт стабільності, тим стабільнішим є сорт [19].

Гомеостатичність сортів ( $H_{om}$ ) визначалася за формулою:

$$H_{om} = \frac{\bar{x}^2}{\sigma}, \text{ де}$$

$\bar{x}$  – середнє арифметичне по сорту;

$\sigma$  – узагальнене середньоквадратичне відхилення.

Селекційну цінність сорту:

$$(S_c) = \bar{X} \times \frac{\bar{X}_{lim}}{\bar{X}_{opt}}, \text{ де}$$

$\bar{X}$  – середнє арифметичне по сорту;

$\bar{X}_{lim}$  – середнє арифметичне лімітоване;

$\bar{X}_{opt}$  – середнє арифметичне оптимальне.

Для уникнення лінійного артефакту коефіцієнту регресії, визначали коефіцієнт мультиплікативності (КМ), який дозволяє порівняти мінливість ознаки. Чим вище числове значення цього коефіцієнту, тим сильніше змінюється ознака:

$$KM = \frac{\bar{x}_i + b_i \cdot y_i}{x_i},$$

де  $\bar{x}_i$  – середнє значення досліджуваної ознаки у  $i$ -го сорту;

$b_i$  – коефіцієнт лінійної регресії  $i$ -го сорту;

$y_i$  – середнє значення для всіх середніх по всіх сортах  $y_i$  для кожного  $j$ -го пункту експерименту.

Індекс екологічної пластичності:

$$IEП = \frac{(\frac{y_{B1}}{c_{yO1}} + \frac{y_{B2}}{c_{yO2}} + \dots + \frac{y_{Bn}}{c_{yOn}})}{n},$$

де  $y_{B1}, y_{B2}, y_{Bn}$  – значення ознаки у сорту в різні роки випробувань;  $c_{yO1}, c_{yO2}, c_{yOn}$  – середнє значення ознаки сортів в кожному з варіантів дослідження.

Абсолютний середній коефіцієнт адаптивності (КАА) розраховується для сорту за формулою:

$$КАА = \frac{(X_iC) \times 100 \times X_6}{100},$$

де  $X_iC$  – середня врожайність сорту за роки випробувань,

$X_6$  – багаторічна середньосортова врожайність.

Стресостійкість (СС) та компенсаторну здатність (КЗ) сортів визначали по А. А. Rossielle і S. Hemblin [21]:

$$СС = Y_{min} - Y_{max}$$

$$КЗ = \frac{Y_{min} + Y_{max}}{2},$$

де  $Y_{min}$  та  $Y_{max}$  – мінімальне і максимальне значення ознаки сорту.

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.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Вищим рівнем урожайності картоплі відзначилися сорти у 2014, 2020, 2021 і 2024 рр., коли достатня кількість опадів та висока вологість ґрунту сприяли утворенню більшої кількості бульб і вищої маси, а, відповідно, більшої кількості їх з рослини, що відповідало вищій урожайності. Середньосортовий показник раннього врожаю за ці роки був у межах 12,8–15,2 т/га. Погодні умови 2018, 2019 і 2022 рр. були найменш сприятливими для формування врожаю картоплі, де середньосортова врожайність становила 6,8, 7,5 і 8,9 т/га відповідно до року. Проміжне місце за рівнем врожаю молодого картоплі зайняли 2015, 2016 і 2023 рр., де врожайність молодого картоплі становила 9,4, 11,8 і 11,9 т/га (табл. 3).

Таблиця 3. Урожайність сортів картоплі ранньої (2014–2024 рр.)

Сорт	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	SD	CV, %
Серпанок (К)	12,4	7,7	9,2	7,6	5,6	6,0	11,4	11,2	7,5	10,4	13,4	2,50	27
Щедрик	18,9	12,2	16,2	11,9	8,8	9,5	17,5	16,9	11,4	15,9	20,4	3,73	26
Рів'єра	14,5	9,3	11,8	9,4	7,0	7,6	13,2	12,8	9,1	12,0	15,7	2,71	24
Кіммерія	17,0	12,4	15,8	12,0	8,7	9,6	16,3	16,2	11,5	14,8	18,4	3,05	22
Ред фентезі	15,1	9,4	12,5	9,0	6,7	7,4	14,1	13,9	8,8	12,8	16,3	3,15	27
Загадка	8,2	7,0	7,7	6,5	5,1	5,8	7,8	7,5	6,2	7,1	15,2	2,55	33
Лабадія	12,4	7,6	9,6	7,7	5,5	6,4	11,7	11,2	7,5	10,6	13,4	2,50	27
Xmed	14,1	9,4	11,8	9,2	6,8	7,5	13,1	12,8	8,9	11,9	15,2		
SD	3,23	2,03	3,03	1,97	1,40	1,45	3,01	2,99	1,86	2,73	2,37		
CV, %	23	22	26	22	21	19	23	23	21	23	16		
НІР <sub>05</sub>	0,72	0,48	0,60	0,47	0,35	0,38	0,67	0,65	0,45	0,61	0,78		

Аналізуючи одержані дані за роки досліджень слід зазначити, що вищий рівень урожайності відмічено у сорту Щедрик 14,5 т/га і у порівнянні до контролю сорту Серпанок, урожайність якого становила 9,3 т/га, отримано прибавку врожаю 5,2 т/га або 55,9%. Досить високою урожайністю відзначилися сорти картоплі Кіммерія, Ред фентезі і Рів'єра, урожайність яких досягала рівня 11,1–13,9 т/га, що перевищувало контроль на 19,4–49,5% відповідно. Меншим показником урожайності відзначилися сорт Загадка – 7,6 т/га, що істотно менше від контролю на 22,4% (рис. 1).

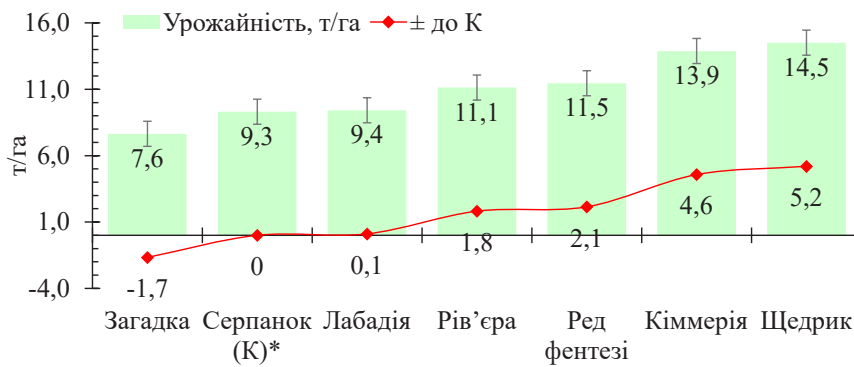


Рис. 1. Середня врожайність сортів картоплі ранньої (2014–2024 рр.) (НІР<sub>05</sub> = 0,56)

Для дослідження сортів за продуктивністю і стабільністю, використовували коефіцієнт регресії та розподіляли їх за рівнем пластичності на три групи:

- високопластичний  $-bi < 1$  – генотипи з низькою реакцією на зміну умов вирощування;
- середньопластичний  $-bi = 1$  забезпечують генотипи з стабільною середньою врожайністю і помірною реакцією на коливання умов вирощування;
- інтенсивний  $-bi > 1$  мають генотипи, які дуже реагують на зміну умов вирощування (погіршення або покращення), суттєво змінюючи урожайність.

У результаті проведення генетико-статистичного аналізу до групи пластичних сортів можна віднести: Серпанок, Загадка, Лабадія, де коефіцієнт регресії був у межах 0,73–0,94. До інтенсивних відносяться сорти Щедрик, Кіммерія та Ред фентезі, де показник коефіцієнту регресії знаходився у межах 1,43–1,58. Ці сорти добре реагують на покращення умов середовища, тому їх краще використовувати у інтенсивних технологіях вирощування, що забезпечить максимальну врожайність ранньої продукції.

Високою гомеостатичністю (Ном) та селекційною цінністю (Sc) харатеризувалися сорти Щедрик (Ном – 56,6; Sc – 7,6), Ред фентезі (Ном – 35,3; Sc – 6,0), Кіммерія (Ном – 51,8; Sc – 7,3) (табл. 4).

Таблиця 4. Параметри адаптивної здатності сортів картоплі ранньої (2014–2024 рр.)

Сорт	Xmed	SD	CV, %	$\sigma_{2d}$	bi	Ном	Sc	КМ	ІЕП	СС	КЗ
Серпанок (К)*	9,3	2,50	27	1,58	0,94	23,3	4,9	2,10	0,93	-8	10
Щедрик	14,5	3,73	26	1,93	1,40	56,6	7,6	2,06	1,45	-12	15
Рів'єра	11,1	2,71	24	1,64	1,02	33,3	5,9	2,00	1,12	-9	11
Кіммерія	13,9	3,05	22	1,75	1,14	51,8	7,3	1,90	1,40	-10	14
Ред фентезі	11,5	3,15	27	1,77	1,18	35,3	6,0	2,13	1,14	-10	12
Загадка	7,6	2,55	33	1,60	0,73	15,7	4,0	2,05	0,77	-10	10
Лабадія	9,4	2,50	27	1,58	0,94	23,8	5,0	2,09	0,94	-8	9

Коефіцієнт абсолютної адаптивності за роками у сортів картоплі варіював помітно. Так, у середньому за роки досліджень найбільш адаптивними виявилися сорти Щедрик (1,32), Кіммерія (1,27), Ред фентезі і Рів'єра (1,04 і 1,01). Сорт Рів'єра характеризувався, як середньоадаптивний, а сорти Серпанок і Загадка – малоадаптивні (рис. 2).

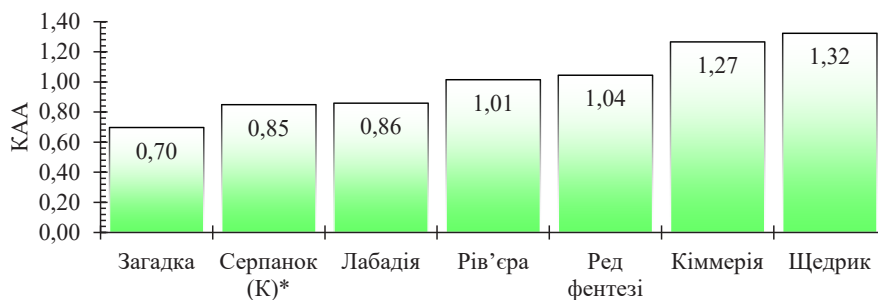


Рис. 2. Коефіцієнт абсолютної адаптивності сортів картоплі ранньої (2014–2024 рр.)

У результаті статистичних обчислень, виявлено помітний кореляційний зв'язок за шкалою Чеддока між врожайністю й сумою опадів за період вегетації рослин картоплі –  $r = 0,6617$ , який пояснюється рівнянням регресії  $y = 3,9963 + 0,0357 \cdot x$ , де  $x$  – сума опадів за період вегетації,  $y$  – врожайність. Враховуючи показники статистичної надійності рівнянь, відповідну залежність зображено графічно на рисунку 3.

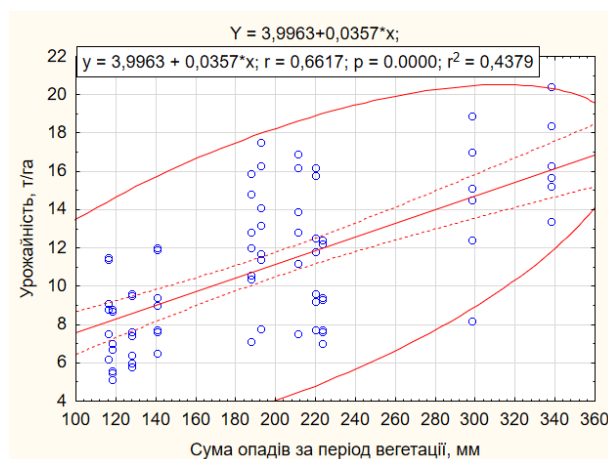


Рис. 3. Статистична модель залежності врожайності від суми опадів за період вегетації рослин картоплі (2014–2024 рр.)

**Висновки.** Результатами досліджень виявлено середнє варіювання ранньої врожайності – 16–26%. Аналіз отриманих результатів виявив найбільш перспективні сорти, включені в дослідження, з метою отримання раннього врожаю молоді картоплі, в результаті чого виявлено адаптивні сорти – Щедрик (14,5 т/га), Кіммерія (13,9 т/га) та Ред фентезі (11,5 т/га), які були одночасно високоврожайними і стабільними за даною ознакою та забезпечать стабільний розвиток галузі овочівництва в зоні Лісостепу України.

#### Список використаних джерел

1. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві. Харків: Основа, 2001. 369 с.
2. Бондарчук А. А., Верменко Ю. Я., Чернохатов Л. В. Оцінка адаптивної здатності сортів картоплі за зрошення в зоні Південного Степу України. Немішаєве. Київ: КВЦ, 2013. 28 с.
3. Борівський А. Ф. Адаптивна здатність та потенційні властивості сортів селекції Інституту картоплярства НААН. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2016. 1(30). 89–95. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.1\(30\).2016.61798](https://doi.org/10.21498/2518-1017.1(30).2016.61798).
4. Ермантраут Е. Р., Києнко З. Б., Маційчук В. М., Фещук О. М. Екологічна стабільність і пластичність сортів картоплі на Поліссі. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2015. 3–4(28–29). 12–17. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4\(28-29\).2015.58412](https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4(28-29).2015.58412).
5. Король Л. В., Топчій О. В., Іваницька А. П., та ін. Оцінювання адаптивних властивостей сортів картоплі (*Solanum tuberosum* L.) за основними господарсько-цінними ознаками. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2023. 19(1). 4–14. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.1.2023.277766>.
6. Методика експертизи сортів рослин групи овочів, картоплі та грибів на відмінність, однорідність та стабільність. 2021. 1225 с.



7. Олійник Т. М., Сідакова О. В., Захарчук Н. А., Симоненко Н. В. Вивчення потенціалу вихідного матеріалу картоплі для селекції на посухостійкість. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. 13(4). С. 361–366. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.4.2017.117733>.
8. Подгасцький А. А., Коваленко В. М. Адаптивність сортів картоплі білоруської селекції. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2011. Вип. 4. С. 143–146. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/206>.
9. Сонець Т. Д., Бородай В. В., Фурдига М. М. Адаптивний потенціал картоплі (*Solanum tuberosum* L.) за стійкістю сорт-розривів проти фузаріозної гнилі. *Новітні агротехнології*, 2020. (8). <https://doi.org/10.47414/na.8.2020.226090>.
10. Сонець Т. Д. Характеристика сортів картоплі зони Полісся за параметрами адаптивності. *International scientific and practical conference*. Lublin, the Republic of Poland July 2–3, 2021. С. 232–236.
11. Сонець Т. Д., Захарчук Н. А., Фурдига М. М., Олійник Т. М. Оцінка сортів картоплі за їх адаптивною здатністю до умов Лісостепу та Полісся України. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 74. С. 148–154. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.74.27>.
12. Таран Н. Ю., Бацманова Л. М., Мусієнко М. М. Глобальні зміни клімату як фактор підвищення адаптивного потенціалу агроценозів. *Посібник українського хлібороба*. 2011. С. 157–159.
13. Тимко Л. В. Оцінка параметрів адаптивної здатності сортів картоплі в умовах правобережного Полісся України. *Картоплярство України*. 2017. № 1–2 (42–43). С. 18–22.
14. Тимко Л. В., Фурдига М. М., Верменко Ю. Я. Адаптивні властивості різних сортів картоплі в умовах Правобережного Полісся України. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. 14(2). 224–229. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134774>.
15. Фурдига М. М. Адаптивна здатність та потенційні властивості сортів картоплі селекції Інституту картоплярства НААН. *Аграрні інновації*. 2022. 12. 103–109. <https://doi.org/10.32848/agr.innov.2022.12.16>.
16. Bombik A., Rymuza K., Olszewski T. Multidimensional assessment of yield and quality of starchy potato cultivars. *Agronomy Science*, 2024. 78, 161–173. <https://doi.org/10.24326/as.2023.5240>.
17. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 1966. 6(1). 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x/>.
18. FAOSTAT. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>.
19. Finlay K.W., Wilkinson G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.*, 1963. 14. P. 742–754. URL: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAS139.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAS139.pdf).
20. Ilchuk R., Zaviriukha P., Andrushko O., Kosylovych H., Holiachuk Yu. Creation of potato hybrids (*Solanum tuberosum*) progeny with high yield resistance against phytophotorosis. *Scientific Horizons*. 2023. 26(6). 22–31. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.22>.
21. Rossielle A. A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non– stress environvents. *Crop. Sci.* 1981. 21(6), 943–946. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>.
22. Statista. URL: <https://www.statista.com/aboutus/our-research-commitment/1239/m-shahbandeh>.
23. WORLD POPULATION REVIEW. URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/potatoes-production-by-country>.

**Yatsenko N. V.**

*Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Vegetable Growing,  
Uman National University of Horticulture  
Uman, Ukraine*

**ORCID:** 0000-0003-3752-314X

**Myalkovskyi R. O.**

*Doctor of Agricultural Sciences,  
Head of the Department of Horticulture, Geodesy and Land Management,  
Higher educational institution "Podillia State University"  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

**E-mail:** ruslanmialkovskui@i.ua

**ORCID:** 0000-0002-0791-4361

**Yatsenko V. V.**

*Doctor of Philosophy,  
Assistant Professor at the Department of Crop Production,  
Uman National University of Horticulture  
Uman, Ukraine*

**ORCID:** 0000-0003-2989-0564

**Feshchenko V. V.**

*Candidate of Agricultural Sciences  
PP PODILLYA-AGROCHEMSERVIS  
Uman, Ukraine*

**E-mail:** Feshchenkov73@ukr.net

**ORCID:** 0009-0007-9331-1201

**Chubko O. P.**

*Candidate of Agricultural Sciences  
AGROTECHNOSOYUZ LLC  
Kyiv, Ukraine*

**E-mail:** Docentne@ukr.net

**ORCID:** 0009-0001-2199-8565

## **ADAPTABILITY OF EARLY-RIPENING POTATO VARIETIES OF DOMESTIC AND FOREIGN SELECTION IN THE FOREST STEPPE OF UKRAINE**

### **Abstract**

*The purpose was to investigate the influence of the amount of precipitation on the dynamics of the formation of the early potato crop 50 days after the emergence of seedlings, the adaptability of early-ripening potato varieties. During 2014–2024, seven potato varieties (Serpanok, Riviera, Red Fantasy, Shchedryk, Cimmeria, Zagadka, Labadia) of early ripening domestic and foreign selection widespread in the forest-steppe zone were studied in field conditions (Uman, 48°46'N, 30°14'E). The Serpanok variety was taken as control. To analyze the obtained results, generally accepted methods of field and genetic-statistical research were used. During the research, we studied the dynamics of crop formation 50 days after the appearance of seedlings, the strength of the statistical dependence of the yield on the amount of precipitation. As a result of the obtained data, the most promising varieties were determined, with the aim of obtaining an early harvest of potatoes in the forest-steppe of Ukraine. It was established that the highest yield of potato varieties was achieved in 2014, 2020, 2021 and 2024, when sufficient rainfall and high soil moisture were favorable. The average varietal index of the early harvest for these years was in the range of 12.8–15.2 t/ha. Shchedryk (14.5 t/ha), Kimmeria (13.9 t/ha) and Red Fantasy (11.5 t/ha) varieties stood out according to the indicator of early potato harvest (at 50 days). Analysis of the ratio of plasticity and stability parameters contributed to the grouping of varieties into plastic (Serpanok, Zagadka, Labadia) and intensive (Shchedryk, Kimmeria, Red Fantasy), which were also adaptive. Statistical analysis revealed a noticeable dependence of yield on the amount of precipitation during the growing season of potato plants ( $r = 0.6617$ ). Conclusions. As a result of the conducted research, the most productive varieties of potatoes for early production have been determined, which will ensure the stable development of the vegetable growing industry in the forest-steppe zone of Ukraine, and the calculated statistical models will allow forecasting and will guide the programming of potato yields.*

**Key words:** early harvest, potatoes, adaptability, stability.

## References

1. Bondarenko, G.L., & Yakovenko, K.I. (Eds.) (2001). *Metodyka doslidnoyi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstv* [Methodology of experimental research in vegetable growing and melons]. Kharkiv: Osнова, 369 p. [in Ukrainian].
2. Bondarchuk, A.A., Vermenko, Yu.Ya., & Chernokhatov, L.V. (2013). Otsinka adaptatsiynoyi zdatnosti sortiv kartopli do zroshennya v zoni Pivdennoho Stepu Ukrainy [Evaluation of the adaptive capacity of potato varieties for irrigation in the Southern Steppe zone of Ukraine]. *Nemishaev Kyiv: KVITS*. 28 p. [in Ukrainian].
3. Borivskyi, A.F. (2016). Adaptivna zdatnist' ta potentsiyni vlastyvoli selektsiynikh sortiv Instytutu kartoplyarstva NAN Ukrainy [Adaptive ability and potential properties of breeding varieties of the Potato Institute of the National Academy of Sciences]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 1(30), 89–95. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.1\(30\).2016.61798](https://doi.org/10.21498/2518-1017.1(30).2016.61798) [in Ukrainian].
4. Ermantraut, E.R., Kienko, Z.B., Matsiichuk, V.M., & Feshchuk, O.M. (2015). Ekolohichna stiykist' i plastychnist' sortiv kartopli Polissya [Ecological stability and plasticity of potato varieties in Polissia]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 3–4(28–29), 12–17. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4\(28-29\).2015.58412](https://doi.org/10.21498/2518-1017.3-4(28-29).2015.58412) [in Ukrainian].
5. Korol, L.V., Topchiiy, O.V., Ivanytska, A.P., Bezprozvana, I.V., Piskova, O.V., & Kostenko, A.V. (2023). Otsinka adaptatsiynikh vlastyvostey sortiv kartopli (*Solanum tuberosum* L.) za osnovnyimi hospodars'ko-tsinnymy oznakamy [Assessment of adaptive properties of potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) according to the main economic valuable signs]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(1), 4–14. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.1.2023.277766> [in Ukrainian].
6. *Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv roslyn hrupy ovochevykh, kartopli ta hrybiv na vidminnist', odnorodnist' i stabil'nist'* (2021). [Methodology for examination of plant varieties of the vegetable, potato and mushroom groups for distinction, homogeneity and stability]. 1225 p. [in Ukrainian].
7. Oliynyk, T.M., Sidakova, O.V., Zakharchuk, N.A., & Symonenko, N.V. (2017). Vychennya potentsialu vykhidnoho materialu kartopli dlya selektsiyi na posukhostiykist' [Study of the potential of potato source material for selection for drought resistance]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13(4), 361–366. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.4.2017.117733> [in Ukrainian].
8. Podgaetskyi, A.A., & Kovalenko, V.M. (2011). Adaptivnist' sortiv kartopli bilorus'koyi selektsiyi [Adaptability of potato varieties of Belarusian selection]. *Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya «Ahronomiya ta biolohiya» – Bulletin of the Sumy National Agrarian University. "Agronomy and Biology" series*. 4, 143–146. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/123456789/206> [in Ukrainian].
9. Sonets, T.D., Borodai, V.V., & Furdyga, M.M. (2020). Adaptivni mozhlyvosti kartopli (*Solanum tuberosum* L.) za stiykisty sortiv proty fuzarioznoyi hnyli. [Adaptive potential of potato (*Solanum tuberosum* L.) according to the resistance of varieties against Fusarium rot]. *Novitni sil'skohospodars'ki tekhnolohiyi – The latest agricultural technologies*, 8. <https://doi.org/10.47414/na.8.2020.226090> [in Ukrainian].
10. Sonets, T.D. (2021). Kharakterystyka sortiv kartopli polis'koyi zony za pokaznykamy adaptivnosti [Characterization of potato varieties of the Polissia zone according to adaptability parameters]. *Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya – International scientific and practical conference*. Lublin, the Republic of Poland July 2–3, P. 232–236 [in Ukrainian].
11. Sonets, T.D., Zakharchuk, N.A., Furdyga, M.M., & Oliynyk, T.M. (2016). Otsinka sortiv kartopli za prystosovanisty do umov Lisostepu ta Polissya Ukrainy [Assessment of potato varieties according to their adaptability to the conditions of the Forest-Steppe and Polissia of Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*. 74, 148–154. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.74.27> [in Ukrainian].
12. Taran, N.Yu., Batsmanova, L.M., & Musienko, M.M. (2011). Hlobal'ni klimatychni zminy yak faktor pidvyshchennya adaptivnoho potentsialu ahrotsenoziy. [Global climate changes as a factor in increasing the adaptive potential of agrocenoses]. *Posibnyk ukrayins'koho fermera – Ukrainian farmer's guide*. pp. 157–159 [in Ukrainian].
13. Tymko, L.V. (2017). Otsinka pokaznykiv adaptatsiynoyi zdatnosti sortiv kartopli v umovakh Pravoberezhnoho Polissya Ukrainy. [Evaluation of the parameters of the adaptive capacity of potato varieties in the conditions of the Right Bank Polissia of Ukraine]. *Kartoplyarstvo Ukrainy – Potato production of Ukraine*. № 1–2 (42–43), 18–22 [in Ukrainian].
14. Tymko, L.V., Furdyga, M.M., & Vermenko, YU.YA. (2018). Adaptivni vlastyvoli riznykh sortiv kartopli v umovakh Pravoberezhnoho Polissya Ukrainy [Adaptive properties of different potato varieties in the conditions of the Right Bank Polissia of Ukraine]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(2), 224–229. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134774> [in Ukrainian].
15. Furdyga, M.M. (2022). Adaptivna zdatnist' ta potentsiyni vlastyvoli sortiv kartopli selektsiyi Instytutu kartoplyarstva NAAN [Adaptive ability and potential properties of potato varieties selected by the Potato Institute of the National Academy of Sciences]. *Ahrarni innovatsiyi – Agrarian innovations*. 12, 103–109. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2022.12.16> [in Ukrainian].
16. Bombik, A., Rymuza, K., & Olszewski, T. (2024). Multidimensional assessment of yield and quality of starch potato cultivars. *Agronomy Science*, 78, 161–173. <https://doi.org/10.24326/as.2023.5240> [in English].
17. Eberhart, S.A., & Russell, W.A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6(1), 36–40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x/> [in English].
18. FAOSTAT. Retrieved from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV> [in English].
19. Finlay, K.W., & Wilkinson, G.N. (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. Journ. Agric. Res.*, 14, P. 742–754. Retrieved from: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAS139.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAS139.pdf) [in English].
20. Ilchuk, R., Zaviriukha, P., Andrushko, O., Kosylovych, H., & Holiachuk, Yu. (2023). Creation of potato hybrids (*Solanum tuberosum*) progeny with high yield resistance against phytophotorosis. *Scientific Horizons*, 26(6), 22–31. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.22> [in English].
21. 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].
22. WORLD POPULATION REVIEW. Retrieved from: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/potatoes-production-by-country> [in English].
23. Statista. Retrieved from: <https://www.statista.com/aboutus/our-research-commitment/1239/m-shahbandehm> [in English].



# EKONOMIKA

UDC 330.332

**Yang Yang**

Postgraduate Student,  
Sumy National Agrarian University  
Sumy, Ukraine;  
Henan Institute of Science and Technology  
Henan, China  
**E-mail:** 173432219@qq.com  
**ORCID:** 0000-0002-5052-019X

**Lyshenko M. A.**

Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Professor at the Department of Marketing and Logistics,  
Sumy National Agrarian University  
Sumy, Ukraine  
**E-mail:** lm\_1980@ukr.net  
**ORCID:** 0000-0002-6321-5178

## DISCUSSION ON THE CURRENT SITUATION OF MARKETING DEVELOPMENT OF REAL ESTATE ENTERPRISES

### *Abstract*

*Under the dual influence of the economic situation and the development of the real estate market, the development of the real estate industry has become increasingly difficult, and real estate companies are facing greater challenges to survive. Under this situation, competitors in the industry are fighting for market share in order to survive, making the competition in the real estate industry more intense. From the perspective of home purchase consumption trends, the poor economic situation has led to a decline in the income of home buyers, which in turn has reduced disposable funds and increased the difficulty of buying a house. In addition, the downward trend of the real estate market has affected the wait-and-see mood of customers, and the overall desire to buy has decreased. Customers' purchasing behavior has also become more rational, and they pay more attention to the quality of the project. Based on the above background, this paper explores the current sales status of real estate companies. First, the backward marketing channels and single promotion methods of enterprises have limited their market expansion capabilities. Secondly, in terms of service guarantee, there are problems such as low quality of communication with consumers, low comprehensive quality of marketing personnel, incomplete sales service process, and insufficient product display, which have affected customer satisfaction and the improvement of corporate competitiveness. Therefore, it is recommended that real estate companies innovate marketing channels and improve service guarantee capabilities to adapt to market changes and enhance competitiveness.*

**Key words:** real estate enterprise, problem research, real estate status, marketing channel, marketing service guarantee, marketing, marketing management, market conditions, competitiveness of services, marketing channels, real estate marketing strategy.

**Introduction.** Through research, it is found that due to the particularity of its products, the real estate industry is generally lacking in innovation in real estate marketing, and new marketing applications are not sufficient. In recent years, real estate companies have also adopted a marketing approach that is mainly offline and supplemented by online, and generally lacks innovation. Under ideal economic and market conditions, this approach has little impact on marketing. However, under the current economic and market downturn, if companies are still complacent and do not seek development, it will become more fatal to the future development of companies. Through the research of this article, new technologies, new strategies, and new ideas are introduced to optimize project marketing strategies, help real estate companies achieve

long-term, healthy and sustainable development of projects, and enable companies to cope with the ever-changing external environment. At the same time, it also enables companies and projects to get out of the predicament and keep moving forward to overcome difficulties. It is also hoped that this article can provide reference and reference significance for other similar real estate projects.

**Formulation of the goals of the article.** As an important pillar industry of the national economy, the real estate industry plays a key role in promoting urbanization, industrialization and modernization. However, the current economic situation and the downward trend of the real estate market have brought challenges to the industry's marketing. In this context, the innovation and adaptability of real estate marketing strategies are particularly important. Research shows that the marketing innovation of the real estate industry is relatively insufficient, especially in the application of online marketing, which still has room for improvement. By introducing new technologies, new strategies and new ideas, optimizing marketing strategies is crucial for real estate companies to cope with market challenges and achieve sustainable development. This not only helps companies to quickly adapt to market changes, but also helps companies get out of difficulties and achieve long-term development goals. The purpose of this article is to reveal and solve common problems in real estate enterprise marketing through in-depth research and analysis. After in-depth analysis of these problems, we can better understand the causes and impacts of their occurrence, and then put forward effective solutions and improvement suggestions.

**Analysis of recent research and publications.** Research With the development of the economy and the changes in the real estate industry, relevant research mainly focuses on the following aspects:

Petermann (2021) In recent years, due to the widespread application of digital technology, social media and short video platforms have shown great potential, and their reasonable application will have more positive effects on real estate marketing [4].

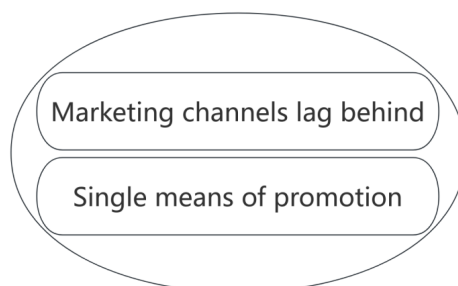
Giantari et al. (2021) believe that there is no significant direct relationship between environmental orientation and competitive advantage in the article "The impact of environmental orientation, green marketing mix and social capital on the competitive advantage of real estate developers in Bali". However, it has an indirect impact through the adoption of green marketing mix strategies. Therefore, the application of green marketing mix strategies has a positive and significant impact on improving competitive advantage. Then, environmental orientation also has a direct and significant impact on the application of green marketing mix. Social capital has a positive and significant impact on competitive advantage [2].

Gutierrez Velasco (2022) pointed out in the study of income-based real estate network marketing and customer loyalty that digitalization, e-commerce and communication technology, especially during the new crown pandemic, have accelerated the need for multi-channel integration in order to compete in today's fierce market environment. Digital technology helps companies and customers find each other, enabling them to communicate and exchange needs, all of which contribute to long-term partnerships. The question analyzed in this study is how real estate agents use digital tools in their daily work activities and the possible effects. Therefore, the purpose of this study is to analyze the impact of electronic technology marketing on customer loyalty in real estate business. The results show that digital marketing has a positive and significant impact on customer loyalty, and this impact is related to people's income [3].

Wu Qiang (2014) believes that the Internet + era has put forward new requirements for real estate marketing strategies. He pointed out that real estate companies face challenges in operation concepts, market segmentation and market promotion. In terms of operation concepts, the lack of virtualization experience leads to insufficient consumer trust. In terms of market segmentation, companies have failed to accurately position themselves, relying more on the intuition of decision makers and ignoring the characteristics of the Internet market. In terms of promotion strategy, traditional advertising models are not enough to attract consumers. Wu Qiang suggested that companies should innovate their operation concepts and use virtual technology to enhance the experience; combine network characteristics to segment the market, such as micro-platform marketing; and use viral marketing to expand influence and provide personalized services [5].

**Presenting main material.**

Problems in marketing channels of real estate enterprises.



**Fig. 1. Problems in marketing channels of real estate enterprises**

Source: Compiled and constructed by the author

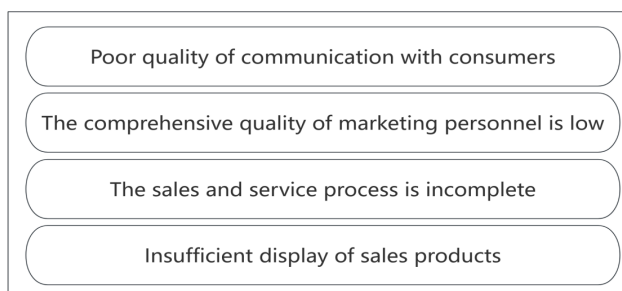
(1) **Marketing channels lag behind.** The current marketing channels face several key problems: first, enterprises over-rely on traditional publicity methods, failed to keep up with the pace of market development, resulting in single marketing channels, it is difficult to meet the diversified needs of modern consumers [11]. Secondly, relying on agents for sales leads to limited direct communication between enterprises and customers, which affects the depth and effect of customer relationships. In order to improve this situation, it is necessary to strengthen the construction of independent direct sales channels, and directly execute sales work through internal sales teams to improve customer experience and satisfaction. In addition, with the rise of new media, the influence of traditional media is gradually declining, so it is necessary to strengthen advertising on online platforms and improve the influence and coverage of advertising to adapt to the increasingly diversified media usage habits of consumers. Finally, the lack of comprehensive cross-channel integration strategy in current marketing activities leads to inconsistent marketing information transmission, which affects the consistency of brand image and the promotion of market influence. Therefore, it is necessary to implement a cross-channel integration strategy, combining traditional and emerging digital channels, to optimize resource allocation, improve market coverage and brand influence, so as to achieve sustainable competitive advantage in a highly competitive market [1].

(2) **Single means of promotion.** At present, the single means of promotion has become a significant problem, which is mainly manifested in two aspects. First of all, traditional marketing strategies rely too much on discount promotion and cannot meet the increasingly diversified needs of the market. More innovative promotion methods need to be introduced, such as cross-border cooperation and experiential marketing, so as to attract more consumers' attention and improve market performance and marketing effect [10]. Second, although there have been attempts in new media marketing, such as live streaming and influencer marketing, the tracking and evaluation of the effect of these new media marketing is not sufficient. In order to enhance market competitiveness, it is necessary to strengthen the management and optimization of new media marketing activities to ensure that these channels can effectively enhance brand awareness and market share.

In addition, the lack of personalized marketing strategy is also a problem that cannot be ignored. With the intensification of market competition, we must pay more attention to the individual differences and demand changes of consumers, and implement personalized marketing strategies. Through data analysis and market research, we can deeply understand the preferences, behaviors and motivations of target customers, and provide them with accurate promotion activities, customized service experience and personalized communication methods. This not only helps to build relationships with customers more effectively, but also increases brand awareness and reputation [12].

Given the deep attention and involvement of consumers in the home-buying decision-making process, personalized home-buying advice, customized property recommendations, and financial solutions should also be provided to enhance customer experience and satisfaction. This personalized marketing strategy can not only improve the purchase experience of customers, but also increase the success rate of transactions and the buyback rate of customers, bringing long-term healthy development of enterprises.

Problems of marketing service guarantee for real estate enterprises.



**Fig. 2. Problems of marketing service guarantee for real estate enterprises**

*Source: Compiled and constructed by the author*

(1) **Poor quality of communication with consumers.** Enterprises have significant problems in communicating with consumers, especially in the promotion of construction products and intelligent building products. Many potential consumers, especially the older group who are not familiar with online platforms, lack understanding of such products, mainly because of the shortcomings of enterprises in online marketing. Traditional marketing methods are still dominant and fail to take full advantage of the personalization and precision targeting capabilities offered by modern digital marketing tools, which limits the ability of companies to effectively expand their markets and engage their target customers [9]. At the same time, enterprises lack customized methods for different consumer groups in communication strategies, resulting in poor information transmission effect, affecting consumers' cognition and interest in products. In addition, another problem faced by enterprises is the simplification and limitation of communication channels. Over-reliance on traditional means of publicity, such as traditional media and exhibitions, has failed to follow up and adapt to consumers' increasingly diverse access to information and preferences. This limitation affects the quality and effectiveness of information exchange between

enterprises and potential customers, making it difficult for consumers to deeply understand product features and advantages, thus reducing the motivation and confidence of purchasing decisions. In addition, the poor quality of communication is also reflected in the company's handling of customer feedback. The lack of effective feedback mechanisms and the ability to respond quickly to customer needs makes consumers face insufficient information and opacity in the purchasing process, further reducing their satisfaction and loyalty [6]. These problems together affect the performance and brand image of enterprises in the market competition, and need to be solved by improving communication strategies and enhancing digital marketing capabilities to enhance customer experience and market competitiveness.

(2) **The comprehensive quality of marketing personnel is low.** There are great problems in the comprehensive quality of marketing personnel, and consumers are generally dissatisfied with their service level and professional quality. Although some marketers have certain professional knowledge, on the whole, their educational level is generally low, college degree or below accounts for a relatively high, which affects their ability to deeply understand and effectively promote products. The lack of in-depth research and detailed analysis of the product makes the marketing plan unconvincing, fails to effectively stimulate the desire of customers to buy, and easily leads to the loss of target customers, thus affecting the overall sales performance.

In addition, the lack of professional quality of marketing personnel is also reflected in their lack of awareness of the market and competitive environment. The lack of a deep understanding of competitors and industry trends leads to a lack of foresight and competitiveness in the selection and execution of marketing strategies. In addition, marketers' ability in customer communication and service also needs to be improved [8]. Their communication skills and customer relationship management ability affect customers' purchase experience and subsequent satisfaction, which in turn affects the long-term brand image and customer loyalty.

Therefore, improving the comprehensive quality of marketing personnel is the key to enterprises. Enhancing educational background, professional knowledge, learning the market and competitive environment, cultivating communication skills and customer service ability can improve professional level and work efficiency, and enhance market competitive advantage.

(3) **The sales and service process is incomplete.** Consumers are generally dissatisfied with the service process and service consciousness of enterprises, mainly reflected in the incomplete service process and insufficient service consciousness. First of all, the existing service process lacks systematic and comprehensive comprehensive services, and fails to meet the information needs of consumers from house purchase to decoration and then to stay. Consumers want to obtain more detailed and coherent service content, but the existing service model only provides scattered information and simple display, which can not effectively meet the diversified needs of consumers.

Secondly, enterprises generally have the problem of poor service awareness, over-emphasizing product quality and ignoring the importance of service [3]. In the actual service, the standardized service process has become loose and slack, resulting in the real estate consultants too mechanized the use of sales tactics when receiving customers, failing to truly understand and identify the needs and characteristics of different types of customers, and failing to provide personalized professional advice and services. Some real estate consultants lack sufficient service awareness and professionalism, which not only reduces customer satisfaction, but also directly affects the brand image and reputation of the enterprise.

In addition, there are problems of poor information transmission and imperfect feedback mechanism in the service process, and consumers often feel that the service is not timely and comprehensive, which affects their home purchase experience and subsequent loyalty. Enterprises need to pay attention to the comprehensiveness and consistency of services, strengthen the standardization and optimization of service processes, and cultivate the professional ability and service awareness of real estate consultants, so as to improve the overall service level, enhance customer satisfaction and loyalty, and thus enhance the competitiveness and market share of enterprises in the highly competitive market [7].

(4) **Insufficient display of sales products.** Consumers are generally dissatisfied with the marketing product display strategy of enterprises, which is mainly reflected in the old display way and the lack of innovation. First of all, the lack of innovation in the layout of the company, the lack of novel design and unique elements, resulting in the overall image of the sales department lack of personalized, difficult to distinguish from competitive real estate, thus affecting the customer's purchase decision and purchase experience. Should consider the introduction of more creative and personalized decorative elements, such as the use of VR virtual reality, holographic projection and other high-tech means, in order to enhance the image of the sales department, improve customer purchase experience, so as to enhance sales efficiency and competitiveness.

Secondly, the display area of the sales department is too small, and the variety of products displayed is not rich enough to fully meet the needs of consumers. The current display method is simple, lack of innovation and interaction, it is difficult to attract customers' attention and interest, making customers lack sufficient information support when choosing a property. The lack of innovation in sales department design, most of the designs are similar, which reduces the market competitiveness and attractiveness of the entire project. In addition, there is a lack of systematic and strategic planning in the marketing and display strategy of products, and they fail to make full use of modern technological means and digital tools, such as social media marketing and online display platforms, to expand sales channels and enhance the diversity and attractiveness of product displays [7]. This backward display strategy has affected the brand image of the enterprise

in the market and the stability of the market share, and it is necessary to improve the customer's home purchase experience and satisfaction through innovation and improvement to adapt to the rapidly changing market demand and the diversified needs of consumers.

**Conclusions.** The main marketing challenges faced by real estate companies include single channels and traditional promotion methods, which fail to adapt to market changes and are difficult to meet the needs of modern consumers. The low quality of marketing personnel and the lack of systematic and innovative services affect market competitiveness and brand image. Enterprises need to improve marketing strategies and service quality. First, strengthen independent direct sales channels, communicate directly with customers through internal sales teams, and improve customer experience and satisfaction. Increase new media advertising, use digital marketing tools, optimize cross-channel integration strategies, and improve market coverage and brand influence. Innovate promotion methods, combine cross-border cooperation and experience marketing, meet the diverse needs of the market, and optimize new media marketing management. In terms of service guarantee, improve the quality of communication with consumers, and use digital marketing tools to provide personalized services. Improve communication strategies, enhance feedback mechanisms and rapid response capabilities, and improve customer satisfaction and loyalty. Improve marketing personnel's professional knowledge and service capabilities through training, optimize service processes, provide systematic services, and ensure that consumers receive coherent information and professional support. Finally, innovate product display strategies and use high-tech means such as VR and holographic projection to enhance the image of sales offices and customer experience. Through systematic planning and modern technology, expand sales channels, enhance the attractiveness of product displays, and enhance corporate market competitiveness and brand influence. Through the above measures, real estate companies can gain sustained advantages and long-term development in market competition.

#### References

1. Dai Youhao (2023). Research on precision marketing strategies of real estate enterprises. *Financial News*, 09, 87–89 [in English].
2. Giantari, I.G.A.K., & Sukaatmadja, I.P.G (2021). Effects of environmental orientation, green marketing mix and social capital on the competitive advantage of real estate developers in Bali. *Property Management*. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/349245351\\_Effects\\_of\\_environmental\\_orientation\\_green\\_marketing\\_mix\\_and\\_social\\_capital\\_on\\_the\\_competitive\\_advantage\\_of\\_real\\_estate\\_developers\\_in\\_Bali](https://www.researchgate.net/publication/349245351_Effects_of_environmental_orientation_green_marketing_mix_and_social_capital_on_the_competitive_advantage_of_real_estate_developers_in_Bali) [in English].
3. Gutiérrez-Velasco, J.R., Cabral-Olmos, D., & Marín-Aguilar, J.T. (2022). E-Marketing Communication and Loyalty in Real Estate Customers Based on Their Income]. *International Business Research*, 15(6). Retrieved from: <https://ccsenet.org/journal/index.php/ibr/article/view/0/47195> [in English].
4. Petermann, J. (2021). Development of real estate marketing – trends for the future. *Marketing Science & Inspirations*, 16(4), 10–19. Retrieved from: <https://msijournal.com/development-real-estate-marketing-trends-future/> [in English].
5. Wu, Q. (2023). Reflections on China's real estate marketing strategy based on "Internet +". *Business Economic Research*, 18, 75–76 [in English].
6. Xiao Wanxin, & Lyshenko, M. (2023). Modern concepts, principles and perspectives of business process management in real estate enterprises. *Economy and society*, 52. Retrieved from: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2539> [in English].
7. Yang Yang, Lyshenko, M., & Xiao Wanxin (2022). Marketing channel models of distribution in real estate companies. *Economy and society*, 44. Retrieved from: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1899> [in English].
8. Yang Yang, & Lyshenko, M. (2021). Theoretical and practical aspects of effective management of marketing activities of construction companies. *Bulletin of the Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev*. Series «Economic Sciences», 2 (2), 166–176 [in English].
9. Yang Yang, Lyshenko, M., & Xiao Wanxin (2022). HCX real estate enterprise marketing organization structure optimization. *Market infrastructure*, 69, 30–37. Retrieved from: [http://www.market-infr.od.ua/journals/2022/69\\_2022/8.pdf](http://www.market-infr.od.ua/journals/2022/69_2022/8.pdf) [in English].
10. Yang Yang, Wanxin Xiao, Lyshenko, M., & Yang Zhang (2023). S-Model for Project Cost Management in Value Engineering for Construction Companies. *Bulletin of the polish academy of sciences technical sciences*, 1–10. <https://doi.org/10.24425/bpasts.2023.146617> [in English].
11. Lyshenko M., & Makarenko N. (2023). Teoretychni osnovy marketynhovoyi kontseptsiyi upravlinnya ta formuvannya stratehiji rozvytku pidpryyemstva v umovakh staloho rozvytku [Theoretical foundations of the marketing concept of management and formation of a strategy for the development of the enterprise under conditions of sustainability]. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, 8-1, 33–40. Retrieved from: [http://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2023/04/ujae\\_2023\\_r01\\_a5.pdf](http://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2023/04/ujae_2023_r01_a5.pdf) [in Ukrainian].
12. Lyshenko M. (2023). Brend-menedzhment yak instrument marketynhovoyi diyal'nosti pidpryyemstv [Brand management as a tool of marketing activities of enterprises]. *Economy and society*, 48. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-80> [in Ukrainian].



**Ян Ян**

здобувач наукового ступеня доктор філософії,  
Сумський національний аграрний університет  
Суми, Україна;

Хенанський інститут науки і технологій  
Хенань, Китай

**E-mail:** 173432219@qq.com

**ORCID:** 0000-0002-5052-019X

**Лишенко М. О.**

доктор економічних наук,  
професор кафедри маркетингу та логістики,  
Сумський національний аграрний університет  
Суми, Україна

**E-mail:** lm\_1980@ukr.net

**ORCID:** 0000-0002-6321-5178

## ДИСКУСІЯ ПРО СУЧАСНИЙ СТАН МАРКЕТИНГОВОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ НЕРУХОМОСТІ

### Анотація

Під дією подвійного впливу економічної ситуації та розвитку ринку нерухомості розвиток галузі нерухомості стає дедалі складнішим, а компанії, що займаються нерухомістю, стикаються з більшими проблемами виживання. У цій ситуації конкуренти в галузі прагнуть отримати частку ринку, щоб вижити, що робить конкуренцію в галузі нерухомості більш інтенсивною. З точки зору тенденції споживання житла, погана економічна ситуація призвела до зменшення доходів клієнтів, що купують житло, що, у свою чергу, зменшило наявні кошти та збільшило труднощі з придбанням житла. Крім того, спад на ринку нерухомості вплинув на вичікувальний настрій клієнтів, і загальне бажання купувати знизлося. Купівельна поведінка клієнтів також більш раціональна, і вони більше звертають увагу на якість проєктів. Базуючись на наведеному вище, у цій статті обговорюється поточний статус продажів компаній, що займаються нерухомістю. Перш за все, відсталі маркетингові канали компанії та єдині методи просування обмежують її можливості розширення ринку. По-друге, з точки зору гарантії обслуговування, існують такі проблеми, як низька якість зв'язку зі споживачами, низька загальна якість маркетингового персоналу, незавершені процеси продажу та обслуговування, а також недостатнє відображення продукту, що мало вплив на підвищення рівня задоволеності клієнтів і корпоративної конкурентоспроможності. Таким чином, ріелторським компаніям рекомендується інновувати маркетингові канали та покращити можливості гарантування послуг, щоб адаптуватися до змін ринку та підвищити конкурентоспроможність.

**Ключові слова:** ріелторське підприємство, проблемне дослідження, стан нерухомості, маркетинговий канал, гарантія маркетингової послуги, маркетинг, маркетинговий менеджмент, кон'юнктура ринку, конкурентоспроможність послуг, маркетингові канали, маркетингова стратегія нерухомості.

### Список використаних джерел

1. Dai Youhao. Research on precision marketing strategies of real estate enterprises. *Financial News*. 2023. № 09. P. 87–89.
2. Giantari I.G.A.K., Sukaatmadja I.P.G. Effects of environmental orientation, green marketing mix and social capital on the competitive advantage of real estate developers in Bali. *Property Management*. 2021. URL: [https://www.researchgate.net/publication/349245351\\_Effects\\_of\\_environmental\\_orientation\\_green\\_marketing\\_mix\\_and\\_social\\_capital\\_on\\_the\\_competitive\\_advantage\\_of\\_real\\_estate\\_developers\\_in\\_Bali](https://www.researchgate.net/publication/349245351_Effects_of_environmental_orientation_green_marketing_mix_and_social_capital_on_the_competitive_advantage_of_real_estate_developers_in_Bali).
3. Gutiérrez-Velasco J.R., Cabral-Olmos D., Marín-Aguilar J.T. E-Marketing Communication and Loyalty in Real Estate Customers Based on Their Income. *International Business Research*. 2022. № 15(6). URL: <https://ccsenet.org/journal/index.php/ibr/article/view/0/47195>.
4. Petermann J. Development of real estate marketing – trends for the future. *Marketing Science & Inspirations*. 2021. № 16(4). P. 10–19. URL: <https://msjournal.com/development-real-estate-marketing-trends-future/> [in English].
5. Wu Q. Reflections on China's real estate marketing strategy based on "Internet +". *Business Economic Research*. 2016. № (18). P. 75–76.
6. Xiao Wanxin, Lyshenko M. Modern concepts, principles and perspectives of business process management in real estate enterprises. *Economy and society*. 2023. 52. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2539>.
7. Yang Yang, Lyshenko Marharyta, Xiao Wanxin. Marketing channel models of distribution in real estate companies. *Economy and society*. 2022. № 44. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1899>.
8. Yang Yang, M. Lyshenko. Theoretical and practical aspects of effective management of marketing activities of construction companies. *Bulletin of the Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaev*. Series «Economic Sciences». 2021. № 2 (2). P. 166–176.
9. Yang Yang, M. Lyshenko, Xiao Wanxin. HCX real estate enterprise marketing organization structure optimization. *Market infrastructure*. 2022. № 69. P. 30–37. URL: [http://www.market-infr.od.ua/journals/2022/69\\_2022/8.pdf](http://www.market-infr.od.ua/journals/2022/69_2022/8.pdf).
10. Yang Yang, Wanxin Xiao, Marharyta Lyshenko, and Yang Zhang. S-Model for Project Cost Management in Value Engineering for Construction Companies. *Bulletin of the polish academy of sciences technical sciences*. 2023. P. 1–10. <https://doi.org/10.24425/bpasts.2023.146617>.
11. Лишенко М. О., Макаренко Н. О. Теоретичні основи маркетингової концепції управління та формування стратегії розвитку підприємства в умовах сталості. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2023. Том 8. № 1. С. 33–40. URL: [http://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2023/04/ujae\\_2023\\_r01\\_a5.pdf](http://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2023/04/ujae_2023_r01_a5.pdf).
12. Лишенко М. Бренд-менеджмент як інструмент маркетингової діяльності підприємств. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 48. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-80>.

УДК 620.92–043.86(477)

**Бялковська О. А.**

доктор економічних наук, професор,  
проректор з навчальної, науково-інноваційної та міжнародної діяльності,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Кам'янець-Подільський, Україна  
ORCID: 0000-0002-8239-2700

**Гук Я. В.**

аспірант,  
кафедра менеджменту, публічного управління та адміністрування  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Кам'янець-Подільський, Україна  
ORCID: 0009-0007-7689-6893

## СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ТА ЕКОНОМІЧНІ ВЗАЄМОВІДНОСИНИ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

### Анотація

Метою написання статті є необхідність обґрунтування значення соціально-економічних аспектів та екологічних взаємовідносин, що стали основою для розвитку та становлення альтернативної енергетики в сучасних умовах на теренах Європейського Союзу та України.

Альтернативна енергетика, яка охоплює джерела енергії, що не використовують традиційні викопні пального, має величезне значення для екології. Перш за все, альтернативні джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, гідроелектрична та геотермальна, значно зменшують викиди парникових газів, які є основними винуватцями глобального потепління. Традиційні джерела енергії, такі як вугілля, нафта та природний газ, при їх спалюванні викидають величезну кількість вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) та інших забруднюючих речовин, які негативно впливають на атмосферу і клімат.

Сонячна енергія, отримується шляхом перетворення сонячного світла на електричний струм за допомогою сонячних панелей. Вітрова енергія використовує силу вітру для генерації електрики через вітрові турбіни. Обидва ці джерела енергії є практично безвідходними і не забруднюють атмосферу, що робить їх екологічно чистими.

Також варто зазначити, що забруднені продуктами життєдіяльності людини території також можуть бути очищені завдяки організованому переробним пунктам, які надаватимуть сировину для станцій, що перероблятимуть сміття в енергію, яка сьогодні нам так необхідна.

З огляду на сучасні умови функціонування енергетичної галузі в Україні, її часткове знищення російським агресором, постає гостре питання відновлення енергетики та спрямування її в напрямку екології.

**Ключові слова:** альтернативні джерела енергетики, екологія, екологічна безпека, енергетичний менеджмент.

**Вступ.** Альтернативна енергетика в Україні має вирішальне значення для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. По-перше, використання відновлюваних джерел енергії дозволяє знизити викиди парникових газів, що сприяє боротьбі зі змінами клімату. По-друге, розвиток сонячних та вітрових електростанцій зменшує залежність від викопних палив, що сприяє збереженню природних ресурсів. Крім того, альтернативні джерела енергії забезпечують енергетичну безпеку країни, зменшуючи вразливість до зовнішніх енергетичних загроз. Важливим аспектом є також створення нових робочих місць у сфері зеленої енергетики, що сприяє економічному розвитку регіонів. Додатково, впровадження екологічно чистих технологій покращує якість повітря та води, що позитивно впливає на здоров'я населення. Отже, альтернативна енергетика є ключовим фактором для стійкого екологічного розвитку України.

На сучасному етапі вчені як нашої держави, так і вчені світу активно досліджують вплив альтернативної енергетики на довкілля. Дуже часто спільними зусиллями проводяться дослідження на створених платформах, які активно досліджують вплив альтернативної енергетики на довкілля. В роботі використаний досвід та напрацювання таких вчених: В. Іванишин, О. Бялковська [2; 5], Ю. Харченко, І. Гончарук [1], О. Дьяконов, О. Кучер, О. Полянський [7], О. Поліщук [9], К. Мудрик, С. Єрмаков. Не дивлячись на те, що вже проведено ряд досліджень вченими та практиками, потрібно вдосконалювати та модернізувати існуючі здобутки до сучасних умов та реалій військового часу.

**Мета статті** полягає у детальному дослідженні та аналізі розвитку альтернативної енергетики в контексті її впливу на енергетичну ситуацію на тих територіях, де ця галузь активно розвивається, проаналізувати позитивні та врахувати негативні чинники впливу, дослідити їх залежність один від одного.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У житті сучасного суспільства найважливішу роль відіграють енергетика, економіка та екологія. Енергетика є визначальною, оскільки вона впливає на розвиток і економіки, і екології. Вона значною мірою обумовлює економічний потенціал держав і добробут населення, а також найбільше впливає

на довкілля, екосистеми й біосферу загалом. Будь-які екологічні проблеми (зміна клімату, кислотні опади, загальне забруднення середовища тощо) прямо чи опосередковано пов'язані з виробництвом або використанням енергії [7].

На сучасному етапі розвитку людства проблема взаємодії енергетики і довкілля набуває нових ознак, впливаючи на величезні території, більшість річок і озер, на атмосферу й гідросферу Землі. Ще більші масштаби розвитку енергопостачання й енергоспоживання в недалекому майбутньому зумовляють подальше інтенсивне зростання їхніх різноманітних дій на всі компоненти природного довкілля в глобальному масштабі [6].

Енергетична галузь спричиняє не тільки хімічні, але й інші забруднення: теплове, аерозольне, електромагнітне, радіоактивне. Отже, не буде перебільшенням те, що вирішення енергетичних проблем обумовлює вирішення основних екологічних проблем. Енергетика, як галузь виробництва, розвивається дуже швидкими темпами, тому гарантування енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу енергетики на довкілля – важливе завдання сьогодення [7].

Завжди вважалося, що альтернативна енергетика несе найменший вплив на екологізацію територіальних громад та безпечну екологічну ситуацію в країні загалом. Та згодом на проведені наукові та технічні дослідження виявилось, що в певній мірі альтернативна енергетика все ж несе певні загрози для екології та навколишнього середовища.

З огляду на виклики, які постають перед суспільством, та питання доцільності використання альтернативних джерел енергії для народного господарства виникає необхідність детального вивчення та аналізу їх використання в сучасних реаліях та у реаліях військового стану. Також варто зазначити, що потрібно враховувати і собівартість виробленої енергії із використання всіх тих технологій та інновацій, які ми застосовуємо при її виробництві. Чи економіка із залученням альтернативної енергетики в сучасному її розумінні може вважатись «зеленою економікою».

Якщо ми проаналізуємо окремі види відновлювальних джерел енергії, які ми можемо використовувати в Україні, а саме за їх економічною доцільністю та екологічною безпекою, то можна стверджувати, що дійсно, потрібно зважувати на всі умови їх використання в тих чи інших ОТГ. Кожна територія є унікальною з своєю специфікою, ландшафтом та екологічними особливостями.

**Таблиця 1. Аналіз окремих відновлювальних джерел енергії в співвідношенні економічної доцільності та екологічної безпеки**

Вид окремих джерел відновлювальної енергетики	Позитивні наслідки від використання	Негативні наслідки від використання	Умови використання
Енергія сонця	1. Невичерпне джерело енергії 2. 1% сонячної енергії могло б забезпечити всі сьогодинні потреби світової енергетики	1. Висока металомісткість технологій 2. Великі фінансові затрати 3. Все частіше постає питання подальшої утилізації сонячних батарей з урахуванням радіоактивної забрудненості	Сонячна енергетика успішно перетворюється в електроенергетику, а також безпосередньо використовується для опалення приміщень та водопостачання
Енергія вітру	1. Вібраційний та шумовий вплив 2. Висока металомісткість 3. Небезпека для птахів	1. Велика географія використання 2. Об'єднано у велику енергетичну спільну систему 3. Використання вітродвигунів різної потужності 4. Використання земельних ресурсів під будівництво	Використовують особливості рельєфу та природнього середовища, вітрів.
Геотермальна енергія	1. Працюють без палива з використанням глибинного тепла 2. Залишають при виробництві дуже мало сірки	1. Проблема з утилізацією відпрацьованих мінеральних вод 2. теплове забруднення навколишнього середовища 3. Засолення ґрунтів від мінеральних вод	Використовують при будівництві станцій не великі площі в Україні можливо будівництво в районі Карпат та Закарпаття.
Енергія морів і океанів	1. Невичерпне джерело енергії	1. Високоартісні технології для використання 2. Повністю не досліджена галузь	Енергетика майбутнього, використовується в морських та багато водних регіонах
Енергія біомаси	1. Очищення від відходів навколишнього середовища 2. Менше виділення сірки при правильних технологіях 3. Створення великої кількості робочих місць	1. При порушенні технологій викиди газів та сірки 2. Використання великих площ	В нашій країні пріоритетним виробництвом біогазової галузі може стати комунальне та сільське господарство за прикладом Китаю

Джерело: власна розробка авторів

Тому при плануванні потрібно чітко враховувати особливості енергетичного менеджменту, залученням тих спеціалістів, які забезпечуватимуть всі необхідні умови для функціонування відповідної галузі енергетики. Для врахування всі екологічних аспектів розвитку енергетичної галузі має бути врахований симбіоз співпраці еколога, енергетика, економіста та менеджера. Має бути чітка градація та розрахунок з врахуванням того, що, наприклад геотермальна енергетика може вироблятися в одному регіоні, а в іншому це не є можливим та економічно вигідним.

Варто зазначити, що у своїх роботах та практиках зацікавлені, почали вивчати та розглядати саме ті перешкоди, які заважають розвитку альтернативної енергетики в цілому. Якщо цю проблему піднімати на наукову та практичну площину, то ми зможемо розробити конкретні пропозиції до вирішення цих проблем.

**Висновки.** Отже після проведеного аналізу, можна стверджувати, що кожен з видів джерел відновлювальної енергетики, при порушенні технологій використання та виробітку, може бути пагубним для навколишнього середовища. При плануванні та розробці стратегій розвитку ОТГ має бути чітко прописана частина, яка стимулюватиме розвиток альтернативної енергетики саме в контексті екологізації виробництва енергії для споживачів та підприємств.

В Європейському Союзі у контексті розвитку «зеленої економіки» саме екологізацію виробництва енергетики провадять, як один з основних напрямків та закладається в стратегію розвитку територій.

Також варто зазначити, що при розробці 17 цілей сталого розвитку, котрі були ухвалені ООН у вересні 2015 року, саме 7 цілей, її опис присвячений доступній та чистій енергії.

#### Список використаних джерел

1. Альтернативна енергетика. Ukraine invest : вебсайт. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/industries/energy/alternative-energy/>.
2. Бялковська О. А., Гук Я. С., Сікора О. О., Бойко О. С. Аналіз впливу альтернативної енергетики на розвиток сільських територій. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка / ЗВО «ПДУ»*. Кам'янець-Подільський, 2024. Вип. 1 (42). С. 69–73.
3. Бялковська О. А., Сікора О. О. Економічні вигоди від переходу до зеленої енергетики: аналіз світового досвіду. *Агросвіт*. 2024. № 4. С. 54–60.
4. Дудзяк О. Вплив енергетичної ситуації України на добробут сільського населення. *Формування ринкових відносин в Україні*. 2019. № 1. С. 151–156.
5. Квач Я. П., Фірсова К. В., Борісова О. Г. «Зелена економіка»: можливості для України. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 6. С. 52–56.
6. Маляренко В. А. Енергетика і навколишнє середовище. Харків : САГА, 2008. 364 с.
7. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення : монографія / О. С. Полянський та ін. ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 136 с.
8. Management of the Biofuel Production Development on the Basis of Scenario Planning / Kuznetsova I. et al. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2020. Vol. 76, № 3. P. 35–46. URL: <https://erem.ktu.lt/index.php/erem/article/view/25681>.
9. Pearce D., Markandya A., Barbier B. E. Blueprint for a green economy. London : Earthscan, 1989. 192 p.
10. Sustainable development of rural areas: strategy and conceptual frame work (Ukrainian case) / Sava A. et al. *Independent Journal of Management & Production (IJM&P)*. 2020. Vol. 11, № 9. P. 2325–2340. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v11i9.1433>.

#### **Bialkowska O. A.**

*Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Vice Rector for Education, Research, Innovation and International Affairs,  
Higher educational institution "Podillia State University"  
Kamianets-Podilskiy, Ukraine  
ORCID: 0000-0002-8239-2700*

#### **Huk Ya. V.**

*Postgraduate Student,  
Department of Management and Public Administration,  
Higher educational institution "Podillia State University"  
Kamianets-Podilskiy, Ukraine  
ORCID: 0009-0007-7689-6893*

## **SOCIO-ECONOMIC ASPECTS AND ECONOMIC RELATIONSHIPS AS A BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE ENERGY**

#### **Abstract**

*The purpose of writing the article is the need to justify the importance of socio-economic aspects and ecological relationships, which have become the basis for the development and establishment of alternative energy in modern conditions on the territory of the European Union and Ukraine.*

*Alternative energy, which includes energy sources that do not use traditional fossil fuels, is of great importance to the environment. First of all, alternative energy sources such as solar, wind, hydroelectric and geothermal significantly reduce greenhouse gas emissions, which are the main culprits of global warming. Traditional sources of energy, such as coal, oil and natural gas, emit a huge amount of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and other pollutants when they are burned, which negatively affect the atmosphere and climate.*

*Solar energy, for example, is obtained by converting sunlight into electricity using solar panels. Wind energy uses the force of the wind to generate electricity through wind turbines. Both of these energy sources are practically waste-free and do not pollute the atmosphere, which makes them environmentally friendly.*

*It is also needed to say that areas polluted by the products of human life can also be cleaned due to organized processing points that will provide raw materials for stations that will process garbage into the energy we need so much today.*

**Key words:** *alternative energy sources, ecology, environmental safety, energy management.*

#### References

1. Al'ternatyvna enerhetyka [Alternative energy]. *ukraineinvest.gov.ua*. Retrieved from : <https://ukraineinvest.gov.ua/industries/energy/alternative-energy/> [in Ukrainian].
2. Byalkovska, O. A., Huk, Y. S., Sikora, O. O., & Boyko, O. S. (2024). Analiz vplyvu al'ternatyvnoyi enerhetyky na rozvytok sil's'kykh terytoriy [Analysis of the impact of alternative energy on the development of rural areas]. *Podil's'kyi visnyk: sil's'ke hospodarstvo, tekhnika, ekonomika – Podil's'kyi Visnyk: agriculture, technology, economy*, 1 (42), 69–73 [in Ukrainian].
3. Bialkovska, O. A., & Sikora, O. O. (2024). Ekonomichni vyhody vid perekhodu do zelenoyi enerhetyky: analiz svitovoho dosvidu [Economic benefits from transition to green energy: analysis of world experience]. *Ahrosvit – Agroworld*, 4, 54–60 [in Ukrainian].
4. Dudziak, O. (2019). Vplyv enerhetychnoyi sytuatsiyi Ukrayiny na dobrobut sil's'koho naseleння [The influence of the energy situation of Ukraine on the welfare of the rural population]. *Formuvannya rynkovykh vidnosyn v Ukrayini – Formation of market relations in Ukraine*, 1, 151–156 [in Ukrainian].
5. Kvach, Y. P., Firsova, K. V., & Borisova, O. G. (2015). «Zelena ekonomika»: mozhyvosti dlya Ukrayiny ["Green economy": opportunities for Ukraine]. *Hlobal'ni ta natsional'ni problemy ekonomiky – Global and national economic problems*, 6, 52–56 [in Ukrainian].
6. Malyarenko, V. A. (2008) Enerhetyka i navkolyshnye seredovyshche [Energy and environment]. Kharkiv: SAGA [in Ukrainian].
7. Polyanskyi, O. S., Dyakonov, O. V., Skrypnyk, O. S., Fesenko, H. V., Dyakonov, V. I., & Kharchenko, Yu. V. et al. (2017). Napryamy rozvytku al'ternatyvnykh dzherel enerhiyi: aktsent na tverdomu biopalyvi ta hnuchykh tekhnolohiyakh yoho vyhotovlennya [Development directions of alternative energy sources: emphasis on solid biofuel and flexible technologies for its production]. Kharkiv : KHNUMH named after O. M. Beketova [in Ukrainian].
8. Kuznetsova, I., Balabash, O., Karpenko, Y., Dudziak, O., & Semenyshena, N. (2020). Management of the Biofuel Production Development on the Basis of Scenario Planning. *Environmental Research, Engineering and Management*, 76, 3, 35–46. Retrieved from: <https://erem.ktu.lt/index.php/erem/article/view/25681> [in English].
9. Pearce, D., Markandya, A., & Barbier, B. E. (1989). *Blueprint for a green economy*. London : Earth scan [in English].
10. Sava, A., Krasnorutskyi, O., Dudziak, O., Moskvichova, O., & Rarok, L. (2020). Sustainable development of rural areas: strategy and conceptual framework (Ukrainian case). *Independent Journal of Management & Production (IJM&P)*, 11, 9, 2325–2340. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v11i9.1433> [in English].

УДК 351.84

**Лищенко М. О.**

доктор економічних наук,  
професор кафедри маркетингу та логістики,  
Сумський національний аграрний університет  
Суми, Україна  
**E-mail:** lm\_1980@ukr.net  
**ORCID:** 0000-0002-6321-5178

**Лищенко В. В.**

начальник відділу методичного забезпечення соціальної роботи,  
Сумський обласний центр соціальних служб  
Суми, Україна  
**E-mail:** lvv\_75@ukr.net

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НАДАННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПОСЛУГ

### Анотація

Вітчизняний досвід соціальної допомоги незахищеним верствам населення, зарубіжні інноваційні проєкти з підтримки вразливих категорій населення стали тим фундаментом, на якому в останні десятиліття відбувається розвиток соціальної роботи та розбудова інфраструктури соціальних закладів, яка має свої особливості, зумовлені досвідом минулого і впливом сучасних світових тенденцій. Реформування системи завжди починається з певних змін у системі управління. Тому модернізація системи надання соціальних послуг населенню, управління якістю соціальних послуг та ефективність процесів соціального обслуговування громадян значною мірою залежить від ефективності управлінської діяльності.

У статті удосконалено систему управління якістю надання соціальних послуг. Розглянуто питання підвищення відповідальності керівництва та мотивації персоналу в питаннях забезпечення адміністративного управління якістю соціальних послуг. Встановлено, що перспективою може бути використання в практичному адміністративному управлінні якістю соціальних послуг інноваційного методу надання соціальних послуг. До нього можна віднести соціальне замовлення. Це по суті комплекс заходів правового та економічного характеру, проведення психологічно-освітніх та медико-реабілітаційних заходів, які направлені на окремі групи споживачів таких послуг.

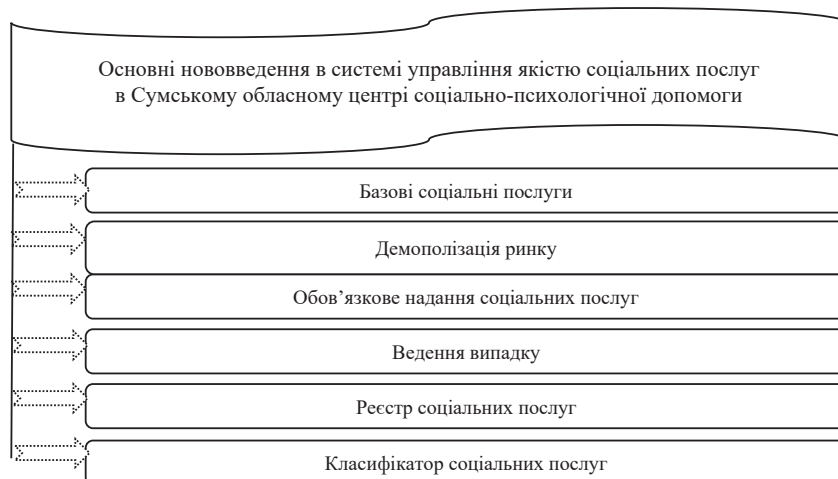
Складні життєві обставини напряму залежать від сучасних соціальних деформацій та ризиків, масштаби впливу яких на населення розширюються в умовах сьогодення. Прикладом таких ризиків може бути втрата постійного джерела доходу, настання непрацездатності внаслідок хвороби, нещасного випадку, старості, смерть годувальника тощо. Як правило, соціальні ризики в незначній мірі залежать від поведінки окремої особи, оскільки вони детерміновані в основному соціально-економічними умовами, виникають внаслідок певних подій і мають постійний, передбачуваний характер, є підставою для набуття особою права на отримання соціальних послуг.

**Ключові слова:** управління, адміністрування, соціальні послуги, управління якістю, соціальне замовлення, ризики соціального замовлення, інноваційний метод надання соціальних послуг.

**Вступ.** В умовах сьогодення питання управління якістю послуг у соціальній сфері не повністю досліджено. Ці питання розглядаються як на рівні законодавства, так і у практичній діяльності, де реалізуються цілі соціальної політики. Особливо гострими є питання розвитку ринку соціальних послуг, їх ліцензування та підвищення управління якістю надання послуг. А також досліджуються питання удосконалення моделей надання послуг на ринку. Розглядаються питання співпраці держави та різних соціальних організацій, впровадження системи надання соціального замовлення. І вивчаються недоліки у законодавчій базі з приводу соціального забезпечення.

**Мета роботи:** удосконалення теоретико-методичних засад та розробка практичних рекомендацій щодо адміністративного управління якістю соціальних послуг в соціальній установі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** До інноваційних методів управління якістю надання соціальних послуг відноситься використання інтегрованого підходу надання послуг. Використання якого посилить ефективність надання якісних соціальних послуг та покращить скоординованість дій всіх соціальних організацій. Успішність впровадження інтегрованого підходу можливе при реалізації принципів скоординованої співпраці підприємств соціальної направленості, державних органів управління та громадських організацій. Відповідно нами на рисунку 1 було наведено основні новинки в системі управління якістю надання соціальних послуг.



**Рис. 1. Основні нововведення в системі управління якістю соціальних послуг**

*Джерело: сформовано авторами на основі джерела [5, с. 401]*

Базові соціальні послуги в Сумському обласному центрі соціально-психологічної допомоги (далі – СОЦСПД). Дані послуги можна розподілити на наступні категорії:

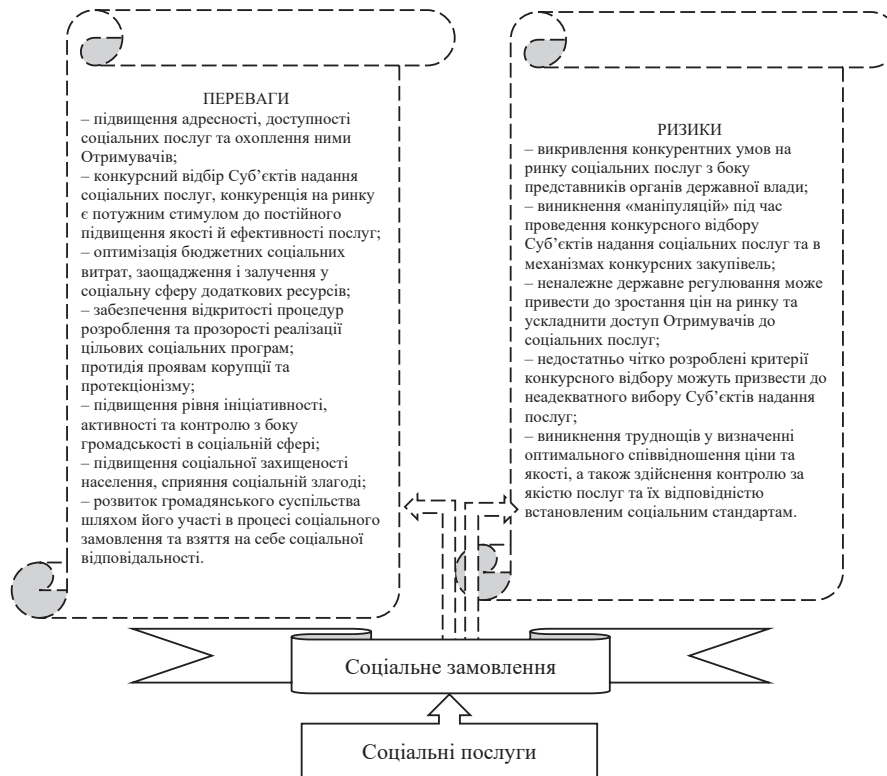
– превентивні або це послуги профілактичного характеру. До них варто віднести різні види консультацій, постійне надання інформації про соціальні послуги, а також види соціальної профілактичної роботи. А також це послуги для категорій осіб, що знаходяться у складних життєвих обставинах. До них варто віднести: постійне соціальне супроводження осіб, надання послуг з соціальної адаптації, впровадження елементів соціальних інтеграційних та реінтеграційних процесів, бути посередником у вирішенні побутових питань та надання умов проживання особам, які мають життєві проблеми.

– кризові послуги. Це послуги екстреного або кризового втручання у ситуацію, надання соціального при-тулку [4].

Всі зазначені соціальні послуги повинні надаватися у СОЦСПД, а також максимум наближені до місця проживання особи, якій вони потрібні. Ведення випадку в СОЦСПД – це ключова технологія надання соціальних послуг, які направлені на рішення різних проблем: психологічного, комунікаційного характеру, а також інших проблем, які можна вирішити при комунікації з соціальним працівником та одержувачем соціальної послуги. Як показали дослідження, адміністративне управління якістю надання соціальних послуг включає сукупність різноманітних суб'єктів, які беруть участь в наданні послуг соціального характеру. При цьому спостерігається повна взаємодія між учасниками процесу та дотримання важливих принципів:

- 1) надання профілактичних послуг;
- 2) надання послуг, які повністю відповідають потребам споживачів соціальних послуг;
- 3) безперервне надання послуг соціальної спрямованості, при цьому вони є різноманітними;
- 4) забезпечення державного гарантування надання соціальних послуг;
- 5) правова рівність, виконання обов'язків та відповідальність надавачів соціальних послуг [7].

Перспективою може бути використання в практичному адміністративному управлінні якістю соціальних послуг інноваційного методу надання таких послуг. До нього можна віднести соціальне замовлення. Це по суті комплекс заходів правового та економічного характеру, проведення психологічно-освітніх та медико-реабілітаційних заходів, які направлені на окремі групи споживачів таких послуг. Послуги надаються особам, які знаходяться в складних обставинах і мають потребу в сторонній допомозі. Метою надання таких послуг є покращання життєдіяльності, проведення соціальної адаптації і відновлення особи до життя в повноцінних умовах [3]. На рисунку 2 представлено переваги та ризики впровадження соціального замовлення, який є інноваційним методом удосконалення адміністративного управління якістю соціальних послуг.



**Рис. 2. Переваги та ризики соціального замовлення як інноваційного методу удосконалення адміністративного управління якістю надання соціальних послуг в СОЦСПД**

Джерело: сформовано авторами на основі джерела [3]

Соціальне замовлення як інноваційний метод, може бути оптимальним при умові:

- необхідності оптимізації бюджетного фінансування;
- необхідності реструктуризації організаційної структури по всій мережі соціальних закладів, які є надавачами соціальних послуг;
- покращання доступності та повної задоволеності потреб споживачів соціальних послуг;
- якщо отримувач чітко вказує на перелік соціальних послуг і взаємодіє з надавачами соціальної послуги та отримує їх в обсязі та якості, необхідному споживачу;
- неспроможності та деякої некомпетентності споживача соціальної послуги зробити вибір надавача таких послуг (допомога у реабілітації важкохворих підлітків, людей з обмеженими можливостями, консультаційна допомога психологічно хворим особам);
- надання соціальних послуг екстреного спрямування (наявність телефону довіри допомога жертвам, які потерпають від домашнього насилля);
- у випадку, якщо місцевий ринок соціальних послуг має нульову чи досить обмежену конкуренцію серед надавачів соціальної послуги.

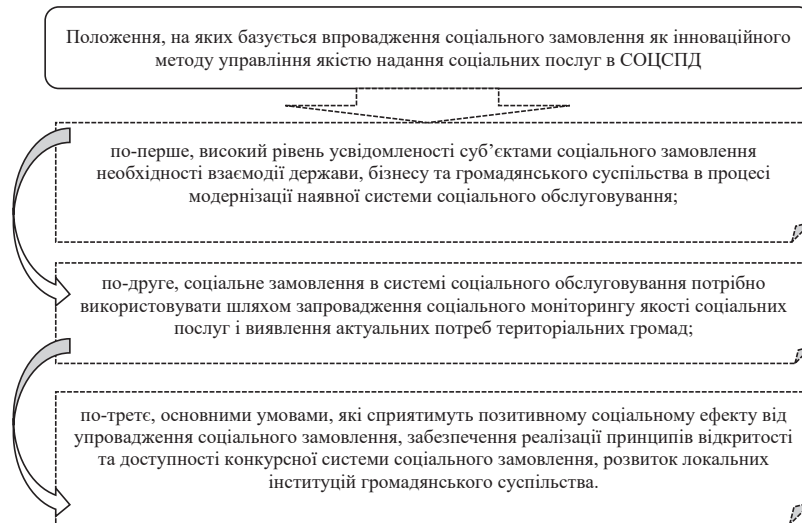
Тобто, результати проведеного дослідження доводять, що використання «соціального замовлення» як методу інноваційного адміністративного управління якістю соціальних послуг у СОЦСПД базується на наступних базисах (рис. 3).

На основі цього виокремлено основні критерії соціальної ефективності соціального замовлення як інструмента зростання ефекту адміністративного управління якістю соціальних послуг в СОЦСПД:

- 1) доступність соціальних послуг (його ще можна назвати «принцип територіальності»);
- 2) якість соціальної послуги;
- 3) врахування трансакційних витрат та мінімізація витрат;
- 4) соціальна справедливість;
- 5) соціальна відповідальність.

Відповідно, таке інноваційне соціальне фінансування може призвести до підвищення соціальної невдоволеності отримувачів соціальних коштів, так як вони прив'язуються до загального сукупного доходу сім'ї. Отож, застосування адресності надання соціальних послуг значить про зменшення сум соціальних гарантій.





**Рис. 3. Положення, на яких базується впровадження соціального замовлення як інноваційного методу управління якістю надання соціальних послуг в СОЦСПД**

Джерело: сформовано авторами на основі джерела [9, с. 219]

Крім важливих завдань, які виходять із законодавчої бази та стратегічних програм соціального стимулювання, досить ваговою є така мета як: соціальна довіра до соціальних працівників. Досягнення такої довіри є важливою для покращання управління якістю соціальних послуг та наявності ефективного співробітництва всіх учасників ринку соціальних послуг.

Нижче нами представлена модель планування проєктів для покращання адміністративного управління якістю послуг (рис. 4):



**Рис. 4. Планування проєктів для покращання адміністративного управління якістю соціальних послуг**

Джерело: сформовано автором на основі [8]

Моніторинг послуг є важливим елементом хорошого управління якістю соціальних послуг. Водночас, він служить постійним підвищенням якості та ефективності управління послугами. До способів моніторингу, які застосовуються в СОЦСПД слід віднести :

- реєстрація послуг – через відеозапис або фото документацію;
- постійний моніторинг і перевірка вчасності виконання графіків роботи соціальних працівників;
- постійне звітування про дослідження, які підтверджуються отримувачами послуг;
- проведення анкетних опитувань, що дає можливість оцінити якість надання послуг;
- самомоніторинг особами, які надають соціальні послуги;
- розповсюдження та знання стандартів надання соціальної допомоги.

Така практика дає можливість реагувати на недосконале виконання стандартів соціальними працівниками.

Результати моніторингу та оцінки надаються всім учасникам соціального процесу. Дана інформація дає можливість покращити якість послуг, які надаються СОЦСПД. З урахуванням всіх методів та запропонованих заходів з приводу удосконалення процесу управління якістю послуг нами зроблено моніторингові дослідження якості отриманих послуг СОЦСПД за наступними показниками (табл. 1):

**Таблиця 1. Моніторинг якості надання СОЦСПД соціальної допомоги**

Показники	2020 рік	2022 рік	2024 рік (прогноз)
Показник інтенсивності використання соціальної допомоги, %	95,6	96,4	100,0
Показник кількості людей, які протягом тривалого часу користуються соціальною допомогою, осіб	1775	982	1175
Показник підготовки соціальних працівників (відповідність освіти займаній посаді), %	99,0	100,0	100,0
Показник спеціалізації організацій соціальної допомоги	загальні соціальні послуги; надання інших послуг догляду із забезпечення проживання		
Показник наявності персоналу для соціальної роботи, осіб	9	9	9
Показник грошової допомоги, тис. грн.	737,6	907,7	1115,7
Показник соціального контракту (середньорічні витрати на 1 одержувача соціальних послуг), грн.	394,76	888,5	949,5
Показник відмов (у тому числі через брак коштів), %	0,11	0,31	0,09

Джерело: сформовано автором

Дослідження показали, що показник інтенсивності використання соціальної допомоги у 2022 році порівняно з 2020 роком має тенденцію до збільшення на 0,8 п.в. Така тенденція пояснюється збільшенням потреб населення в соціальних консультативних послугах. Однак кількість людей, які користуються соціальною допомогою, скоротилася на 793 особи. Така тенденція пов'язана з початком війни у 2022 році та невизначеністю в суспільстві. Тому, організація в 2024 році планує відновити даний показник і кількість осіб зросте до 1175 осіб. Показник підготовки соціальних працівників у 2022 році досяг 100%. Показник грошової допомоги планується в сумі 1115,7 тис. грн. А в тенденції 2022 року до 2020 року зріс на 170,1 тис. грн. відповідно середньорічні витрати на 1 одержувача соціальних послуг зросли з 394,76 тис. грн в 2020 році до 888,5 тис. грн у 2022 році. Прогнозне значення цього показника в 2024 році складе 949,5 тис. грн.

**Висновки.** Визначено, що перспективою може бути використання в практичному адміністративному управлінні якістю соціальних послуг інноваційного методу надання соціальних послуг. До нього можна віднести соціальне замовлення. Це по суті комплекс заходів правового та економічного характеру, проведення психологічно-освітніх та медико-реабілітаційних заходів, які направлені на окремі групи споживачів таких послуг. Послуги надаються особам, які знаходяться в складних обставинах і мають потребу в сторонній допомозі. Метою таких послуг є покращення життєдіяльності, проведення соціальної адаптації і відновлення особи до життя в повноцінних умовах.

#### Список використаних джерел

- Гітис Т.П., Чемерис Є.Т., Антонова В. І., Носаньова А. С. Дослідження сучасного рівня соціального захисту населення в Україні. *Економічний вісник Донбасу*. 2020. № 1 (59). С. 116–122.
- Деякі питання діяльності центрів соціальних служб: постановою Кабінету Міністрів України від 01.06.2020р. № 479. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/479-2020-%D0%BF#n196>.
- Дубич К. В. Соціальне замовлення – ефективний механізм надання соціальних послуг в Україні. URL: <http://academy.gov.ua/ej/ej17/PDF/14.pdf>.
- Лищенко В.В. Управління якістю послуг у соціальній сфері. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (заочна форма): «Формування та перспективи розвитку підприємницьких структур в рамках інтеграції до європейського простору»*. Полтава, 2021. С. 189–191.
- Мальований М.І. Фінансові аспекти функціонування системи соціального захисту населення в Україні: монографія. Умань: СПД Сочінський, 2016. 496 с.
- Офіційний сайт Сумського обласного центру соціально-психологічної допомоги: URL: <https://inspections.gov.ua/>.
- Про соціальні послуги: Закон України від 17.01.2019р. № 2671– VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2671-19#Text>.
- Про схвалення Стратегії реформування системи надання соціальних послуг: розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.08.2021р. № 556-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/556-2012-%D1%80#Text>.
- Шубна О.В., Денисова Ю.В., Санчич О.С., Марильова А.В. Новітні методи удосконалення системи надання соціальних послуг в Україні. *Економічний вісник Донбасу*. № 3(61). 2020. С. 213–221.
- Nazarova G., Demianenko A., Bozhydai I., Nazarov N., Demchenko K., Semenov A. Organizational and economic support for the development of the social services market in Ukraine. *Financial and credit activity: problems of theory and practice*. Volume 2 (49), 2023. P. 361–371.

**Lyshenko M. A.**

*Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Professor at the Department of Marketing and Logistics,  
Sumy National Agrarian University  
Sumy, Ukraine*

**E-mail:** *lm\_1980@ukr.net*

**ORCID:** *0000-0002-6321-5178*

**Lyshenko V. V.**

*Head of the Department of Methodical Support of Social Work,  
Sumy Regional Center of Social Services  
Sumy, Ukraine*

**E-mail:** *lvv\_75@ukr.net*

## IMPROVEMENT OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE PROVISION OF SOCIAL SERVICES

### **Abstract**

*The domestic experience of social assistance to vulnerable segments of the population, foreign innovative projects to support vulnerable categories of the population have become the foundation on which the development of social work and the development of the infrastructure of social institutions, which has its own characteristics due to the experience of the past and the influence of modern world trends, has been taking place in recent decades. Reforming the system always begins with certain changes in the management system. Therefore, modernization of the system of providing social services to the population, management of the quality of social services, and the effectiveness of social service processes for citizens largely depends on the effectiveness of management activities.*

*The article improves the quality management system of providing social services. The issue of increasing the responsibility of the management and motivation of the staff in matters of ensuring the administrative management of the quality of social services was considered. It has been established that the use of an innovative method of providing social services in practical administrative management of the quality of social services may be a perspective. It can be attributed to social order. This is essentially a set of measures of a legal and economic nature, the implementation of psychological-educational and medical-rehabilitation measures, which are directed at certain groups of consumers of such services.*

*Difficult life circumstances directly depend on modern social deformations and risks, the scale of which affects the population is expanding in today's conditions. An example of such risks can be the loss of a permanent source of income, the onset of incapacity due to illness, an accident, old age, the death of a breadwinner, etc. As a rule, social risks depend to a small extent on the behavior of an individual, since they are determined mainly by socio-economic conditions, arise as a result of certain events and have a permanent, predictable nature, are the basis for a person to acquire the right to receive social services.*

**Key words:** *management, administration, social services, quality management, social order, risks of social order, innovative method of providing social services.*

### **References**

1. Gitis, T.P., Chemerys, Y.T., Antonova, V.I., & Nosanova A.S. (2020). Doslidzhennya suchasnoho rivnya sotsial'noho zakhystu naselelnya v Ukraini. [Study of the current level of social protection of the population in Ukraine. Economic Herald of Donbass]. *Ekonomichnyy visnyk Donbasu*. 1 (59), 116–122 [in Ukrainian].
2. Deyaki pytannya diyal'nosti tsentriv sotsial'nykh sluzhzb [Some issues of activity of social service centers]: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 01.06.2020. No. 479. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/479-2020-%D0%BF#n196> [in Ukrainian].
3. Dubych, K.V. Sotsial'ne zamovlennya – efektyvnyy mekhanizm nadannya sotsial'nykh posluh v Ukraini [Social order – an effective mechanism for providing social services in Ukraine]. Retrieved from: <http://academy.gov.ua/ej/ej17/PDF/14.pdf> [in Ukrainian].
4. Lyshenko, V.V. (2021). Upravlinnya yakistyu posluh u sotsial'niy sferi [Management of the quality of services in the social sphere]. Materials of the 4th International Scientific and Practical Conference (correspondence form): "Formation and prospects for the development of entrepreneurial structures within the framework of integration into the European space." Poltava, 189–191 [in Ukrainian].
5. Malyovany, M.I. (2016). Finansovi aspekty funktsionuvannya systemy sotsial'noho zakhystu naselelnya v Ukraini [Financial aspects of the functioning of the system of social protection of the population in Ukraine]: monograph. Uman: SPD Sochinsky. 496 p. [in Ukrainian].
6. Ofitsiynyy sayt Sums'koho oblasnoho tsentru sotsial'no-psykholohichnoyi dopomohy [Official website of the Sumy Regional Center of Social and Psychological Assistance]. Retrieved from: <https://inspections.gov.ua/> [in Ukrainian].
7. Pro sotsial'ni posluhy: Zakon Ukrainy vid 17.01.2019 [On social services: Law of Ukraine dated January 17, 2019]. No. 2671-VIII. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2671-19#Text> [in Ukrainian].
8. Pro zatverdzhennya Stratehiyi reformuvannya systemy nadannya sotsial'nykh posluh: rozporядzhennya Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 8 serpnya 2021 r. [On the approval of the Strategy for reforming the system of providing social services: order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 8, 2021]. No. 556. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/556-2012-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
9. Shubna, O.V., Denisova, Yu.V., Sanchich, O.S., Marylova, A.V. (2020). Novitni metody vdoskonalennya systemy nadannya sotsial'nykh posluh v Ukraini [The latest methods of improving the system of providing social services in Ukraine]. *Economic Herald of Donbass*, 3(61), 213–221 [in Ukrainian].
10. Nazarova, G., Demianenko, A., Bozhydai, I., Nazarov, N., Demchenko, K., & Semenov, A. (2023). Organizational and economic support for the development of the social services market in Ukraine. *Financial and credit activity: problems of theory and practice*, Vol. 2 (49), 361–371 [in English].



## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 641. 41

**Піддубний В. А.**

член-кореспондент Національної академії аграрних наук України,  
Державна науково-дослідна установа  
«Український науково-дослідний інститут спирту та біотехнології продовольчих продуктів»  
Київ, Україна  
**E-mail:** Profpod@ukr.net  
**ORCID:** 0000-0002-1497-7133

**Стадник І. Я.**

доктор технічних наук,  
професор кафедри обладнання харчових технологій,  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Тернопіль, Україна  
**E-mail:** igorstadnykk@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0003-4126-3256

**Пилипець О. М.**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри обладнання харчових технологій,  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Тернопіль, Україна  
**E-mail:** Lyasota@tntu.edu.ua  
**ORCID:** 0000-0003-0957-8282

**Кравченко Х. Ю.**

кандидат біологічних наук,  
асистент кафедри обладнання харчових технологій,  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Тернопіль, Україна  
**E-mail:** kravchenukx30@gmail.com  
**ORCID:** 0009-0007-1974-5001

### МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РУХУ СЕРЕДОВИЩА У ТРАНСПОРТУЮЧИХ МЕРЕЖАХ БРОДИЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВА

**Анотація**

Розглянута фізична сутність впливу гідравлічних опорів та вершин шорсткості в примежовому шарі з великим градієнтом швидкості розчину інгібітора корозії в транспортуючих трубопроводах сировини на адгезію, що встановлює залежність від форми, градієнта швидкості і кута шорсткості, прикладання механічних сил, ступеня попередньої дисперсності її фізико-механічних властивостей середовища.

Встановлено характер контактної взаємодії захисних адсорбційних і бактеріальних плівок із шорсткою поверхнею у транспортуючому трубопроводі та шляхи деградації плівок корозії металів. Порушення цих взаємних стійкостей призводить до ефективної санітарної обробки, що, відповідно, забезпечує випуск якісної продукції та подовжує термін її зберігання. Обґрунтовано площу контакту адгезиву та складові формуючі роботу на подолання адгезії і деформації середовища при визначенні критеріїв, які впливають на процес, відповідно до кожного певного періоду стадії деформації. Одержані дані дають відповідь на ряд запитань про можливість взаємодії поверхні із середовищем, що встановлюють реальну зміну контакту адгезиву у трубопроводі. Встановлено, що для забезпечення змінної площі фактичного контакту, що сприяє кращій деградації біоплівки, і відповідно, проходженню якісного процесу санітарної обробки поверхонь, необхідною умовою являється додержання швидкості руху миючих засобів до відповідних технологічних параметрів.

**Ключові слова:** плівка, адгезія, площа контакту, градієнта швидкості.

**Вступ.** Ключове завдання виробництв, оснований на процесах бродіння, спрямоване на забезпечення достатньої кількості якісної та безпечної продукції. До цієї групи відносяться виробництво пива, спирту, вина, кисломолочних продуктів, випічка хліба. Особливістю цих виробництв є використання у технології мікроорганізмів, що викликають зброджування вуглеводів та утворення на їх поверхні плівок, які сприяють накопиченню мікроорганізмів та корозії металу Основний чинник, який знижує терміни зберігання і безпечність продуктів, – це мікроорганізми [5; 8].

Підготовка поверхні транспортуючих мереж є ключовим етапом, який визначає довговічність і якість кінцевого покриття для усунення плівок мікроорганізмів та корозії. Цей процес включає ретельне очищення, видалення забруднень і застосування відповідної хімічної обробки, яка покращує поверхню. Завдяки правильній підготовці поверхні покриття набуває більшої стійкості до корозії та механічних пошкоджень. Нехтування цим етапом може призвести до проблем: скорочення терміну служби покриття і необхідність дорогого ремонту.

Недостатня санітарна обробка обладнання є однією з основних причин утворення небажаних бактерій на поверхнях, що призводить до швидкого псування продукції в бродильному виробництві. Дослідження бактерій у бродильному виробництві є важливим напрямком, оскільки різні види мікроорганізмів можуть суттєво впливати на якість продукції. Вважається, що адгезія мікроорганізмів та корозія металу до поверхні – це складний фізико-хімічний процес, який залежить від стану поверхні, таких як топографія, шорсткість, гідрофобність, хімічний склад та поверхнева енергія.

Основні мікроорганізми та корозія, які можуть викликати швидке псування продукції в бродильному виробництві, включають: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Acetobacter*, *Enterobacteriaceae*, *Clostridium*. Ці мікроорганізми та корозія, залежно від виду виробництва, можуть викликати небажане кисломолочне бродіння, утворення слизу, погіршення органолептичних властивостей (гіркий смак, неприємний запах), утворення газу. Особливо *Clostridium* може викликати анаеробне псування, особливо в умовах низького кисню, виробляючи токсини, що призводять до псування продукції

Отже, мікрофлора формується під час отримання сировини, його первинної обробки, охолодження та транспортування. Відповідно, на переробних підприємствах мікроорганізми з сировини формують мікрофлору технологічного обладнання та сприяють утворенню корозії, незважаючи на застосування ретельної санітарної обробки сучасними дезінфікуючими засобами. Дослідженнями встановлено [1; 8], що навіть за стандартної санітарної обробки сучасними мийними, дезінфікуючими та інгібіторними засобами, обладнання не є стерильним. Це дає підставу вважати, що після проведення дезінфекції на поверхнях обладнання залишаються бактерії, які мають здатність утворювати плівки високої і середньої щільності.

У харчовій промисловості для обладнання найчастіше використовують нержавіючу сталь. Дані марки сталі можуть мати різну шорсткість поверхні. Тому нині науковці [3; 6; 9] вивчають вплив на процес деградації плівки у харчовій промисловості, крім їх біологічних властивостей, ще й технічні властивості матеріалу, до якого відбувається адгезія (шорсткість, поверхнева вільна енергія, змочуваність та ін.). Таким чином, більш глибоке розкриття механізмів і закономірностей деградації мікробних плівок на абіогенних поверхнях в харчовій промисловості дозволить розробити превентивні заходи боротьби з ними.

У випадку контакту структурно-пластичного тіла, яким є плівка, адгезію доцільно розглядати як процес, що відбувається у часі при контакті двох тіл та полягає у поступовому виникненні зв'язку між ними. Порушення адгезійного зв'язку теж слід розглядати як процес, що відбувається в часі при санітарній обробці. З проведеного аналізу виникнення і порушення адгезії як процесу, що протікає у часі, факторами, які впливають на процес, можна вважати температуру, зовнішнє зусилля та тривалість контакту. На порушення адгезійного зв'язку [5; 9], тобто деградації плівки, крім дійсного значення зусилля відриву, також включається зусилля, що витрачається на подолання побічних процесів.

Так при ліквідації адгезійних зв'язків шляхом відривання їх від досліджуваної поверхні миючими засобами, певні зусилля йдуть на подолання гідродинамічних опорів та внутрішніх напруг. При відриві проходить її деформація на фактичній площі контакту. Відповідно впливає багато факторів: нормальний тиск, природа миючих засобів, швидкість потоку, а також зовнішні чинники – температура, напруженість, тривалість попереднього навантаження, швидкість зростання зусилля відриву [1; 2; 4; 5]. Ці фактори здійснюють різний вплив на зміну фактичної площі контакту.

Різновиди оброблювальних захисних засобів та їх рух під час санітарної обробки є рушійною силою, яка створюється внаслідок різниці тисків. Створений напірний рух засобу у трубопроводі контактує з параметрами поверхонь, коефіцієнтами гідравлічного тертя та місцевими гідравлічними опорами. Тому імітаційні моделі можуть бути використані для детального аналізу процесів деградації плівок з урахуванням різних факторів (гідродинаміка, хімічні та біологічні процеси). На основі моделювання можна розробляти та оптимізувати методи очищення і санітарної обробки трубопроводів, що забезпечить ефективну боротьбу з плівками та підвищить якість виробництва.

Отже, **мета** роботи полягає у визначенні та оцінці впливу різних факторів на процес деградації плівки в умовах транспортної мережі.

Розгляд моделі деградації плівки у трубопроводах є важливим аспектом у забезпеченні належної санітарної обробки та якості продукції в бродильному виробництві. Така модель дозволяє краще розуміти процеси утворення, розвитку та деградації плівок, що може допомогти у розробці ефективних методів боротьби з ними.

Розрізняють два види втрат напору: по довжині трубопроводу  $h$  і на місцеві опори,  $h_m$ . Місцеві й гідравлічні опори зумовлюються явищами додаткового тертя на порівняно коротких ділянках трубопроводів унаслідок деформації потоку за зміни форми живого перерізу, напрямку і режиму руху. Аналіз втрат напору за рівнянням Бернуллі показує, що втрати опорів будь-якого типу пропорційні динамічному напору і виражаються формулою Весбаха в одиницях напору, м [6; 8].

$$h_m = \zeta \frac{\omega^2}{2g} \text{ або в одиницях тиску, } \Delta p = \xi \frac{\rho \omega^2}{2},$$

де  $\zeta$  – коефіцієнт місцевого опору;

$\rho$  – густина рідини,

$\omega$  – швидкість потоку, яка визначається відношенням об'ємної витрати рідини  $Q$ , м<sup>3</sup>/с до площі живого

перерізу  $S$ , м<sup>2</sup>:  $\omega = \frac{Q}{S}$ .

Враховуючи те, що проходить турбулентний рух, то для визначення втрат використовується формула Дарсі-Вейсбаха:

$$h_i = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g} \text{ і величина втрат тиску } \Delta p_i = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2 \rho}{2},$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт гідравлічного тертя,

$$\lambda = 64 / R_e ;$$

$l$  – ділянка трубопроводу, м;

$d$  – гідравлічного тертя розраховується формулою:

$$\lambda = 0.11 \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{R_e} \right)$$

де  $\Delta$  – висота шорсткостей поверхні трубопроводу.

Дослідити динаміку руху рідини в трубопроводі із складною конфігурацією внутрішньої поверхні, визначити значення коефіцієнтів їх гідравлічних місцевих опорів дають змогу сучасні програмні комплекси математичного моделювання тривимірних потоків рідин та газів ANSYS CFX, FlowVision, Flow3D. Математичною моделлю руху рідини, яка застосовується в Flow Vision, є сукупність рівнянь конвективно-дифузного переносу. У загальній диференціальній формі ці рівняння мають такий вигляд:

$$\partial t / \partial f + V \cdot (\nabla f) = D \cdot \nabla^2 f + Q$$

де  $f$  – змінна, яка залежить від просторових координат  $x$  і часу  $t$ ;

$\partial f / \partial t$  – часткова похідна змінної  $f$  за часом  $t$ ;

$V(x, t)$  – векторне поле швидкості руху середовища;

$D(x, t)$  – тензорний коефіцієнт дифузії;

$\nabla$  – оператор градієнту, що включає часткові похідні за просторовими координатами  $x$ ;

$\nabla^2$  – лапласіан, який представляє собою суму других часткових похідних змінної  $f$  за всіма просторовими

координатами;

$Q(x, t)$  – вхідний чи джерелевий член, який може включати в себе зовнішні впливи або джерела змінної  $f$ .

Для чисельного розв'язання рівнянь конвективно-дифузійного переносу застосовується метод скінчених об'ємів у вигляді:

1. Дискретизація простору. Розрахункова область поділяється на комірки (клітини) розрахункової сітки.

Кожна комірка має свій об'єм  $V_i$ .

2. Дискретизація часу. Час також дискретизується на кроки  $\tau$ , де  $\tau$  – крок часу.

3. Рівняння переносу. У вигляді скінчених об'ємів загальне рівняння переносу для змінної  $f$  можна записати як:

$$\frac{f^{n+1} - f^n}{\tau} + \frac{1}{V_i} \sum_{j \in N(i)} F_{ij} = \frac{1}{V_i} \sum_{j \in N(i)} D_{ij} (f_j^n - f_i^n) + Q_i$$

де  $f_i^n$  і  $f_i^{n+1}$  – значення змінної  $f$  в комірці  $i$  на часах  $t_n$  і  $t_{n+1}$  відповідно;

$\tau$  – крок часу;

$V_i$  – об'єм комірки  $i$ ;

$N_{(i)}$  – множина сусідніх комірок до комірки  $i$ ;

$F_{ij}$  – потік  $f$  через границю між комірками  $i$  і  $j$ ;

$D_{ij}$  – коефіцієнт дифузії між комірками  $i$  і  $j$ ;

$Q_i$  – вхідний чи джерелевий член для комірки  $i$ .

4. Інтегрування по часу. Рівняння інтегрується по часу з використанням явних або неявних методів в залежності від стійкості схеми і обсягу обчислень.

Розв'язок рівняння інтегрується по об'єму кожної  $i$ -ої комірки розрахункової сітки та по часу (крок часу)  $\tau$ :

$$V_i (f_{n+1}^i - f_n^i) + \sum_j F_i^j s_i^j + \sum_j G_i^j g_i^j + Q_i = 0$$

де  $Q_i$  – об'ємний вхідний параметр змінної  $f$ ;  $f_n^i$  – середнє значення змінної по об'єму комірки в момент часу  $t_n$ ;

$V_i$  – об'єм комірки;

$S_i$  – площа комірки;

$t_n, t_{n+1}$  – моменти початку і кінця кроку по часу  $t_{n+1} = t_n + \tau$ .

$$V_i f_i^n = \int_{V_i} f dV | t^n$$

Середні густини потоків розрахункових змінних  $j$  через вільні грані  $S_{ji}$  та тверді грані  $g_{ij}$  за крок часу  $\tau$  обчислюються наступним чином:

$$\begin{aligned} \overline{F_{ji}^\omega} &= \frac{1}{\tau} \int_{t^n}^{t^{n+1}} F_{ji}^\omega(t) dt \\ \overline{G_{ji}^\omega} &= \frac{1}{\tau} \int_{t^n}^{t^{n+1}} G_{ji}^\omega(t) dt \end{aligned}$$

де:  $F_{ji}^\omega$  – середня густина потоку змінної  $j$  через вільну грань  $S_{ji}$  за час  $\tau$ ;

$G_{ji}^\omega$  – середня густина потоку змінної  $j$  через тверду грань  $g_{ij}$  за час  $\tau$ ;

$F_{ji}^\omega(t)$  – густина потоку змінної  $j$  через відповідну грань  $S_{ji}$  та  $g_{ij}$  у момент часу  $t$ ;

$\tau$  – крок часу, за який обчислюються середні значення.

Першим кроком моделювання руху рідини в з'єднаннях є створення тривимірної геометричної моделі із прилеглими ділянками трубопроводу. Тривимірні моделі створювались у програмному комплексі MSCNastrun, після чого вони імпортувались у програмний комплекс FlowVision.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для дослідження динаміки руху рідини використано математичну модель турбулентного нестисливого потоку [3; 7; 10], яка базується на застосуванні для розв'язку рівняння Нав'є-Стокса, що дає змогу розрахувати розподіл швидкості та тиску вздовж трубопроводу.

Для моделювання динаміки руху нержавіючих трубопроводів було задано стандартну  $k$ - $\varepsilon$  ( $k$  – турбулентна енергія,  $\varepsilon$  – швидкість дисипації турбулентної енергії) модель турбулентності. Для стандартної  $k$ - $\varepsilon$  моделі турбулентності, турбулентна динамічна в'язкість дорівнює:  $\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}$

де  $C_\mu$  – коефіцієнт, який приймається рівним  $C_\mu = 0,09$

Рівняння переносу турбулентної дисипації

$$\varepsilon \frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t} + \nabla(\rho\varepsilon) = \nabla \left( \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} \mu_t G - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

де  $C_{1\varepsilon}$  – коефіцієнт, який рівний  $C_{1\varepsilon} = 1,3$ ;  $C_{2\varepsilon}$  – коефіцієнт, який рівний  $C_{2\varepsilon} = 1,44$ ;

$C_{2\varepsilon}$  – коефіцієнт, який рівний  $C_{2\varepsilon} = 1,92$ ;  $\mu$  – молекулярна динамічна в'язкість;  $C_\mu$  – коефіцієнт (дорівнює одиниці);  $G$  – параметр.

За описаною вище методикою проведено моделювання течії рідини на лабораторній установці ділянкою нержавіючого трубопроводу довжиною  $L = 2,5$  м, посередині якої встановлено з'єднання. Зовнішній діаметр труб приймаємо рівним  $D_m = 40$  мм, товщину стінки  $\delta_m = 3,5$  мм.

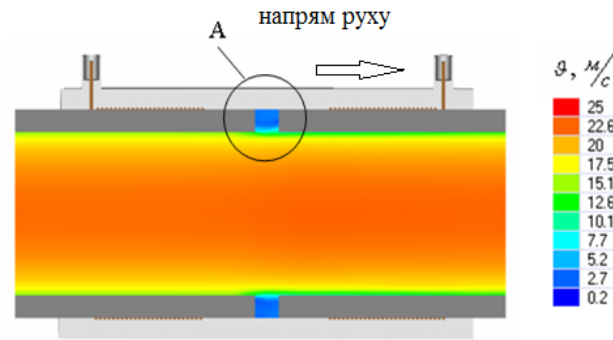


Рис. 1. Розподіл модуля швидкості потоку рідини у повздовжньому перерізі

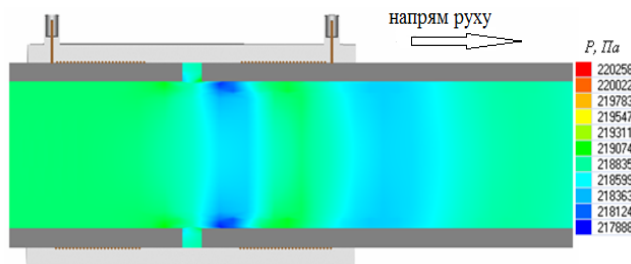


Рис. 2. Розподіл та зміна тиску у повздовжньому перерізі

Як видно з перерізу труби по модулю швидкості та векторів швидкості (рис. 1) рідинного потоку у місці з'єднань нержавіючих труб утворюється стійкий вихор, який призводить до незначного падіння тиску, що видно на рисунку по тиску та графіку зміни тиску вздовж трубопроводу (рис. 2).

Під час проходження потоку коліном, у місці різкого розширення біля зовнішньої стінки утворюється незначний вихор, а біля внутрішньої стінки відбувається значне зниження швидкості потоку із відривом потоку від стінки і утворенням значного вихору. Такий розподіл швидкостей є нехарактерним для колін і зумовлений наявністю різкого розширення та різкого звуження та є однією з причин значного падіння тиску на вихіді потоку коліна, що видно з перерізу коліна по тиску та графіку зміни тиску (рис. 3, 4).

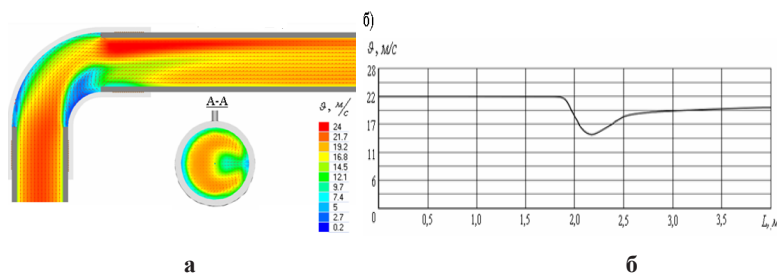


Рис. 3. Розподіл модуля швидкості: а) вектори швидкості; б) зміна швидкості

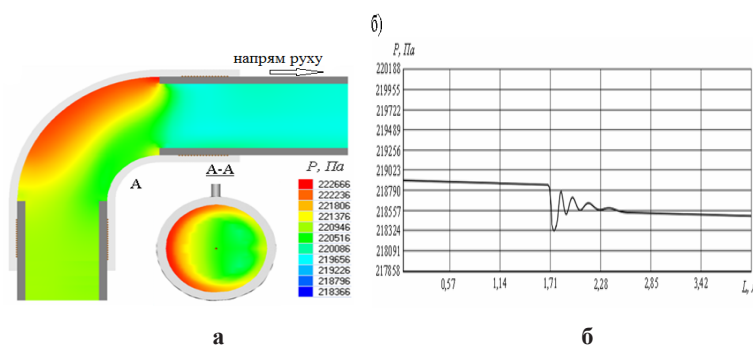


Рис. 4. Розподіл та зміна тиску рідини у повздовжньому перерізі: а) розподіл тиску на вході та виході в коліні; б) зміна тиску по довжині



Дослідження динаміки руху рідини місцевими опорами трубопроводів дозволили спостерігати вихроутворення, реверсний рух рідини, відрив потоку від стінки з'єднання, що, у свою чергу, приводить до значних втрат швидкості і тиску. Визначення впливу втрат швидкості та тиску потоку, дозволило встановити шляхи удосконалення технології проведення санітарної обробки обладнання. Удосконалення санітарної обробки полягає в тому, що у цих місцях найбільш можливі утворення плівок.

**Висновки.** Отже, проведення досліджень за допомогою програмного комплексу FlowVision у моделюванні тривимірних потоків рідин дозволяє відслідковувати динаміку руху рідини у місцевих опорах трубопроводів, а також зміни зовнішніх тисків та внутрішніх показників системи. Для уточнення ролі окремих факторів системи можливо встановити без використання складних математичних залежностей. Це дозволяє глибше зрозуміти процес та визначити вплив шорсткості місцевих опорів на деградацію мікробної адгезії, що сприятиме удосконаленню та модифікації поверхонь, а також створенню нових методик і технологій санітарної обробки, спрямованих на підвищення якості обладнання.

#### Список використаних джерел

1. Визначення розрахункових навантажень виробничих механізмів і машин та технологічні розрахунки виробництва борошнених виробів / П. Гаврилко та ін.; за ред. І.Я. Стадник. Ужгород. 2023. 464 с.
2. Оцінок І.М., Кравченко Х.Ю., Стадник І.Я. Визначення динаміки руху рідини у транспортуючих мережах молочної галузі. *Вісник Львівського торгово-економічного університету*. 2019. С. 29–33.
3. Andriy Derkach, Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubnyi, et al. Achievements and problems in studying the mechanism of thermal potential transfer regulation between liquids. *Machinery & Energetics*. 2024. Vol. 15 No. 1. P. 104–117.
4. Bloksma, A., Niemann W. The effects of temperature on some rheological properties of wheat flour doughs. *Journal of Texture studies*. 1975. vol. 6, No 3. P. 343–361. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1975.tb01130.x>.
5. Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubnyi, Svitlana Krsnozhon, Nataliia Antoshkova. Influence of reduction on adhesive properties. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. vol. 14. P. 76–87. <https://doi.org/10.5219/1195>.
6. Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubny, Mykhail Kravchenko, Larysa Rybchuk, Olena Kolomiets, Svitlana Danylo. Adhesion of marzipan pastes based on dry demineralized whey. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. vol. 14, P. 1149–1160. <https://doi.org/10.5219/>.
7. Moriarty T. F., Poulsson A. H., Rochford E.C., Richards T. J. Bacterial Adhesion and Biomaterial. *Ducheyne (Ed.). Comprehensive Biomaterials, Elsevier Ltd., Oxford*. 2011. P. 75–100.
8. Hoevar M., Jenko M., Godec M., Drobn D. An overview of the influence of stainless-steel surface properties on bacterial adhesion. *Materials and technology*. 2014. Vol. 48(5). P. 609–617.
9. Crawford R.J., Webb H.K., Truong V.K. Advances in Colloid and Interface Science. *Hasan*. 2012. Vol. 179. P. 142–149.
10. Whitehead K.A., Verran J.A., Murthy R. The Effect of Substratum Properties on the Survival of Attached Microorganisms on Inert Surfaces. *Marine and Industrial Biofouling, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg*. 2009. P. 13–33.

**Piddubnyi V. A.**

Corresponding member of the National Academy  
of Agrarian Sciences of Ukraine,  
State Scientific Institution Ukrainian Research Institute for Alcohol and Biotechnology of Food Products,  
Kyiv, Ukraine  
**E-mail:** Profpod@ukr.net  
**ORCID:** 0000-0002-1497-7133

**Stadnyk I. Ya.**

Doctor of Technical Sciences,  
Professor at the Department of Food Technology Equipment,  
Ternopil Ivan Puluj National Technical University  
Ternopil, Ukraine  
**E-mail:** igorstadnykk@gmail.com,  
**ORCID:** 0000-0003-4126-3256

**Pylypets O. M.**

Candidate of Technical Sciences,  
Senior Lecturer at the Department of Food Technology Equipment,  
Ternopil Ivan Puluj National Technical University  
Ternopil, Ukraine  
**E-mail:** Lyasota@tntu.edu.ua  
**ORCID:** 0000-0003-0957-8282

**Kravchenyuk H. Yu.**

Candidate of Biological Sciences,  
Assistant at the Department of Food Technology Equipment,  
Ternopil Ivan Puluj National Technical University  
Ternopil, Ukraine  
**E-mail:** kravchenukx30@gmail.com  
**ORCID:** 0009-0007-1974-5001

## SIMULATION OF THE DYNAMICS OF ENVIRONMENTAL MOVEMENT IN TRANSPORT NETWORKS OF INDUSTRIES

### Abstract

The physical essence of the influence of the hydraulic resistance and roughness vertexes in the adjoining layer with a large velocity gradient of detergents in the transport pipelines of raw materials on adhesion, which establishes dependence on the shape, velocity gradient and angle of roughness, application of mechanical forces, the degree of previous dispersion and physical and mechanical properties of the medium are considered.

The nature of the contact interaction of a bacterial biofilm with a rough surface in the transport pipeline and the ways of degradation of the biofilm are established. Violations of these mutual relations lead to efficient sanitary treatment, and in accordance with the release of quality products and the period of their sustainability. The contact area of the adhesive and the component forming work for overcoming the adhesion and deformation of the environment in determining the criteria influencing the process according to each particular period of the deformation stage are substantiated. The obtained data give an answer to a number of questions about the possibility of interaction between the surface and the environment, which establishes a real change in the adhesion contact in the pipeline. It was established that in order to provide a variable area of actual contact, which contributes to better degradation of biofilms, and, accordingly, the passage of a qualitative process of sanitary treatment of surfaces, the necessary condition is to maintain the velocity of movement of detergents to the corresponding technological parameters.

**Key words:** biofilm, adhesion, contact area, velocity gradient.

### References

1. Havrylko, V., Piddubnyi, I., Stadnyk, T., Gushtan, S., Kraevska, L., & Kaganets-Gavrylko L. (2023). Vyznachennya rosrakhnykovuch vurodnucuh mehanizmiv i maszun ta technologizcni rozrachynku vurodnuztva doroznynuch durobiv [Determination of design loads of production mechanisms and machines and technological calculations of production]. (Stadnyk. I. Ya., Ed.). Uzhhorod. 464 p. [in Ukrainian].
2. Oshchynok, I.M., Kravchenyuk, Y., & Stadnyk, I.Ya. (2019). Vyznachennya dunamiku ruchy ridunu b transportuyachuch merezhach molochnoy haluzhi [Determination of fluid movement dynamics in the transportation networks of the dairy industry]. *Visnyk Lvivckgo torovo-ekonomichnogo yuniversitetu – Bulletin of the Lviv University of Trade and Economics*. 29–35 [in Ukrainian].
3. Andriy Derkach, Igor Stadnyk, & Volodymyr Piddubnyi, et al. (2024). Achievements and problems in studying the mechanism of thermal potential transfer regulation between liquids. In: *Machinery & Energetics*. Vol. 15, No. 1, 104–117 [in English].

4. Bloksma, A., & Niemann, W. (1975). The effects of temperature on some rheological properties of wheat flour doughs. *Journal of Texture studies*, vol. 6, no. 3, p. 343–361. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1975.tb01130.x> [in English].
5. Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubnyi, Svitlana Krsnozhan, & Nataliia Antoshkova (2020). Influence of reduction on adhesive properties. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. vol. 14, p. 76–87. <https://doi.org/10.5219/1195> [in English].
6. Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubnyy, Mykhail Kravchenko, Larysa Rybchuk, Olena Kolomiets, & Svitlana Danylo (2020). Adhesion of marzipan pastes based on dry demineralized whey. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 14, p. 1149–1160. <https://doi.org/10.5219/> [in English].
7. Moriarty, T.F., Poulsson, A.H., Rochford, E.C., & Richards, T.J. (2011). Bacterial Adhesion and Biomaterial Surfaces, In: P. Ducheyne (Ed.), *Comprehensive Biomaterials*, Elsevier Ltd., Oxford. P. 75–100 [in English].
8. Hoevar, M., Jenko, M., Godec, M., & Drobne, D. (2014). An overview of the influence of stainless-steel surface properties on bacterial adhesion. *Materials and technology*, 48(5), 609–617 [in English].
9. Webb, H.K., Truong, V.K., Hasan, J., & Ivanova, E. (2012). Advances in Colloid and Interface. *Science*, 179, 142–149. <https://doi.org/10.5219/1195> [in English].
10. Whitehead, K.A., & Verran, J. (2009). The Effect of Substratum Properties on the Survival of Attached Microorganisms on Inert Surfaces, In: H. C. Flemming, P. S. Murthy, R. Venkatesan, K. Cooksey (Eds.). *Marine and Industrial Biofouling*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg. P. 13–33 [in English].

УДК 631.331.1.024.2/3

**Соловей В. І.**

здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії,  
кафедра землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Камянець-Подільський, Україна  
**E-mail:** victor023@ukr.net  
**ORCID:** 0000-0002-3099-4056

**Рудь А. В.**

доктор філософії в галузі технічних наук,  
завідувач кафедри агроінженерії і системотехніки  
імені Михайла Самокиша,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Камянець-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»  
Камянець-Подільський, Україна  
**E-mail:** g.sergiy.1969@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0002-0487-6152

**ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДОЗАТОРА  
ДЛЯ ВИСІВУ НАСІННЯ СОЇ****Анотація**

Висів насіння є одним із найважливіших етапів у процесі вирощування сільськогосподарських культур, включаючи сою, яка є ключовою культурою для виробництва олії, кормів та інших продуктів. Точність висіву відіграє критичну роль у забезпеченні оптимального росту і розвитку рослин. Неправильний або нерегулярний висів може призвести до низької врожайності, нерівномірного розвитку рослин та збільшення витрат на обробку поля. Важливість точного висіву: оптимальне розподіл насіння, запобігання конкурентному зростанню, підвищення ефективності використання ресурсів, покращення стійкості до хвороб і шкідників, зменшення витрат на роботу. Дослідження сприятиме розвитку нових технологій у сільському господарстві та підвищить ефективність використання насіння. Відповідно, метою теоретичних досліджень робочого процесу дозатора для висіву насіння сої є аналіз і моделювання механізмів дозування з метою підвищення точності і ефективності процесу висіву. Оцінка конструктивних особливостей і робочих параметрів дозатора дозволить виявити оптимальні рішення для покращення якості висіву та забезпечення стабільного і високого врожаю.

У статті представлені результати теоретичних досліджень робочого процесу дозатора для висіву насіння сої. Визначено основні проблеми, пов'язані з точністю дозування та рівномірністю висіву, а також проаналізовано вплив конструктивних і технологічних параметрів дозатора на ефективність процесу. В рамках дослідження розглянуто різні моделі та механізми дозування, а також їх вплив на якість висіву і кінцевий врожай. Теоретичне моделювання дозволило виявити оптимальні умови роботи дозатора, що забезпечують точність висіву та раціональне використання ресурсів. Визначені основні параметри дозатора, що висіває, необхідні для його виготовлення: розміри і форма комірок, швидкість обертання диска і крильчатки, а також різницю швидкостей їх обертання. Результати дослідження сприяють удосконаленню технологій висіву насіння сої та підвищенню ефективності агрономічних процесів.

Основні положення та результати теоретичного дослідження робочого процесу дозатора насіння принципово нової конструкції можуть використовуватися під час обґрунтування інтервалів та рівнів варіювання конструктивних, технологічних і режимних параметрів дозатора під час його дослідження за допомогою методів теорії планування експериментів.

**Ключові слова:** дозатор, висів, насіння сої, робочий процес, теоретичні дослідження, точність дозування, конструктивні особливості.

**Вступ.** Висів насіння є одним із найважливіших етапів у процесі вирощування сільськогосподарських культур, включаючи сою, яка є ключовою культурою для виробництва олії, кормів та інших продуктів. Точність висіву відіграє критичну роль у забезпеченні оптимального росту і розвитку рослин. Неправильний або нерегулярний

висів може призвести до низької врожайності, нерівномірного розвитку рослин та збільшення витрат на обробку поля [1–10].

Важливість точного висіву [11–14]:

- оптимальне розподіл насіння. Рівномірний висів забезпечує однакову густоту посівів, що дозволяє кожній рослині отримувати достатню кількість світла, води та поживних речовин. Це сприяє формуванню здорового і продуктивного врожаю;
- запобігання конкурентному зростанню. Точний висів допомагає уникнути ситуацій, коли рослини конкурують за ресурси, що може негативно вплинути на їхній ріст і розвиток. Це також допомагає зменшити витрати на додаткову обробку та догляд;
- підвищення ефективності використання ресурсів. Рівномірний висів сприяє раціональному використанню насіння, води, добрив та інших агрономічних ресурсів. Це допомагає знизити витрати і підвищити економічну ефективність вирощування;
- покращення стійкості до хвороб і шкідників. Рівномірний висів дозволяє створити однорідне середовище для рослин, що зменшує ризик розвитку епідемії хвороб і шкідників;
- зменшення витрат на роботу. Автоматизовані та точні системи висіву можуть зменшити потребу в ручній праці та забезпечити високий рівень точності, що є важливим аспектом для великих агрокомпаній.

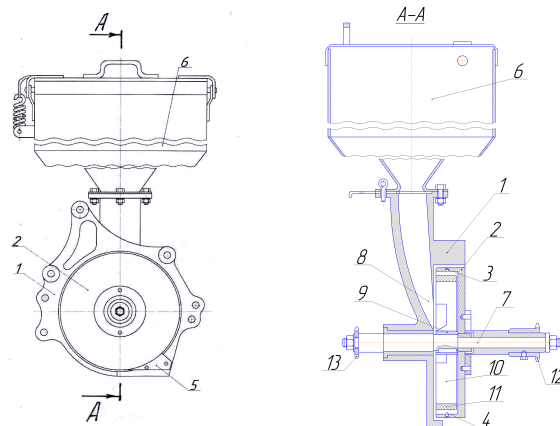
Таким чином, точний висів є невід’ємною частиною успішного сільськогосподарського виробництва, і розробка ефективних дозаторів для висіву насіння сої має важливе значення для підвищення продуктивності та економічності аграрного сектору. Дослідження сприятиме розвитку нових технологій у сільському господарстві та підвищить ефективність використання насіння.

**Мета.** Метою теоретичних досліджень робочого процесу дозатора для висіву насіння сої є аналіз і моделювання механізмів дозування з метою підвищення точності і ефективності процесу висіву. Оцінка конструктивних особливостей і робочих параметрів дозатора дозволить виявити оптимальні рішення для покращення якості висіву та забезпечення стабільного і високого врожаю.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У конструкціях вітчизняних та зарубіжних однозернових висівних апаратів процес западання насіння в комірки здійснюється під дією сили тяжіння, що зумовлює порівняно низьку продуктивність апаратів. Підвищення швидкості руху комірок під шаром насіння обмежується погіршенням заповнюваності комірок у зв’язку із зменшення часу контакту між насінням та коміркою [15; 16; 17; 18].

В дозаторах для висіву насіння просапних культур і зокрема сої, у яких горизонтальна вісь обертання диска, із збільшенням частоти обертання диска різко збільшується відцентрова сила, яка протидіє руху насіння в комірку. Тому в цих дозаторах комірки висівного диска заповнюються насінням лише на швидкостях обертання диска, що не перевищують 0,2–0,3 м/с [16].

У таких дозаторах висівний диск є і вибираючим і висівним органом, що перешкоджає підвищенню якості розподілу насіння в борозні, оскільки швидкість  $V_{\text{н}}$  виходу насіння з комірок має бути близькою до швидкості  $V_{\text{а}}$  посівного агрегату, тобто насіння до точки вивантаження на дно борозни має підводитися зі швидкістю, що рівна по модулю і протилежна за напрямком швидкості руху насіння. В результаті насіння подається в борозну з нульовою швидкістю відносно поверхні ґрунту. При цьому покращується стабільність траєкторії польоту насіння в борозну. Ці умови висіву забезпечуються в дозаторах насіння вертикально-дискового типу шляхом застосування внутрішнього заповнення комірок, коли насіння подається у внутрішню порожнину диска. Саме така принципова нова конструкція дозатора насіння сої захищена патентом № 156591 [7] (рис. 1).



**Рис. 1.** Дозатор насіння сої з внутрішнім заповненням комірок висівного диска насінням: 1 – корпус; 2 – висівний диск; 3 – комірка; 4 – кільцева проточка; 5 – клиновий виштовхувач; 6 – насінневий бункер; 7 – вісь; 8 – вхідний отвір; 9 – крильчатка; 10 – лопаті; 11 – еластичні накладки; 12, 13 – приводні зірочки

У дозаторах такої конструкції заповнення комірок диска насінням здійснюється під дією відцентрової сили  $F_b$  і сили тяжкості  $G$ . Насіння в порожнині диска, що висіває, рухаються до внутрішньої комірчастої поверхні диска по лопатях крильчатки. При цьому колова швидкість забезпечується незалежним приводом диска і крильчатки.

Технологічний процес роботи дозатора відцентрової дії проходить у такій послідовності. Насіння з бункера під дією сили тяжіння надходить в порожнину висівного диска через круглий отвір  $M$  (рис. 2) в корпусі дозатора.

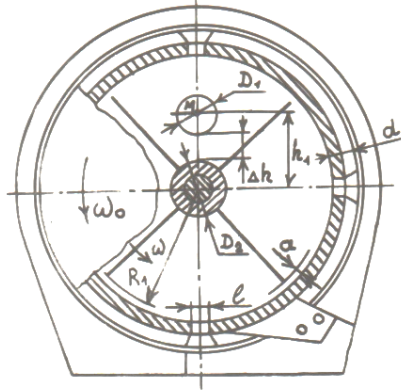


Рис. 2. Технологічна схема роботи дозатора насіння сої

Діаметр  $D_1$  отвору насінневого каналу прийнятий рівним 35 мм з умови, що обґрунтована Семеновим Л. І., з якої випливає, що проходження насіння відбувається без особливих затримок, якщо

$$\frac{r_1}{4\sqrt{BC}} \geq 1, \quad (1)$$

або

$$\frac{r_1}{4\sqrt{2D}} \geq 1, \quad (2)$$

де  $r_1$  – половина радіуса отвору, мм;

$BC$  – відповідно ширина і товщина насінини (рис. 3);

$D$  – діаметр насінини (рис. 3).

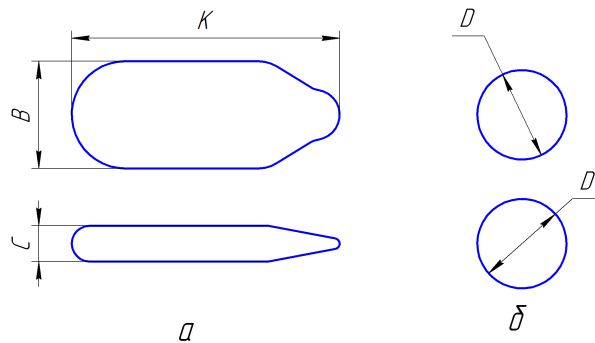


Рис. 3. Параметри насіння:

а) насіння кукурудзи; б) насіння сої;  $B$  – довжина;  $C$  – ширина;  $K$  – товщина;  $D$  – діаметр

За таких умов переріз отвору повинен знаходитись у межах 624–1134 мм<sup>2</sup>. В дозаторі площа поперечного перерізу насінневого каналу дорівнює 961,6 мм<sup>2</sup>, що забезпечує вільне проходження насіння. Крім того, насіння має властивість переміщатися поздовжньою віссю у напрямку руху і має при цьому можливість займати більш вигідне положення для проходження через вузький отвір.

Зовнішній діаметр  $D_2$  втулки крильчатки 35 мм; висота  $h_1$  розташована центру вхідного отвору насінневого каналу прийнята такою, що величина  $\Delta h = 0$ . Колова швидкість  $V$  крильчатки менша за колову швидкість  $V_0$  висівного диска на  $\Delta V = V_0 - V = 0,2$  м/с, що забезпечує ковзання насіння по внутрішній комірковій поверхні диска. Зовнішній радіус  $R_1$  крильчатки прийнятий рівним 85 мм (без урахування контактного зазору  $a = 1$  між кінцями лопаті та внутрішньою поверхнею диска). Товщина  $d$  висівного диска прийнята рівною 6 мм; довжина  $l$  комірки – 10 мм [7].

У таблиці 1 представлені параметри швидкісного режиму роботи дозатора насіння принципово нової конструкції.

**Таблиця 1. Швидкісний режим роботи дозатора насіння принципово нової конструкції**

Параметри	Числове значення				
$n_0, \text{хв}^{-1}$	176	224	280	328	379
$\omega_0, \text{рад/с}$	18,42	23,44	29,30	34,33	39,67
$V_0, \text{м/с}$	1,75	2,22	2,78	3,26	3,76
$n, \text{хв}^{-1}$	156	203	259	308	358
$\omega, \text{рад/с}$	16,33	21,25	27,12	32,24	37,47
$V, \text{м/с}$	1,55	2,02	2,58	3,06	3,56

У таблиці 1 позначено:

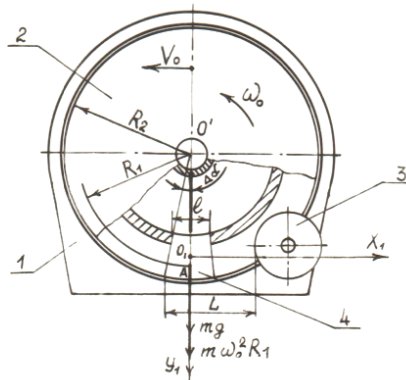
$n_0, \omega_0, V_0$  – відповідно частота, кутова швидкість та колова швидкість обертання висівного диска;  
 $n, \omega, V$  – те ж саме для крильчатки.

Після виходу з насінневого каналу насіння потрапляє під вплив лопатей крильчатки, яка обертається і виконує дві функції: надає насінню відцентрову силу і відносну швидкість  $\Delta V$  ковзання по комірковій поверхні диска, величину якої можна регулювати. Обидва ці фактори створюють сприятливі умови для надійного западання насіння в комірки висівного диска.

Теоретичні дослідження роботи дозатора насіння та їх аналіз вимагають розгляду руху насіння по лопаті крильчатки, що дасть можливість визначити основні параметри його роботи.

Насіння після западання в комірку висівного диска транспортується останнім до висівного вікна, притискається при цьому відцентровою силою  $F_{\text{в}}$  до внутрішньої поверхні корпусу дозатора.

Після виходу з комірки диска, що висіває, насіння проходить у висівне вікно (рис. 4) корпусу дозатора.



**Рис. 4. Схеми сил, що діють на насіння під час руху та виходу його з комірки висівного диска:  
1 – корпус; 2 – висівний диск; 3 – відбивний ролик; 4 – комірка**

Для визначення довжини  $L$  висівного вікна складаємо диференціальне рівняння руху насіння в комірці, спроектувавши діючі сили на вісь  $y_1$  (див. рис. 4).

$$m\ddot{y}_1 = m(g + \omega_0^2 R_1). \quad (3)$$

Скоротивши ліву і праву частину рівняння (3) на  $m$ , отримано

$$\ddot{y}_1 = g + \omega_0^2 R_1. \quad (4)$$

Інтегруємо рівняння (4) двічі по  $t$

$$\dot{y}_1 = k_1 t_1 + C_3, \quad (5)$$

$$y_1 = 0,5k_1 t_1^2 + C_3 t_1 + C_4. \quad (6)$$

де  $k_1 = g + \omega_0^2 R_1$ .

Постійні  $C_3$  та  $C_4$  визначаємо за початковими умовами: при  $t_1 = 0, y_1 = 0$  та  $\dot{y}_1 = 0$ . З урахуванням початкових умов величини  $C_3$  та  $C_4$  дорівнюватимуть  $C_3 = 0, C_4 = 0$ . Тоді (5) і (6) запишуться:

$$\dot{y}_1 = k_1 t_1, \quad (7)$$

$$y_1 = 0,5k_1 t_1^2. \quad (8)$$

Зважаючи на величину  $O_1 A$ , нехтуємо змінюю відцентровою силою, обчислюючи її за виразом

$$F_{\text{ц}} = m\omega_0^2 R_1, \quad (9)$$

де  $R_1 = O' O_1 + 0,5 O_1 A = 102,18 + 0,5 \times 2,82 = 103,59$  мм (точка  $O_1$  – початок координат – розташована посередині глибини комірки).

Насіння вийде з комірки, за умови, що опуститься вниз на половину її глибини, тобто

$$y_1 = O_1A = 0,5C, \quad (10)$$

де  $C$  – розмір насіння (товщина насіння).  $C = 4,65$  мм.

Визначаємо швидкість  $\dot{y}_1$  та час  $t$  виходу насіння з комірки (7) і (8). Горизонтальна швидкість по модулю дорівнюватиме

$$\dot{x}_1 = \omega_0 R_2, \quad (11)$$

де  $R_2 = O'A$  – радіус висівного диска.

Швидкість  $\dot{x}_1$  перпендикулярна до  $O'A$ ; кут  $\Delta l = \omega_0 t_1$

Допускаємо, що  $y_1 = C$ , тоді отримуємо

$$t_1 = \sqrt{\frac{C}{0,5k_1}}. \quad (12)$$

Отже, скориставшись формулою (12) визначаємо час виходу насіння з комірки.

#### Висновки:

1. З теоретичних досліджень підвищення заповнюваності комірок висівного диска та рівномірності розподілу насіння вздовж рядка випливає, що в існуючих конструкціях однозернових висівних апаратів процес западання насіння в комірки диска здійснюється, в основному, під дією сили тяжіння, що зумовлює порівняно низьку їх продуктивність.

2. Висів насіння просапних культур (кукурудзи, сої та ін.) на високих робочих швидкостях з рівномірним розподілом насіння можливий шляхом застосування внутрішнього заповнення комірок, при якому насіння подається у внутрішню порожнину вертикального диска, а тому насіння западає в комірки не тільки під дією сили тяжіння, але й відцентрової сили  $F_b$ .

3. Лопатева крильчатка забезпечує ковзання насіння по внутрішній поверхні висівного диска з певною швидкістю, що забезпечує найкраще западання їх в комірки і створює відцентрову силу, яка сприяє швидкому руху насіння в комірку.

На підставі цих закономірностей розроблено конструкцію швидкісного відцентрового однозернового дозатора, принципова новизна якою підтверджена патентом № 156591.

4. У результаті теоретичного дослідження визначені основні параметри дозатора насіння, що висіває, необхідні для його виготовлення: розмір і форма комірок, швидкість обертання диска і крильчатки, а також різницю швидкостей їх обертання.

Основні положення та результати теоретичного дослідження робочого процесу дозатора насіння принципово нової конструкції можуть використовуватися під час обґрунтування інтервалів та рівнів варіювання конструктивних, технологічних і режимних параметрів дозатора при його дослідженні за допомогою методів теорії планування експериментів.

#### Список використаних джерел

- Амосов В. В. Обґрунтування параметрів універсального висівного апарата для просапних культур : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. КНТУ. Кіровоград, 2007. 131 с.
- Бабич А. О., Бахмат М. І., Бахмат О. М. Соя : агроекологічні основи вирощування, переробки і використання : навч. посіб. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. 268 с.
- Бахмат О. М. Агробіологічні основи формування врожаю насіння сої в умовах західного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб.* Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 122–128.
- Вплив способів посіву і норм висіву на врожайні властивості насіння сої / А. П. Маркевич та ін. : Матеріали III Всеукр. конференції «Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі». Вінниця, 2000. С. 39–40.
- Гевко Б. М. Математична модель руху зерна по рухомих поверхнях висівних апаратів. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2012. № 11. С. 113–118.
- Грушецький С. М., Омелянов О. М. Аналіз та перспективи технологічних і конструктивних особливостей посівних машин. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. Вінниця, 2022. № 2 (117)/2022. С. 25–33. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2022-2-3>.
- Дозатор насіння сої : пат. 156591 Україна : МПК (2024.01) A01C7/04. № u202300998; заявл. 13.03.2023; опубл. 17.07.2024, Бюл. № 29/2024. 5 с. URL: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1808972/>.
- Каленська С. М., Новицька Н. В., Андрієць Д. В. Продуктивність як інтегральний показник застосування технологічних прийомів вирощування сої на чорноземах типових. *Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб.* Вінниця, 2011. Вип. 69. С. 74–78.
- Котов Б. І., Степаненко С. П., Калініченко Р. А., Рудь А. В., Грушецький С. М. Визначення характеристик руху зерна за наявності сил сухого тертя й опору середовища. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ»*. Глеваха, 2022. Вип. № 15 (114). С. 81–87. <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-9>.
- Математичне моделювання руху зернового матеріалу на поверхні віброживильника за умови введення його в аспіраційний канал сепаратора / Степаненко С. П., Котов Б. І., Рудь А. В., Грушецький С. М. *Журнал «Вібрації в техніці та технологіях»* № 2 (101) Вінниця, 2021. С. 143–155. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2021-2>.
- Мигаль І. Б. Формування продуктивності сої залежно від біологічних особливостей сорту, норм висіву насіння та рівня мінерального живлення в умовах Лісостепу західного : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Вінниця, 2011. 20 с.



12. Панасюк Р. Вплив способів сівби на урожайність і якість зерна сої в умовах достатнього зволоження. *Вісник Львівського НАУ*: [Агрономія]. 2009. № 13. С. 348–352.

13. Пересенчук Г. В. Урожайність насіння сої залежно від елементів технології вирощування у північному Лісо-степу. *Розвиток систем сталого землеробства*: матеріали наук.-практ. конф. молодих учених і спеціалістів, (Чабани, 6–8 груд. 2010 р.) / ННЦ «Інститут землеробства НААН». Київ: ВД «ЕКМО», 2010. С. 53–54.

14. Рудь А. В. Огляд новітніх посівних агрегатів та їх вплив на збільшення врожаю. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет*. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 130. С. 207–213. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.30>.

15. Рудь А. В. Швидкісний висівний апарат. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика*. При-свячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25–27 жовтня 2023 р.) / НУБІП України, 2023. С. 312–313.

16. Свірень М. О., Анісімов О. В., Солових Є. К. Дослідження параметрів та режимів роботи пневмомеханічного висівного апарату надлишкового тиску з рециркулюючим потоком насіння. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр.* Кіровоград: КНТУ. 2015. Вип. 28. С. 223–229.

17. Січкач В. І. Шляхи підвищення врожаю сої в зоні Степу. *Генетика і селекція в Україні на межі століть*. Т. 3. Київ: Логос, 2001. С. 121–125.

18. Черенков А. В., Ільєнко О. В. Вплив способів сівби та норм висіву насіння на продуктивність рослин сортів сої різних груп стиглості. *Бюлетень Інституту зернового господарства НААН України*. Дніпропетровськ, 2010. № 39. С. 50–53.

#### **Solovei V. I.**

*Postgraduate Student at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection,  
Higher educational institution "Podillia State University"*

*Kamyanets-Podilskyi, Ukraine*

**E-mail:** victor023@ukr.net

**ORCID:** 0000-0002-3099-4056

#### **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

## **THEORETICAL STUDIES OF THE WORKING PROCESS OF THE DISPENSER FOR SOWING SOYBEAN SEEDS**

### **Abstract**

Sowing seeds is one of the most important steps in the process of growing agricultural crops, including soybeans, which are a key crop for the production of oil, feed and other products. Seeding accuracy plays a critical role in ensuring optimal plant growth and development. Improper or irregular sowing can lead to low yields, uneven plant development and increased costs for field cultivation. The importance of precision seeding: optimal seed distribution, prevention of competitive growth, increased resource efficiency, improved disease and pest resistance, reduced labor costs. The research will contribute to the development of new technologies in agriculture and increase the efficiency of the use of seeds. Accordingly, the goal of theoretical studies of the working process of the dispenser for sowing soybean seeds is the analysis and modeling of dosing mechanisms in order to increase the accuracy and efficiency of the sowing process. Evaluation of the design features and operating parameters of the dispenser will allow us to identify optimal solutions for improving the quality of sowing and ensuring a stable and high yield.

The article presents the results of theoretical studies of the working process of the dispenser for sowing soybean seeds. The main problems related to dosing accuracy and seeding uniformity were identified, and the influence of the design and technological parameters of the dispenser on the efficiency of the process was analyzed. Within the framework of the study, various models and dosing mechanisms were considered, as well as their influence on the quality of sowing and the final harvest. Theoretical modeling made it possible to identify the optimal operating conditions of the dispenser, which ensure accuracy of sowing and rational use of resources.

The main parameters of the seeding dispenser, necessary for its manufacture, are determined: the size and shape of the cells, the speed of rotation of the disk and the impeller, the length of the sowing window and the dimensions of the coulter. The results of the research contribute to the improvement of technologies for sowing soybean seeds and increase the efficiency of agronomic processes.

The main provisions and results of the theoretical study of the working process of the seed dispenser of a fundamentally new design can be used when justifying the intervals and levels of variation of the design, technological and mode parameters of the dispenser during its study using the methods of the theory of planning experiments.

**Key words:** dispenser, sowing, soybean seeds, work process, theoretical studies, dosing accuracy, design features.

### References

1. Amosov, V.V. (2007). Obruntuvannya parametriv universalnogo vysivnogo aparata dlia prosapnykh kultur [Substantiation of parameters of the universal sowing device for row crops]. *Candidate's thesis*. KNTU. Kirovohrad [in Ukrainian].
2. Babych, A.O., Bakhmat, M.I., & Bakhmat, O.M. (2013). Soia : ahroekolohichni osnovy vyroshchuvannya, pererobky i vykorystannia [Soy: agro-ecological basics of growing, processing and use]. Kamianets-Podilskyi : PP «Medobory-2006» [in Ukrainian].
3. Bakhmat, O.M. (2011). Ahrobiolohichni osnovy formuvannya vrozhaiu nasinnia soi v umovakh zakhidnogo Lisostepu Ukrainy [Agrobiological bases of soybean seed yield formation in the conditions of the western forest-steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo: mizhvid. temat. nauk. zb.* Vinnytsia, 69, 122–128 [in Ukrainian].
4. Markevych, A.P. (2000). Vplyv sposobiv posivu i norm vysivu na vrozhaiini vlastyvoli nasinnia soi [Influence of sowing methods and sowing rates on yield properties of soybean seeds]. *Materialy III Vseukr. konferentsii «Vyrobnytstvo, pererobka i vykorystannia soi na kormovi ta kharchovi tsili»*. Vinnytsia, 39–40 [in Ukrainian].
5. Hevko, B.M. (2012). Matematychna model rukhu zerna po rukhomym poverkhniam vysivnykh aparativ [Mathematical model of grain movement on moving surfaces of sowing machines]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnogo ahrarnoho universytetu*, 11, 113–118 [in Ukrainian].
6. Hrushetskyi, S.M., & Omelianov, O.M. (2022). Analiz ta perspektyvy tekhnolohichnykh i konstruktyvnykh osoblyvostei posivnykh mashyn [Analysis and perspectives of technological and design features of sowing machines]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. Vinnytsia, 2, 25–33. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2022-2-3> [in Ukrainian].
7. Dozator nasinnia soi [Soybean seed dispenser] : pat. 156591 Ukraina : MPK (2024.01) A01C7/04. u202300998; zaiavl. 13.03.2023; opubl. 17.07.2024, Biul. 29/2024. 5. Retrieved from: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1808972/> [in Ukrainian].
8. Kalenska, S.M., Novytska, N.V., & Andriiets, D.V. (2011). Produktyvniyst yak intehralnyi pokaznyk zastosuвання tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannya soi na chornozemakh typovykh [Productivity as an integral indicator of the application of technological methods of soybean cultivation on typical chernozems]. *Kormy i kormovyrobnytstvo : mizhvid. temat. nauk. zb.* Vinnytsia, 69, 74–78 [in Ukrainian].
9. Kotov, B.I., Stepanenko, S.P., Kalinichenko, R.A., Rud, A.V., & Hrushetskyi, S.M. (2022). Vyznachennia kharakterystyk rukhu zerna za naiavnosti syl sukhoho tertia y oporu seredovyscha [Determination of grain movement characteristics in the presence of dry friction forces and medium resistance]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : zahalnodержavnyi zbirnyk / NNTs «IMESH»*. Hlevakha, 15 (114), 81–87. <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-9> [in Ukrainian].
10. Stepanenko, S.P., Kotov, B.I., Rud, A.V., & Hrushetskyi, S.M. (2021). Matematychni modeliuvannya rukhu zernovoho materialu na poverkhnii vibrozhyvnyka za umovy vvedennia yoho v aspiratsii nyi kanal separatora [Mathematical modeling of the movement of grain material on the surface of the vibratory feeder under the condition that it is introduced into the aspiration channel of the separator]. *Zhurnal «Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh»*. Vinnytsia, 2 (101), 143–155. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2021-2> [in Ukrainian].
11. Myhal, I.B. (2011). Formuvannya produktyvnosti soi zalezno vid biolohichnykh osoblyvostei sortu, norm vysivu nasinnia ta rivnia mineralnogo zhyvlennia v umovakh Lisostepu zakhidnogo [The formation of soybean productivity depending on the biological characteristics of the variety, seed sowing rates and the level of mineral nutrition in the conditions of the Western Forest Steppe]. Vinnytsia [in Ukrainian].
12. Panasiuk, R. (2009). Vplyv sposobiv sivby na urozhaiinist i yakist zerna soi v umovakh dostatnoho zvolozhennia [The influence of sowing methods on yield and quality of soybean grain under conditions of sufficient moisture]. *Visnyk Lvivskoho NAU : Ahronomiia*, 348–352 [in Ukrainian].
13. Peresenchuk, H.V. (2010). Urozhaiinist nasinnia soi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya u pivnichnomu Lisostepu [Soybean seed yield depending on the elements of cultivation technology in the northern Forest Steppe]. *Rozvytok system staloho zemlerobstva : materialy nauk.-prakt. konf. molodykh uchennykh i spetsialistiv, NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. Kyiv : VD «EKMO», 53–54 [in Ukrainian].
14. Rud, A.V. (2023). Ohliad novitnykh posivnykh ahrehativ ta yikh vplyv na zbilshennia vrozhaiu [An overview of the latest sowing units and their impact on increasing the yield]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky / Khersonskiy derzhavnyi ahrarno-ekonomichnyi universytet*. Odesa : Vydavnychiy dim «Helvetyka», 130, 207–213. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.30> [in Ukrainian].
15. Rud, A.V. (2023). Shvydkisnyi vysivnyi aparat [High-speed sowing device]. Tendentsii ta vykyky suchasnoi ahrarnoi nauky: teoriia i praktyka. Prysviachena 125-richchiiu kafedry roslynnytstva NUBIP Ukrainy materialy V mizhnarodnoi naukovopraktychnoi onlain konferentsii. Kyiv : NUBIP Ukrainy, 312–313 [in Ukrainian].
16. Sviren, M.O., Anisimov, O.V., & Solovykh, Ye.K. (2015). Doslidzhennia parametriv ta rezhymiv roboty pnevmomekhanichnogo vysivnogo aparatu nadlyshkovoho tysku z retsyrkuluiuyuchym potokom nasinnia Study of the parameters and modes of operation of the pneumomechanical seeding device of excess pressure with a recirculating flow of seeds]. *Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnogo tekhnichnogo universytetu. Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannya, avtomatyzatsiia: zb. nauk. pr.* Kirovohrad : KNTU, 28, 223–229 [in Ukrainian].
17. Sichkar, V.I. (2001). Shliakhy pidvyshchennia urozhaiu soi v zoni Stepu [Ways to increase soybean yield in the Steppe zone]. *Henetyka i selektsiia v Ukrainy na mezhi stolit. T.3*. Kyiv : Lohos, 121–125 [in Ukrainian].
18. Cherenkov, A.V., & Iliencko, O.V. (2010). Vplyv sposobiv sivby ta norm vysivu nasinnia na produktyvnist roslyn sortiv soi riznykh hrup styhlosti [The influence of sowing methods and seed sowing rates on plant productivity of soybean varieties of different maturity groups]. *Biuletyn Instytutu zernovoho hospodarstva NAAN Ukrainy*. Dnipropetrovsk, 39, 50–53 [in Ukrainian].



## ВЕТЕРИНАРНІ НАУКИ

УДК 636.087.7-048.24

**Кучерук М. Д.**

доктор ветеринарних наук, доцент,  
професор кафедри гігієни тварин та ветеринарного забезпечення кінологічної служби  
Національної поліції України,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Кам'янець-Подільський, Україна  
**E-mail:** kucheruk.md@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0002-8048-533X

**Токарчук Т. С.**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
асистент кафедри гігієни тварин та ветеринарного забезпечення кінологічної служби  
Національної поліції України,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Кам'янець-Подільський, Україна  
**E-mail:** ttoarchuk@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0001-6030-0572

**Трач В. В.**

кандидат ветеринарних наук,  
асистент кафедри гігієни тварин та ветеринарного забезпечення кінологічної служби  
Національної поліції України,  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»  
Кам'янець-Подільський, Україна  
**E-mail:** slavko2205@gmail.com  
**ORCID:** 0000-0002-1040-3327

### ДОКЛІНІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРЕПАРАТУ ПОСТБІОТИКУ

#### Анотація

У статті наведено проведені лабораторні та доклінічні дослідження розробленого нами мікробіологічного препарату. Визначено його антибактеріальні властивості за різних концентрацій бактеріоцину низину. У якості тест-культур в лабораторних дослідженнях антимікробної активності використовували різні концентрації таких штамів мікроорганізмів як *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii*, *Yersinia enterocolitica*.

Механізм біологічної дії бактеріоцинів пов'язаний, насамперед, із порушенням цитоплазматичних мембран чутливих до них мікроорганізмів. Бактеріоцини на відміну від антибіотиків, що діють досить вибірково, впливають і на резистентні до антибіотиків штами мікроорганізмів, повністю розщеплюються і виводяться з організму. Бактеріоцин низин продукується штамом мікроорганізмів *Lactococcus lactis*, володіє антибактеріальними властивостями проти широкого спектру патогенних мікроорганізмів, використовується у якості консерванту в харчовій промисловості. Молочна кислота за застосування всередину володіє протибродильною, антисептичною, подразнюючою дією. Пригнічує ріст і розвиток умовно патогенної і гнильної мікрофлори шлунково-кишкового тракту, стимулює процес відновлення кишкових ворсинок, що збільшує поверхню всмоктування поживних речовин. Випробування другого дослідного зразку на мишах показало, що препарат не спричиняв місцево-подразнюючої, шкірно-резорбтивної та сенсibiliзуючої дії, не викликав клінічних змін та порушень в роботі систем органів мишей. Розроблений і випробуваний препарат є перспективним для здійснення корекції ендомікрофлори травного каналу тварин, в тому числі за органічного вироцування, найбільш перспективними, на нашу думку, є саме препарати мікробіологічного походження.

**Ключові слова:** антибактеріальна дія, доклінічні випробування, нешкідливість, пробіотик, постбіотик, профілактичний препарат, тест штами мікроорганізмів.

**Вступ.** Мікрофлора травного каналу відіграє важливу роль в імунному статусі і загальному метаболізмі макроорганізму. Завдяки цілому ряду функцій, які вона виконує, порожнинна та пристінкова мікрофлора грає роль захисного бар'єру на шляху проникнення різних інфекційних агентів у організм господаря. Крім того, завдяки своїм ферментативним властивостям, вона бере участь у переробці значної кількості органічних речовин, синтезує білки, поліпептиди, амінокислоти, бактеріоцини, антибіотики, вітаміни та інші цінні метаболіти

Постбіотики – профілактичні препарати на основі продуктів метаболізму пробіотичних мікроорганізмів, що впливають на біологічні функції організму господаря. До їх складу може входити понад 100 біологічно активних есенціальних речовин). Найдієвішими з них, що можуть увійти до складу розробленого нами постбіотику є бактеріоцини та органічні кислоти.

Перспективним напрямком в корекції травних процесів є можливість виділення окремих метаболітів, що утворюються при бактеріальній ферментації. В останнє десятиліття концепція пробіотиків зазнала суттєвих змін. Зросла увага дослідників до структурних компонентів і продуктів метаболізму пробіотичних мікроорганізмів. Дані зміни пов'язані з розширенням уявлень про біологічну ефективність пробіотиків і виявленні того факту, що структурні елементи клітин та їх метаболіти в ряді випадків виявляються не менш ефективними [10]. В тому числі, вчені схилиються до того, що за широковідомий позитивний вплив пробіотиків на травні процеси організму, відповідальні саме продукти життєдіяльності (метаболіти) пробіотичних бактерій, що були названі в подальшому постбіотиками або метабіотиками.

**Мета роботи.** Науковий інтерес становило поєднання двох компонентів, найбільш вагомих метаболітів лактобактерій: бактеріоцина нізину, так і молочної кислоти для відтворення складу постбіотику в найпростішій його варіації. Водночас метаболітами симбіотичних мікроорганізмів є також незамінні амінокислоти, органічні кислоти, вітаміни С, Е, РР, Н і групи В, що буде враховано за подальшого вдосконалення складу постбіотику. Дозування нізину в харчовій промисловості становить 50–150 г/тонну продукції. Подальші дослідження планується спрямувати на вдосконалення його складу завдяки введенню нових компонентів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Вже досить давно у науці й практиці ветеринарної медицини використовуються мікробіологічні препарати – «пробіотики». До їх складу входять живі мікроорганізми – похідні лактобацил і інших компонентів нормальної кишкової мікрофлори, що нормалізують склад та біологічну активність мікрофлори травного каналу. Виділяють пробіотики від здорових тварин із мікрофлори їхнього кишечника [10]. Термін «пробіотик» у західній медичній літературі все частіше визначається як «препарат мікробних клітин або їхніх компонентів із корисним впливом на здоров'я та самопочуття господаря». Адже функціонування багатьох систем організму тварин значною мірою залежить від видового складу та міжвидового співвідношення мікроорганізмів [5].

Феномен пробіозису визначається як асоціація двох організмів, яка стимулює життєві процеси кожного з них, а жива мікробна кормова добавка, яка корисно діє на тварину-господаря через поліпшення його кишкового мікробного балансу, дістала назву пробіотика [9].

Ці препарати застосовують із водою або кормом. Найчастіше, як пробіотичний штам використовують біфідобактерії й молочнокислі бактерії, зокрема лактобацили. Ці пробіотики називають класичними, оскільки вони засновані на штамів, що домінують у різних біотопах людини і тварин, починаючи з перших днів життя [7].

Однак, науковці під час аналізу основних причини, що негативно впливають на якість пробіотиків, виокремили такі: контамінація сторонньою мікрофлорою; заміна одного пробіотичного штаму іншим; недотримання показника кількості життєздатних клітин в одній дозі препарату; недосконалість методів контролю якості; введення в препарат різних добавок, що інактивують його; недотримання режимів зберігання. Досить часто пробіотики, що пройшли успішні лабораторні дослідження, не витримують випробування у виробничих умовах, оскільки нехтування санітарно-гігієнічними заходами на фермі призводить до створення антисанітарних умов у пташниках. Відсутність санітарних днів на фермі, не функціонування дезбар'єрів та дезкилимків, не вчасне прибирання, неякісне проведення дезінфекції (без взяття контрольних змивів із поверхонь), нехтування персоналом правилами особистої гігієни та якісною очисткою інвентарю, а також багато інших чинників, що створюють умови підвищеного мікробного забруднення [1].

Метабіотики (постбіотики) є структурними компонентами пробіотичних мікроорганізмів і / або їх метаболітів, і / або сигнальних молекул із певною (відомою) хімічною структурою, які здатні оптимізувати специфічні для організму господаря фізіологічні функції, регуляторні, метаболічні та / або поведінкові реакції, пов'язані з діяльністю індигенної мікробіоти організму-господаря. Застосування постбіотиків (метабіотиків) дає змогу створити керований мікробіоценоз кишечника, оскільки метаболічні, сигнальні, транспортні та інші функції представників індигенної мікробіоти мають більше значення, ніж кількісний вміст у біотопі мікроорганізмів тих або інших видів [4].

Як клас метабіотики виділені в практичних рекомендаціях Всесвітньої гастроентерологічної організації, у визначеннях Експертного комітету ФАО і ВООЗ ще у 2008 році.

Постбіотики сприяють відновленню мікробіоценозу в кишечнику тварин та гармонізують біологічні функції організму господаря. До їхнього складу може входити від 2 до 100 біологічно активних речовин. За кордоном уже є запатентована нова технологія, здатна моделювати тип метаболітів, що утворюються під час бактеріальної ферментації. Ці метаболіти мають виразні імуномодулюючі властивості [6]. Лактобацили, біфідобактерії та інші

бактерії як в умовах *in vitro*, так і у тваринному організмі продукували різноманітні антимікробні сполуки (органічні кислоти, бактеріоцини, мікроцини, бактеріоцін-схожі антибіотики, дефензін-схожі пептиди, ензими з антимікробними ефектами (лізоцим), діацетил, антибіотики, перекис водню, оксид азоту, діоксид вуглецю, біосурфактани, лектини тощо) щодо широкого кола грамнегативних і грампозитивних бактерій.

Детальне вивчення властивостей метабіотиків (постбіотиків) Шендеровим Б.А. (2001) дало можливість впровадити в практику гуманної медицини, зокрема, у вигляді препаратів на основі їхніх активних компонентів:

- нізін, стафілококцин, томіцид (антимікробні препарати бактеріоцинового типу);
- хілак-форте (суміш ЛЖК, молочної кислоти, деяких вітамінів та інших мікробних продуктів кишкових паличок, стрептококів і лактобацил);
- бактистатін (суміш мікробних протеаз, амілаз, лізоциму, каталази, поліпептидів, пептидоглікана, деяких амінокислот, полісахаридів, присутніх у культуральній рідині *Bacillus subtilis*, що не містять живі бактерії + сорбент цеоліт);
- хеліном (інактивовані клітини пробіотичних бактерій *Lactobacillus reuteri*, можуть специфічно зв'язуватися і виводити *Helicobacter pylori* природним шляхом);
- актофлор С (ауторегулятор зростання й розвитку еукаріотичних із прокаріотичних клітин на основі ацетату, лактату, сукцинату, формиату, лізину, глутамінової та аспарагінової кислот, валіну, метіоніну, аланіну, лейцину, гліцину);
- дайго (Daigo) – (суміш пептидів – біорегуляторів, ізольованих із культуральних рідин 16 штамів лактобацил (*L. curvatus*, *L. casei*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. fermentum*, *L. salivarius*, *L. brevis*, *L. rhamnosus*), вирощених протягом року на соєвому молоці);
- закофальк (комбінація бутирата натрію й інуліну) [3].

Найбільш вивченими та високоефективними з них є бактеріоцини та органічні кислоти.

Бактеріоцини (Bacteriocins). Бактеріоцини є представниками метаболітів симбіотичних бактерій, що виконують бактерицидну функцію в кишечнику. Багато представників грамнегативних і грампозитивних бактерій продукують бактеріоцини, що мають білкову природу. Їхня генетична інформація кодується на плазмідах. Одні згубно діють на споріднені види бактерій і штамів того ж виду, або гальмують їхній ріст, інші мають більш широкий спектр антибактеріальної дії. Бактеріоцини здатні вироблятися представниками роду *Escherichia*, *Shigella*, *Salmonella*, *Serratia*, сімейства *Enterobacteriaceae*. Ці антимікробні білки продукуються також грамнегативними бактеріями таких родин, як *Pseudomonadaceae*, *Neisseriaceae* [8].

Велике число бактеріоцинів виробляється грампозитивними бактеріями (особливо лактобактеріями). Продуковані ними бактеріоцини, за механізмом їхньої антибактеріальної дії, поділяють на дві групи. Представники першої групи характеризуються вузьким спектром антибактеріальної дії, вони пригнічують розвиток бактерій, близьких до організму-продуцента. У цю групу входять такі бактеріоцини: лактоцин S (утворений *Lactobacillus sake*), аміловорін (*L. amylovorus*) та ін. До другої групи належать антибіотики, що інгібують ріст багатьох видів грампозитивних мікроорганізмів. Сюди належать такі бактеріоцини, як ацидоцин В (утворений *L. acidophilus*), курвацин (*L. curvatus*), лактицин (*Lactococcus lactis*) тощо [8].

Механізм біологічної дії бактеріоцинів пов'язаний, насамперед, із порушенням цитоплазматичних мембран чутливих до них мікроорганізмів. Бактеріоцини на відміну від антибіотиків, що діють досить вибірково, впливають і на резистентні до антибіотиків штамів мікроорганізмів, повністю розщеплюються і виводяться з організму. Імовірність накопичення та виникнення ускладнень від бактеріоцинів, мінімальна. Застосування ж антибіотиків, на жаль, нерідко загрожує людині і тваринам негативними наслідками. Як антимікробний засіб ця сполука надійшла на комерційний ринок в Англії в 1953 році. У 1969 році нізін як безпечна харчова добавка був схвалений спільно ФАО і ВООЗ. У даний час нізін ліцензований у понад 50 країнах, де використовується в харчовій промисловості як природний біоконсервант для різних продуктів. Наприклад, в 1988 році Управління із санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів (Food and Drug Administration) США затвердив статус нізину як «загальноновизнаний безпечним» (generally regarded as safe). Водночас можливість його використання в медицині стала інтенсивно досліджуватися тільки в останні роки.

Біфідобактерії здатні виділяти бактеріоцини (біфідин та біфілонг), які проявляють антимікробну активність щодо багатьох видів ентеробактерій, вібріонів, стрептококів та стафілококів [3]. Лактобактерії беруть участь у гідролізі вуглеводів, продукують лізоцим, лактоцидин, ацидофілін, перекиси, антибіотики та бактеріоцини; пригнічують розвиток синьогнійної палички, стафілококів, ешеріхій, протею, деяких видів шигел, серацій, сальмонел, стрептококів.

З молочнокислих бактерій виділено кілька бактеріоцинів, які є лантибіотиками. Лантибіотики – це бактеріальні поліпептиди, до складу яких входять такі рідкісні тіоетерні амінокислоти. Ці речовини мають широкий антимікробний спектр дії [3]. Бактеріоцин нізін продукується штамом мікроорганізмів *Lactococcus lactis*, володіє антибактеріальними властивостями проти широкого спектру патогенних мікроорганізмів, використовується в якості консерванту в харчовій промисловості [8]. До складу його входять амінокислоти лізін, гістидин, аспарагінова кислота, лантіонін, В-метиллантіонін, пролін, гліцин, аланін, валін, метіонін, ізолейцин, лейцин, дигідроаланін і В-метилдигідроаланін.

Іншими метаболітами, що допомагають організму боротися з патогенною мікрофлорою в просвіті травного каналу є органічні кислоти, зокрема, оцтова, бурштинова, молочна, за які згадувалося раніше [1].

Молочна кислота за застосування всередину володіє протибродильною, антисептичною, подразнюючою дією. Пригнічує ріст і розвиток умовно патогенної і гнильної мікрофлори шлунково-кишкового тракту, стимулює процес відновлення кишкових ворсинок, що збільшує поверхню всмоктування поживних речовин [2].

Молочна кислота в складі корму, абсолютно безпечна та повністю засвоюється в результаті обміну речовин, до того ж вона включається в процес метаболізму у вигляді додаткової обмінної енергії. А також для підвищення продуктивних якостей птиці в раціон додають молочну кислоту 40% у дозі 0,5 мл на 1 кг корму (500 мл молочної кислоти 40% на 1 тону корму). Доцільно використовувати її для поточної дезінфекції пташників, інкубаторів тощо.

Отже постбіотики володіють такими перевагами порівняно з пробіотиками:

- висока біодоступність, метабіотичні речовини доходять до товстої кишки на 95–97% в незмінному вигляді (у пробіотиків – менше 0,0001%);
- не вступають у конфлікт (антагоністичні взаємини) з власною мікробіотою організму тварин, на відміну від пробіотичних бактерій;
- перебувають в активній формі та починають працювати відразу, потрапляючи в травний канал;
- можливе спрямоване коригування мікробіоценозу кишечника створенням запрограмованого метабіотичного препарату залежно від типу порушення мікробіоценозу кишечника й особливостей життєдіяльності конкретних патогенних або умовно патогенних штамів мікроорганізмів кишечника.

Визначення антимікробної активності препарату проводили за допомогою методу дифузії в агар розчинів. Порівнювали розміри зон пригнічення росту тест-мікроорганізмів. Наявність зон затримки росту тест-штаму навколо луночки з антимікробним препаратом і її розмір є показником чутливості цього мікроорганізму до антибіотика. Відсутність зони затримки росту свідчить про стійкість мікроорганізму до досліджуваного препарату. В якості поживного середовища використовували середовище Мюллера-Хінтона.

Для підготовки досліду добові культури тест-мікроорганізмів змивали з поверхні МПА фізіологічним розчином NaCl і доводили густину бактеріальної суспензії (інокулюму) до 10 млрд м.т./см<sup>3</sup>.

Поживний агар розтоплювали на водяній бані й охолоджували до температури 45 ± 5 °С. Стерильні чашки Петрі після підсушування розташовували на строго горизонтальній поверхні столу. В охолоджений агар додавали 1 см<sup>3</sup> інокулюму. У кожену з чашок Петрі заливали по 10 см<sup>3</sup> поживного агару і, обережно обертаючи, перемішували вміст чашки на поверхні столу, запобігаючи утворенню бульбашок повітря, неповному заповненню дна чашки агаром, потраплянню середовища на краї та кришку чашки. Чашки витримували на горизонтальній поверхні до застигання середовища. У кожній із чашок в агарі вирізали стерильною металевою трубкою лунки діаметром 6 мм на відстані 2 см від краю чашки, було зроблено по 6 луночок (1 луночка відповідає 0,4 мкл речовини), на кожній було відмічено певну концентрацію постбіотика.

Випробовувалось два варіанти постбіотика (з різною концентрацією нізину):

Зразок 1 (0,05 г нізину, +10 мл 40% молочної кислоти, +89,95 мл дистильованої води).

Зразок 2 (0,10 г нізину, 10 мл 40% молочної кислоти, +89,90 мл дистильованої води).

Мікропіпеткою вносили постбіотик (0,4 мкл) заданої концентрації у відповідну луночку й залишали на 1,5 год на столі для дифундування.

Посіви інкубувалися за температури 36 ± 1 °С упродовж 24 ± 2 год. Чашки з посівами розташовували в термостаті у такий спосіб, щоби відстань між чашками та стінками термостату була не менше 3 см. Результат враховували через 24 години, визначаючи діаметр зони затримки росту тест-мікроорганізму навколо лунки. За відсутності ознак затримки росту мікроорганізми вважали стійкими щодо досліджуваного препарату: в разі затримки росту до 15 мм – малочутливими; за затримки росту від 15 до 25 мм – чутливими. Експерименти *in vitro* проводили в трьох паралелях із кожною концентрацією препарату. Досліди супроводжували відповідними контролюями з внесенням стерильного фізіологічного розчину NaCl.

У якості тест-культур використали референтні штами мікроорганізмів, *Escherichia coli* (4,3 x 10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Escherichia coli* (4,3 x 10<sup>8</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Escherichia coli* (4,3 x 10<sup>7</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Bacillus cereus* (3,5 x 10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Bacillus cereus* (3,5 x 10<sup>8</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Bacillus cereus* (3,5 x 10<sup>7</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Staphylococcus aureus* (5,5 x 10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Staphylococcus aureus* (5,5 x 10<sup>8</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Staphylococcus aureus* (5,5 x 10<sup>7</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Listeria ivanovii* (5 x 10<sup>8</sup> КУО/см<sup>3</sup>), *Yersinia enterocolitica* (9 x 10<sup>8</sup> КУО/см<sup>3</sup>).

Усі культури тест-мікроорганізмів зберігали в запаяних пробірках на відповідних поживних середовищах до 30 діб у холодильних камерах за температури 4–8 °С, після чого пересівалися на нові поживні середовища. Перед проведенням досліджень було проведено контроль чистоти росту культури стандартним методом.

*Розробка технологічного регламенту виробництва постбіотику.* Оскільки розроблений постбіотик планувалося впроваджувати у виробництво на органічних фермах з вирощування птиці в технологічний процес виробництва постбіотику «Бактеріосан» входило:

Підготовка сировини:

- бактеріоцин нізін – дрібно дисперсний порошок жовтуватого кольору, гігроскопічний, легко розчинний у воді, стійкий до дії кислот, вміст вологи – менше ніж 3% – відноситься до групи харчових добавок, консервантів

антибіотичної природи (E234). За результатами державної санітарно-епідеміологічної експертизи відповідає встановленим медичним критеріям безпеки.

– молочна кислота ( $C_3H_6O_3$ ) – органічна кислота, харчова добавка (E270), прозора рідина з жовтуватим відтінком, має приємний характерний кисломолочний запах і кислий смак, розчинна у воді, не каламутна і без осаду. Утворюється в живих організмах (тварини, рослини, мікроорганізми), а також виготовляється в мікробіологічній промисловості в результаті ферментативної реакції при молочнокислому бродінні глюкози.

1 – змішування допоміжних речовин із водою;

2 – контроль рН та стабільності розчинів;

3 – контроль якості: фізико-хімічні та мікробіологічні властивості.

Визначення зовнішнього вигляду, кольору. Зовнішній вигляд та колір готового розчину визначали візуально. Для цього в пробірку з безбарвного скла із внутрішнім діаметром 25–26 мм наливали розчин до половини і розглядали його за кімнатної температури в розсіяному природному (штучному) освітленні. Даний засіб – прозора рідина світло-жовтого кольору.

Визначення масової частки молочної кислоти. Препарат об'ємом 20 мл зважують і результат записують із точністю до другого десяткового знака, кількісно переносять у мірну колбу місткістю 250 см<sup>3</sup>, доводять дистильованою водою до мітки та ретельно перемішують. Отриманий розчин об'ємом 25 см<sup>3</sup>, який містить 2 г препарату, піпеткою переносять у конічну колбу із шліфом місткістю 250 см<sup>3</sup>, додають від 70 см<sup>3</sup> до 80 см<sup>3</sup> дистильованої води і титрують за допомогою бюретки розчином гідроксиду натрію за наявності фенолфталеїну, який додають крапельницею до слабо-рожевого кольору, що свідчить про нейтралізацію розчину.

До нейтралізованого розчину додають розчин гідроксиду натрію об'ємом 20 см<sup>3</sup>, кип'ятять зі зворотним холодильником упродовж 5 хв, охолоджують, закривши пробкою з трубкою, заповненою натронним вапном, і вміст колби титрують розчином сірчаної кислоти до знебарвлення.

Паралельно проводять контрольне випробування. У конічну колбу із шліфом місткістю 250 см<sup>3</sup> вносять 10 см<sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію, додають 90 см<sup>3</sup> дистильованої води, кип'ятять зі зворотним холодильником упродовж 5 хв, охолоджують, закривши пробкою із трубкою, заповненою натронним вапном, і титрують розчином сірчаної кислоти за наявності фенолфталеїну до знебарвлення.

Обчислення результатів

Масову частку загальної молочної кислоти (X) у відсотках обчислюють за формулою:

$$X = (V1 - n \cdot V2) \cdot K \cdot 0,09 \cdot 100 \cdot V3 / V4 \cdot V1,$$

де V1 – об'єм розчину гідроксиду натрію, який додають до нейтралізованого розчину, см<sup>3</sup>;

n – відношення об'ємів гідроксиду натрію, взятого на контрольне визначення (10 см<sup>3</sup>), і сірчаної кислоти, витраченої на його титрування;

V2 – об'єм розчину сірчаної кислоти, витрачений на титрування надлишку гідроксиду натрію, см<sup>3</sup>;

K – коефіцієнт поправки розчину гідроксиду натрію;

0,09 – маса молочної кислоти, що відповідає 1 см<sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію, г;

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки;

V3 – об'єм мірної колби, см<sup>3</sup>;

V4 – об'єм розчину, який містить 2 г препарату, см<sup>3</sup>.

Результати обчислення округлюють до другого десяткового знака.

За результат випробування приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень.

Абсолютна похибка вимірювання масової частки загальної молочної кислоти становить  $\pm 0,80\%$  за довірчої ймовірності  $P = 0,95$ .

Засіб може мати масову частку молочної кислоти:  $10,0 \pm 1,0\%$ .

Визначення масової частки бактеріоцину нізину. Бактеріоцин нізін – порошкоподібна речовина блідо-жовтого кольору. Засіб може мати масову частку бактеріоцину нізину:  $1,0 \pm 0,10\%$ .

Визначення показника концентрації водневих іонів (рН). Показник концентрації водневих іонів рН вимірюють потенціометричним методом зі скляним електродом. Калібрування потенціометра проводиться за стандартними буферними розчинами з рН 4,01; 7,00; 9,21.

Визначення наявності сторонніх домішок проводять візуально на чорному та білому фонах за освітлення електричною лампою розжарювання або люмінесцентною лампою за вертикального положення пробірок. Пробірки, у яких проводять спостереження, повинні бути безбарвні й однакового діаметру. У засобі допускається незначна кількість осаду.

Контроль маркування та пакування проводять візуально згідно з використаною тарою.

Контроль об'єму проводять мірними флаконами. Допустиме відхилення не повинно перевищувати  $\pm 3,0\%$ .

Контроль маси бруто проводять механічними або електронними вагами.

У такий спосіб створено композицію постбіотика «Бактеріосан», розроблено технологічний регламент його виробництва, методи контролю якості. Зареєстровано ТУ України (№ 10.8-00493706-107. 2020. Технічні умови. Постбіотик «Бактеріосан»: Київ, 2020. 19 с.).

*Дослідження фізико-хімічних та антимікробних властивостей постбіотика «Бактеріосан» in vitro*

Досліджували ефективність постбіотику у двох варіантах із різною концентрацією діючої речовини щодо тест-штамів мікроорганізмів різних груп у різних концентраціях (табл. 1).

**Таблиця 1. Склад і фізичні властивості випробовуваних зразків пробіотику**

Постбіотик	Нізин	Молочна кислота 40%	Вода дистильована	pH	Колір
Зразок 1	0,05 г	10 мл	89,95 мл	4,3	Прозора рідина з жовтуватим відтінком
Зразок 2	0,10 г	10 мл	89,90 мл	4,3	Прозора рідина з жовтуватим відтінком

Ефективність препарату з різною концентрацією нізину визначали в нативному стані (робочий розчин) та в послідовних десятиразових розведеннях від 1 : 100 до 1 : 1000000.

Результати досліджень показали ефективність нативних розчинів препарату щодо тест-культур, розведення препарату інгібуючої дії не проявляли. Спостерігали залежність протимікробної активності постбіотику від концентрації мікробних тіл в 1 см<sup>3</sup> тест-культури: за поступового десятикратного зниження концентрації мікроорганізмів збільшувався діаметр інгібіції росту культур навколо аплікації препарату (табл. 2).

**Таблиця 2. Антимікробна активність випробовуваних препаратів щодо тест-культур мікроорганізмів, M ± m, n = 5**

Концентрація мікробних клітин, тест-культури мікроорганізмів	Випробовувані речовини				
	Зразок 1	Зразок 2	Молочна кислота 4%	Нізин 0,1 г	Нізин 0,05 г
<i>Escherichia coli</i> (4,3 x10 <sup>9</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	+	+	+	-	-
<i>Escherichia coli</i> (4,3 x10 <sup>8</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	++	+++	+	+	+
<i>Escherichia coli</i> (4,3 x10 <sup>7</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	+++	+++	++	+	+
<i>Bacillus cereus</i> (3,5 x10 <sup>9</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	+	+	+	++	-
<i>Bacillus cereus</i> (3,5 x10 <sup>8</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	+	++	++	++	+
<i>Bacillus cereus</i> (3,5 x10 <sup>7</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	+	+++	++	++	++
<i>Staphylococcus aureus</i> (5,5 x10 <sup>9</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	++	++	+	+	-
<i>Staphylococcus aureus</i> (5,5 x10 <sup>8</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	++	++	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i> (5,5 x10 <sup>7</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	++	+++	++	++	-
<i>Listeria ivanovii</i> (5 x10 <sup>8</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	+++	+	+	++	+
<i>Yersinia enterocolitica</i> (9 x10 <sup>8</sup> КУО/см <sup>3</sup> )	+	+++	++	+	+

Позначення: «+» – діаметр зони затримки росту мікроорганізмів (зона дії антибактеріального препарату) від 10 до 15 мм (слабка антибактеріальна дія); «++» – діаметр зони пригнічення росту від 15 до 20 мм (помірно виражена антибактеріальна дія); «+++» – діаметр зони пригнічення росту понад 20 мм (сильно виражена антибактеріальна дія); «-» – діаметр зони затримки росту мікробів менше 10 мм, відсутність зони затримки росту мікроорганізмів навколо лунок.

Діаметри інгібіції росту тест-культури *E. coli* за концентрації 4,3x10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup> навколо зони аплікації зразку 1 становили 8 мм; за концентрації 4,3x10<sup>8</sup> КУО/см<sup>3</sup> – 8–15 мм; за концентрації 4,3x10<sup>7</sup> КУО/см<sup>3</sup> – 15 мм.

У тест-культур *B. cereus* та *S. aureus* залежності між концентрацією посівної дози та активністю зразку 1 не спостерігали, діаметри інгібіції росту культур були стабільними. Діаметр інгібіції росту тест-культури *B. cereus* за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 3,5x10<sup>9</sup>, 3,5x10<sup>8</sup>, 3,5x10<sup>7</sup> становили 12–15 мм, а *S. aureus* за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 5,5x10<sup>9</sup>, 5,5x10<sup>8</sup>, 5,5x10<sup>7</sup> – 18 мм. За дії зразку 1 на культуру мікроорганізмів *L. ivanovii* з концентрацією 5x10<sup>8</sup> КУО/см<sup>3</sup>, зона пригнічення становили 36 мм, тоді як за дії цього ж постбіотику на культуру мікроорганізмів *Y. enterocolitica* з концентрацією КУО 9x10<sup>8</sup> в 1 см<sup>3</sup> – лише 13 мм.

За випробування зразку 2 реєстрували подібні результати щодо тест-культур: ефективним виявився нативний зразок препарату (див. табл. 2). Також реєстрували певну залежність між концентрацією посівної дози тест-культур *E. coli*, *B. cereus*, *S. aureus* та ефективністю випробуваного зразку препарату: за поступового десятикратного зниження концентрації посівної дози культур збільшувалися діаметри зон пригнічення росту культур навколо аплікації препарату. Діаметри зон пригнічення росту тест-культури *E. coli* за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 4,3 x10<sup>9</sup> навколо зони аплікації зразку 2 становили > 8 мм; за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 4,3 x10<sup>8</sup> ≈ 15 мм; за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 4,3 x10<sup>7</sup> > 21 мм. Діаметри зон пригнічення росту тест-культури *B. cereus* за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 3,5 x10<sup>9</sup> навколо зони аплікації зразку 2 становили 13 мм; за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 3,5 x10<sup>8</sup> – 18 мм; за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 3,5 x10<sup>7</sup> – 20 мм.

Діаметри зон пригнічення росту тест-культури *S. aureus* за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 5,5 x10<sup>9</sup> навколо зони аплікації зразку 2 становили 12 мм; за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 3,5 x10<sup>8</sup> – 15 мм; за вмісту КУО в 1 см<sup>3</sup> 3,5 x10<sup>7</sup> – 22 мм. Культуру *L. ivanovii* випробовували лише в концентрації 5 x10<sup>8</sup> КУО/см<sup>3</sup>, зона пригнічення препаратом становила 13 мм; культуру *Y. enterocolitica* випробовували в концентрації 9 x10<sup>8</sup> КУО/см<sup>3</sup> – зони пригнічення становили 22 мм.



Порівнюючи дію зразку 1 та 2 необхідно зазначити, що щодо тест-культур *E. coli*, та *S. aureus* антимікробна активність була вищою в зразку 2.

Щодо тест-культури *L. ivanovii* значно ефективнішим виявився зразок 1; щодо тест-культури *Y. enterocolitica* – зразок 2. Встановлено, що випробувані варіанти зразку 1 та № 2, із вмістом відповідно 0,05г та 0,10 г нізину, проявляли виражену інгібуючу дію *in vitro* на ріст тестових культур *E. coli*, *B. cereus*, *S. Aureus*.

Отже, кращою антимікробною дією володіє зразок 2 з таким компонентним складом: бактеріоцину нізину – 0,10 г; 40% молочної кислоти 10 мл; дистильованої води 89,9 мл, він є ефективнішим щодо більшості тестових мікроорганізмів. Засіб дістав назву постбіотик «Бактеріосан», склад його було запатентовано (патент України на винахід № 119841 «Постбіотик «Бактеріосан» для органічного вирощування птиці» опубл. 12.08 2019, Бюл. № 15).

Бактерицидна дія окремих компонентів постбіотика (молочна кислота та бактеріоцин нізін) достатньої ефективності не виявили. Їхню антимікробну активність щодо більшості тест-культур мікроорганізмів можна охарактеризувати як «+» – слабка антибактеріальна активність. Зі зниженням концентрації тест-культур мікроорганізмів активність зразку 1 дещо зростала, однак менше порівняно зі зразком 2.

Отримані результати вказують на перспективність подальшого вивчення дії постбіотику (зразку 2) *in vivo* для застосування його у терапії птиці за інфекційних захворювань, спричинених патогенними бактеріями з набутою полірезистентністю до антибіотиків.

Позитивним є натуральність постбіотику «Бактеріосан», він є засобом на основі натуральних компонентів, отриманих внаслідок мікробіологічного синтезу з біомаси пробіотичних бактерій, обидві його діючі речовини (бактеріоцин нізін і молочна кислота) є метаболітами симбіотичної мікрофлори кишечника ссавців. Отже, він може бути випробуваний в умовах органічного господарства для профілактики захворювань за вирощування курей, а також для зменшення мікробної забрудненості підстилки та повітря приміщення.

Визначення термінів придатності постбіотику через 6 та 12 місяців зберігання.

Зберігали готовий зразок 2 (концентрація 0,10 г) у темному прохолодному місці впродовж 12 місяців. За цей час його активність було двічі перевірено на тест-культурах різних мікроорганізмів та в різних концентраціях. Дослідження проводили в трьох повторях. Через 6 місяців зберігання випробування антимікробної дії препарату показало високий рівень його активності. Зони затримки росту тестових мікроорганізмів навколо зон аплікації препарату були в усіх випадках не меншими за 10 мм. Це є досить високим показником з огляду на можливість набуття полірезистентності мікроорганізмами до антибактеріальних препаратів. Найбільша зона інгібіції росту навколо зон аплікації препарату була зафіксована в чашках Петрі з колоніями тест-культури *Yersinia enterocolitica* ( $9 \times 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>) – 20 мм. Найменша (10 мм) – до тест-культури *Listeria ivanovii* ( $5 \times 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>). Отже, до розробленого нами постбіотику не розвивається стійкість мікроорганізмів.

Проведеними дослідженнями встановлено, зниження активності дії постбіотику зі збільшенням термінів його зберігання. Однак вказані в таблиці 3 зони затримання росту мікроорганізмів свідчать про достатню стабільність та ефективну бактерицидну дію розробленого нами препарату впродовж 6 місяців та дещо знижену – через 12 місяців зберігання його в розчині (табл. 3).

**Таблиця 3. Антимікробна стабільність постбіотику *in vitro*,  $M \pm m$ ,  $n = 5$**

Тест-культура	Зона затримки росту культури, мм	
	6 місяців	12 місяців
<i>Escherichia coli</i> ( $4,3 \times 10^9$ КУО/см <sup>3</sup> )	+	–
<i>Escherichia coli</i> ( $4,3 \times 10^8$ КУО/см <sup>3</sup> )	++	+
<i>Escherichia coli</i> ( $4,3 \times 10^7$ КУО/см <sup>3</sup> )	++	+
<i>Bacillus cereus</i> ( $3,5 \times 10^9$ КУО/см <sup>3</sup> )	+	–
<i>Bacillus cereus</i> ( $3,5 \times 10^8$ КУО/см <sup>3</sup> )	+	+
<i>Bacillus cereus</i> ( $3,5 \times 10^7$ КУО/см <sup>3</sup> )	++	++
<i>Staphylococcus aureus</i> ( $5,5 \times 10^9$ КУО/см <sup>3</sup> )	+	–
<i>Staphylococcus aureus</i> ( $5,5 \times 10^8$ КУО/см <sup>3</sup> )	++	+
<i>Staphylococcus aureus</i> ( $5,5 \times 10^7$ КУО/см <sup>3</sup> )	++	+
<i>Listeria ivanovii</i> ( $5 \times 10^8$ КУО/см <sup>3</sup> )	+	–
<i>Yersinia enterocolitica</i> ( $9 \times 10^8$ КУО/см <sup>3</sup> )	++	++

Водночас, навіть через такий тривалий час зберігання проявлялася його антимікробна дія. Найкраще відбулася затримка росту колоній тест-культури *Yersinia enterocolitica* ( $9 \times 10^8$  КУО/см<sup>3</sup>) – навіть через 12 місяців зберігання розчину зона затримки росту становила 15 мм. Аналогічний діаметр зони затримки росту реєстрували на чашках Петрі з тест-культурою *Bacillus cereus* ( $3,5 \times 10^7$  КУО/см<sup>3</sup>), однак концентрація мікроорганізмів була на порядок нижчою. Щодо *Bacillus cereus* у концентрації  $3,5 \times 10^8$  КУО/см<sup>3</sup> – зона затримки росту становила 11 мм. Практично однаковою виявилась бактерицидна дія препарату, який зберігали протягом року, на *Escherichia coli* та *Staphylococcus aureus*. Діаметри 12, 10, 8 мм та 11, 10, 8 відповідно до концентрацій мікроорганізмів  $1 \times 10^9$ ,  $1 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^7$ . Отже, можна зробити висновок, що розроблений нами протимікробний препарат постбіотик

«Бактеріосан» є ефективним щодо тест-культур мікроорганізмів та є стабільним упродовж 6 та 12 місяців зберігання його в прохолодному місці. Однак, препарат дещо втрачає свою ефективність із плином часу. Рекомендований термін зберігання 6 місяців.

**Визначення нешкідливості постбіотику.** Препарат додавали в питну воду в дозі 1, 2, 5, 10 мл/л та випоювали щоденно десятьом білим мишам лінії Wistar (Вістар) масою 18–20 грам. За тваринами було встановлено щоденний нагляд упродовж 14 діб. У випадку загибелі однієї миші перевірка має повторюватись у тій же дозі на подвійній кількості тварин. У повторному досліді миші повинні залишитися живими.

Під час визначення нешкідливості постбіотика «Бактеріосан» препарат додавали у питну воду в дозі 1, 2, 5, 10 мл/л і випоювали десятьом білим мишам масою від 18 до 20 грам щоденно. За тваринами було встановлено щоденний нагляд упродовж 14 діб. За час спостереження жодна з тварин не загинула, усі були активні, охоче споживали корм.

Після завершення дослідів тварин забивали, візуальним оглядом оцінювали тканини й органи. Експериментально встановили, що за випоювання мишам постбіотика «Бактеріосан» із питною водою в дозі 1, 2, 5, 10 мл/л захворювань та загибелі тварин упродовж усього експерименту не відмічалось. Етологічні показники дослідних мишей були аналогічними таким у контрольних мишей. Введення підвищених доз препарату не вплинуло на зовнішній вигляд печінки, селезінки, нирок та органів травлення тварин, що підтверджувалось даними патологоанатомічного розтину мишей після планової еутаназії. Аналогічні результати отримали за введення пробіотику «*LactoPharm LPI2*» внутрішньочеревно та підшкірно по 0,5 см<sup>3</sup> білим мишам. Препарат не спричиняв місцево-подразнюючої, шкірно-резорбтивної та сенсibilізуючої дії, не викликав клінічних змін та порушень в роботі систем органів мишей.

Випробуваний постбіотик пройшов випробування, протягом всього терміну спостереження: всі тварини були активними, охоче споживали корм і воду, стан видимих слизових оболонок, шкіри та волоссяного покриву – без змін, у жодній тварин не виявлялись ознаки інтоксикації, не загинула жодна з дослідних тварин, групова маса тіла мишей не знижувалась в порівнянні з вихідною масою.

Розроблений і випробуваний препарат є перспективним для здійснення корекції ендомікрофлори травного каналу тварин, в тому числі за органічного вирощування, найбільш перспективними, на нашу думку, є саме препарати мікробіологічного походження.

Оскільки встановлено антимікробну активність постбіотику «Бактеріосан», а саме випробовуваний препарат проявив свою ефективність у лабораторних умовах, вважаємо за доцільне здійснювати їхнє подальше випробування в науково-господарських дослідях у якості натуральних профілактичних препаратів.

#### Висновки

1. Проведеними дослідженнями встановлено, зниження активності дії постбіотику зі збільшенням термінів його зберігання. Однак вказані в таблиці 3 зони затримання росту мікроорганізмів свідчать про достатню стабільність та ефективну бактерицидну дію розробленого нами препарату впродовж 6 місяців та дещо знижену – через 12 місяців зберігання його в розчині

2. Випробуваний постбіотик пройшов випробування на мишах. Препарат не токсичний. У жодній з тварин не виявлялось ознак інтоксикації, маса тіла не знижувалась, жодна тварина не загинула.

3. Кращою антимікробну дію проявляв дослідний зразок пробіотику № 2 (в 100 мл препарату містилось: бактеріоцину нізину – 0,10 г; 40% молочної кислоти 10 мл; дистильованої води 89,9 мл) він є ефективнішим щодо більшості тестових мікроорганізмів. Засіб дістав назву постбіотик «Бактеріосан», склад його було запатентовано.

#### Список використаних джерел

1. Кучерук М. Д., Засєкін Д. А., Димко Р. О. Мікробіологічне та санітарно-гігієнічне значення еубіозу кишечника продуктивних тварин. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8 (2). с. 287–293.
2. Отченашко В. В. Використання молочної кислоти у тваринництві : науково-практичні рекомендації. Київ, 2012. 46 с.
3. Соловійова А. В., Кальюжная О. С. Технологічні аспекти розробки емульгелю «Пробіоскін». *Вісник фармації*. 2022. № 1 (103). с. 73–78. <https://doi.org/10.24959/nphj.22.88>.
4. Batdorj B., Trinetta V., Dalgarrondo M. Isolation, taxonomic identification and hydrogen peroxide production by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* T31, isolated from Mongolian yoghurt: inhibitory activity on food-borne pathogens. *Journal of Applied Microbiology*. 2007. Vol. 103. P. 584–593.
5. Sebeci A., Gurakan C. Properties of potential probiotic *Lactobacillus plantarum* strains. *Food Microbiology*. 2003. Vol. 20. P. 511–518.
6. Cicenia A., Santangelo F., Gambardella L. Protective Role of Postbiotic Mediators Secreted by *Lactobacillus rhamnosus* GG Versus Lipopolysaccharide-induced Damage in Human Colonic Smooth Muscle Cells *Journal of Clinical Gastroenterology*. 2016. December. Vol. 50. P. 140–144.
7. Kovalenko, V., Kucheruk, M., & Chechet, O. (2022). Effect of the Biosapin probiotic and the Biolide disinfectant on the microclimate of poultry houses. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 13(1), 44-51. [https://doi.org/10.31548/ujvs.13\(1\).2022.44-51](https://doi.org/10.31548/ujvs.13(1).2022.44-51).
8. Moreno I., Lerayer A. L., Baldini V. L., Leitão M. Fd. F. Characterization of bacteriocins produced by *Lactococcus lactis* strains. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2000. Vol. 31 (3). P. 184–192.
9. Pali A., Hungin S., Mitchell C. R., Whorwell P. Probiotics in the management of lower gastrointestinal symptoms – an updated evidence-based international consensus. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2018. 47. Suppl. 1. <https://doi.org/10.1111/apt.14539>.
10. Rolf Shah A. Probiotic bacteria: functional properties and awareness towards Indian consumers in consuming probiotic food supplements. *Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary*. 2015. Vol. 2(3). P. 392–403.

**Kucheruk M. D.**

Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor,  
Professor at the Department of Animal Hygiene and Veterinary Support of the Canine Service  
of the National Police of Ukraine,  
Higher educational institution "Podillia State University"  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine  
E-mail: kucheruk.md@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-8048-533X

**Tokarchuk T. S.**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
Assistant at the Department of Animal Hygiene and Veterinary Support of the Canine Service  
of the National Police of Ukraine,  
Higher educational institution "Podillia State University"  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine  
E-mail: ttocarchuk@gmail.com  
ORCID: 0000-0001-6030-0572

**Trach V. V.**

Candidate of Veterinary Sciences,  
Assistant at the Department of Animal Hygiene and Veterinary Support of the Canine Service  
of the National Police of Ukraine,  
Higher educational institution "Podillia State University"  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine  
E-mail: slavko2205@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-1040-3327

## PRECLINICAL TRIALS OF THE PROPHYLACTIC PRECAUTION POSTBIOTIC

### Abstract

The article describes the laboratory and preclinical studies of the microbiological drug developed by us. Its antibacterial properties were determined at different concentrations of the bacteriocin nisin. Various concentrations of such strains of microorganisms were used as test cultures in laboratory studies of antimicrobial activity *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria ivanovii*, *Yersinia enterocolitica*.

The mechanism of biological action of bacteriocins is primarily related to disruption of the cytoplasmic membranes of microorganisms sensitive to them. Unlike antibiotics, which act rather selectively, bacteriocins also affect antibiotic-resistant strains of microorganisms, are completely broken down and excreted from the body. Bacteriocin nisin is produced by a strain of microorganisms *Lactococcus lactis*, has antibacterial properties against a wide range of pathogenic microorganisms, is used as a preservative in the food industry. When used internally, lactic acid has an anti-fermenting, antiseptic, and irritating effect. Suppresses the growth and development of conditionally pathogenic and putrefactive microflora of the gastrointestinal tract, stimulates the process of restoration of intestinal villi, which increases the surface area for absorption of nutrients. The test of the second experimental sample on mice showed that the drug did not cause local irritation, skin resorptive and sensitizing effects, did not cause clinical changes and disorders in the work of organ systems of mice. The developed and tested drug is promising for the correction of the endomicroflora of the alimentary canal of animals, including for organic farming, the most promising, in our opinion, are the drugs of microbiological origin.

**Key words:** antibacterial effect, preclinical tests, harmlessness, probiotic, postbiotic, prophylactic drug, microorganism strain test.

### References

1. Kucheruk, M.D., Zasekin, D.A., & Dymko, R.O. (2018). Mikrobiolohichne ta sanitarno-hihienichne znachennia eubiozu kyshechnyky produktivnykh tvaryn [Microbiological and sanitary-hygienic significance of intestinal eubiosis of productive animals]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (2), 287–293 [in Ukrainian].
2. Otchenashko, V.V. (2012). Vykorystannia molochnoi kysloty u tvarynytstvi : naukovo-praktychni rekomendatsii [The use of lactic acid in animal husbandry: scientific and practical recommendations]. Kyiv, 2012. 46 p. [in Ukrainian].
3. Solovyova, A.V., & Kalyuzhnaya, O.S. (2022). Tekhnolohichni aspekty rozrobky emulheliiu «Probioskin» [Technological aspects of development of emulgel "Probioskin"]. *Visnyk farmatsii – Herald of pharmacy*, 1 (103), 73–78. <https://doi.org/10.24959/nphj.22.88> [in Ukrainian].
4. Batdorj, B., Trinetta, V., & Dalgalarondo, M. (2007). Isolation, taxonomic identification and hydrogen peroxide production by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* T31, isolated from Mongolian yoghurt: inhibitory activity on food-borne pathogens. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 103, 584–593 [in English].
5. Cebeci, A., & Gurakan, C. (2003). Properties of potential probiotic *Lactobacillus plantarum* strains. *Food Microbiology*. Vol. 20, 511–518 [in English].
6. Cicienia, A., Santangelo, F., & Gambardella, L. (2016). Protective Role of Postbiotic Mediators Secreted by *Lactobacillus rhamnosus* GG Versus Lipopolysaccharide-induced Damage in Human Colonic Smooth Muscle Cells *Journal of Clinical Gastroenterology*. Vol. 50, 140–144 [in English].
7. Kovalenko, V., Kucheruk, M., & Chechet, O. (2022). Effect of the Biosapin probiotic and the Biolide disinfectant on the microclimate of poultry houses. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 13(1), 44–51. [https://doi.org/10.31548/ujvs.13\(1\).2022.44-51](https://doi.org/10.31548/ujvs.13(1).2022.44-51) [in English].
8. Moreno, I., Lerayer, A. L., Baldini, V. L., & Leitão, M. F. D. (2000). Characterization of bacteriocins produced by *Lactococcus lactis* strains. *Brazilian Journal of Microbiology*. Vol. 31 (3), 184–192 [in English].
9. Pali, A., Hungin, S., Mitchell, C. R., & Whorwell, P. (2018). Probiotics in the management of lower gastrointestinal symptoms – an updated evidence-based international consensus. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 47. Suppl. 1. <https://doi.org/10.1111/apt.14539> [in English].
10. Rolf, Shah A. (2015). Probiotic bacteria: functional properties and awareness towards Indian consumers in consuming probiotic food supplements. *Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary*, Vol. 2(3), 392–403 [in English].

*Науково-практичне видання*

*Scientific-practical edition*

**ПОДІЛЬСЬКИЙ ВІСНИК:  
сі́льське господарство,  
техніка, економіка**

**PODILIAN BULLETIN:  
agriculture, engineering,  
economics**

**Міжнародний науковий журнал**

**International scientific journal**

*Випуск 3(44) 2024*

*Issue 3(44) 2024*

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).

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)

**Адреса редакції:**

вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський  
Хмельницької області, 32316  
тел. (03849) 2-43-55; 6-83-24;  
e-mail: main@pdatu.edu.ua

**Editorial Office:**

13, Shevchenko St., Kamianets-Podilskyi,  
Ukraine, 32316  
tel. (03849) 2-43-55; 6-83-24;  
e-mail: main@pdatu.edu.ua

---

Видавничий дім «Гельветика»  
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1  
Тел.: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
Замов. 1024/737. 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 1024/737. E-mail: mailbox@helvetica.ua  
Certificate of the subject of publishing business  
DK No. 7623 dated June 22, 2022