

JOURNAL OF APPLIED RESEARCH Vol. 20, No 2 '2024

# PLANT VARIETIES STUDYING

AND PROTECTION

PRINT ISSN 2518-1017  
ONLINE ISSN 2518-7457

**VARIETY STUDYING  
AND VARIETY SCIENCE**

**BREEDING AND SEED  
PRODUCTION**

**BIOTECHNOLOGY  
AND BIOSAFETY**

**PLANT PRODUCTION**

**PLANT VARIETIES  
PROTECTION**

Журнал — фаховий

Наказ МОН України № 975 від 11 липня 2019 р.  
(сільськогосподарські та біологічні науки)

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**

**С. М. Каленська** (головний редактор)

**Д. Б. Рахметов** (заступник головного редактора)

**В. І. Файт** (заступник головного редактора)

**С. І. Мельник** (шеф-редактор)

**Н. В. Лещук** (відповідальний секретар)

М. З. Антонюк

Б. Барнабас (Угорщина)

Я. Бріндза (Словацька Республіка)

Р. А. Вожегова

Н. Е. Волкова

О. В. Галаєв

Б. В. Дзюбецький

О. В. Дубровна

В. М. Меженський

В. В. Моргун

О. І. Моргунов (Туреччина)

Л. М. Присяжнюк

О. І. Присяжнюк

О. І. Рибалка

Р. Роса (Республіка Польща)

В. М. Соколов

Б. В. Сорочинський

С. М. Хоменко

С. В. Чеботар

В. Ю. Черчель

В. В. Швартау



УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ЕКСПЕРТИЗИ СОРТІВ РОСЛИН

СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНИЙ  
ІНСТИТУТ – НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР  
НАСІННЄЗНАВСТВА  
ТА СОРТОВИВЧЕННЯ НААН  
ІНСТИТУТ ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН  
І ГЕНЕТИКИ НАН УКРАЇНИ

Журнал виходить чотири рази на рік  
Заснований у 2005 р.

Ідентифікатор медіа  
R 30-01984

За достовірність викладених  
у публікаціях фактів відповідають  
автори

**Рекомендовано до друку**  
Вченою радою Українського інституту  
експертизи сортів рослин  
(Протокол № 12 від 27.06.2024)

**Адреса редакційної колегії:**

Український інститут  
експертизи сортів рослин,  
вул. Горіхуватський шлях, 15,  
м. Київ, 03041, Україна

<http://journal.sops.gov.ua>  
e-mail: [journal@sops.gov.ua](mailto:journal@sops.gov.ua)  
Тел.: +38 044 290-40-45

Науковий редактор Б. В. Сорочинський  
Технічний редактор О. Ю. Половинчук  
Літературний редактор А. І. Сидорчук  
Комп'ютерне верстання А. І. Бойко

Підписано до друку 04.07.2024  
Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.  
Ум.-др. арк.  
Наклад 50 прим. Зам.

Друкарня  
ТОВ «ТВОРИ»  
вул. Немирівське шосе, 62а,  
м. Вінниця, 21034, Україна  
Тел.: 0(800) 33-00-90  
e-mail: [info@tvoru.com.ua](mailto:info@tvoru.com.ua)  
<http://www.tvoru.com.ua>

Передплатний індекс 89273

ISSN 2518-1017

Мова видання:  
українська, англійська

© Український інститут експертизи  
сортів рослин, оформлення, оригінал-  
макет, 2024

© Селекційно-генетичний інститут –  
Національний центр насіннєзнавства  
та сортівивчення, 2024

© Інститут фізіології рослин і генетики  
НАН України, 2024

**Journal – specialized publications**

Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine  
No. 975 as of July 11, 2019  
(agricultural and biological sciences)

**EDITORIAL BOARD**

**S. Kalenska** (Head editor)

**D. Rakhmetov** (Deputy leading editor)

**V. Fait** (Deputy leading editor)

**S. Melnyk** (Editor-in-Chief)

**N. Leshchuk** (Executive Secretary)

M. Antonyuk

B. Barnabas (Hungary)

J. Brindza (Slovak Republic)

R. Vozhehova

N. Volkova

O. Halaiev

B. Dziubetskyi

O. Dubrovna

V. Mezhenyskyi

V. Morhun

A. Morgunov (Turkey)

R. Rosa (Poland)

L. Prysiazhniuk

O. Prysiazhniuk

O. Rybalka

V. Sokolov

B. Sorochnytskyi

S. Khomenko

S. Chebotar

V. Cherchel

V. Shvartau



UKRAINIAN INSTITUTE FOR PLANT  
VARIETY EXAMINATION

PLANT BREEDING & GENETICS  
INSTITUTE – NATIONAL CENTER  
OF SEEDS AND CULTIVAR  
INVESTIGATION

INSTITUTE OF PLANT PHYSIOLOGY  
AND GENETICS, NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF UKRAINE

Published 4 times a year

Media identifier  
R 30-01984

The authors are responsible for the  
reliability of the information in the  
materials published in the Journal

Recommended for publication by  
Academic Board of the Ukrainian  
Institute for Plant Variety Examination  
(Record No. 12, 27.06.2024)

Editorial Board contacts:  
Ukrainian Institute for Plant Variety  
Examination,  
15 Horihuvatskyi shliakh St.,  
Kyiv 03041, Ukraine

<http://journal.sops.gov.ua/>  
e-mail: [journal@sops.gov.ua](mailto:journal@sops.gov.ua)  
Phone: +38 044 290-40-45

Science editor	B. V. Sorochnytskyi
Technical editor	O. Yu. Polovynchuk
Literary editor	A. I. Sydorchuk
Computer-aided makeup	A. I. Boyko

Signed to print 04.07.2024  
Format 60×84 1/8. Offset Paper.  
Conventional printed sheet.  
50 numbers of copies.

Printing office  
LLC «TVORY»  
62a Nemyrivske highway  
Vinnytsia 21034, Ukraine  
Phone: 0(800) 33-00-90  
e-mail: [info@tvoru.com.ua](mailto:info@tvoru.com.ua)  
<http://www.tvoru.com.ua>

Ukrainian subscription index  
of the print version: 89273  
ISSN 2518-1017

Languages of publication:  
Ukrainian, English

© Ukrainian Institute for Plant Variety  
Examination, formatting, makeup, 2024

© Plant Breeding & Genetics Institute –  
National Center of Seeds and Cultivar  
Investigation, 2024

© Institute of Plant Physiology and  
Genetics, National Academy of Sciences  
of Ukraine, 2024

## ЗМІСТ

### СОРТОВИВЧЕННЯ ТА СОРТОЗНАВСТВО

Молодченкова О. О., Коблай С. В., Тихонов П. С.,  
Безкровна Л. Я., Ришчакова О. В., Левицький Ю. А.,  
Унтілова І. А.

Біохімічний склад насіння різних сортів гороху

### СЕЛЕКЦІЯ ТА НАСІННИЦТВО

Сауляк Н. І., Трасковецька В. А., Васильєв О. А.,  
Бушулян М. А., Руденко В. А., Цапенко В. М.

Стойкість сортів пшениці м'якої озимої  
проти збудників основних листостеблових хвороб  
в умовах Півдня України

### БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОБЕЗПЕКА

Гапоненко А. М., Гнатюк А. М., Сальнікова А. В.,  
Рахметов Д. Б.

Накопичення алюмінію в наземних частинах рослин-  
сидератів з родини *Brassicaceae*

### РОСЛИННИЦТВО

Демидов О. А., Дубовик Н. С., Кириленко В. В.,  
Гуменюк О. В., Сіроштан А. А., Сабадин В. Я.,  
Куманська Ю. О., Лось Р. М., Власенко І. С.,  
Лашук С. О.

Формування елементів продуктивності сортів  
пшениці озимої в умовах Центрального Лісостепу  
залежно від агротехнічних чинників

Господаренко Г. М., Любич В. В., Сіліфонов Т. В.

Вплив різних видів і доз добрив на формування  
структури врожаю пшениці м'якої озимої  
сортів 'КВС Еміл' і лінії 'Пріно'

Корхова М. М.

Вплив передпосівної обробки насіння суспензією  
хлорели на продуктивність різних сортів  
*Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf. та *T. spelta* L.

Топчій О. В., Смульська І. В., Житомирець О. С.,  
Присяжнюк Л. М., Гринів С. М., Михайлик С. М.,  
Кулик Т. Є.

Урожайність та якість зерна нових сортів  
жита посівного (озимого) (*Secale cereale* L.)  
у різних ґрунтово-кліматичних зонах

### ОХОРОНА ПРАВ НА СОРТИ РОСЛИН

Захарчук О. В., Ткачик С. О., Сиплива Н. О.,  
Голіченко Н. Б., Линчак Н. Б., Ковальчук Є. С.  
Удосконалення практики сортовипробування в Україні  
з огляду на міжнародний досвід

Українському інституту експертизи сортів рослин –  
22 роки!

## CONTENTS

### VARIETY STUDYING AND VARIETY SCIENCE

Molodchenkova O. O., Koblai S. V., Tykhonov P. S.,  
Bezкровna L. Ya., Ryshchakova O. V.,  
Levytskyi Yu. A., Untilova I. A.

74 Biochemical composition of seeds from different pea  
varieties

### BREEDING AND SEED PRODUCTION

Sauliak N. I., Traskovetska V. A., Vasyliiev O. A.,  
Bushulian M. A., Rudenko V. A., Tsapenko V. M.

84 Resistance of soft winter wheat varieties  
against pathogens of major leaf-stem diseases  
in the South of Ukraine

### BIOTECHNOLOGY AND BIOSAFETY

Gaponenko A. M., Gnatiuk A. M., Salnikova A. V.,  
Rahmetov D. B.

90 The accumulation of aluminum in the aboveground parts  
of green manure plants belonging to the *Brassicaceae*  
family

### PLANT PRODUCTION

Demydov O. A., Dubovyk N. S., Kyrylenko V. V.,  
Gumeniuk O. V., Siroshstan A. A., Sabadyn V. Ya.,  
Kumanska Yu. O., Los R. M., Vlasenko I. S.,  
Lashuk S. O.

96 Formation of productivity elements of winter wheat  
varieties depending on agrotechnical factors  
in the conditions of the central Forest-Steppe

Hospodarenko H. M., Liubych V. V., Silifonov T. V.

104 The influence of different types and doses of fertilizers  
on the formation of the structure of the yield of soft  
winter wheat variety 'KWS Emil' and line 'Prino'

Korkhova M. M.

111 The effect of pre-sowing seed treatment with chlorella  
suspension on the productivity of different varieties  
of *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf. and *T. spelta* L.

Topchii O. V., Smul'ska I. V., Zhytomyrets O. S.,  
Prysiashniuk L. M., Hryniv S. M., Mykhailyk S. M.,  
Kulyk T. E.

120 Yield and grain quality of new varieties of winter rye  
(*Secale cereale* L.) in different soil and climatic zones  
of Ukraine

### PLANT VARIETIES PROTECTION

Zakharchuk O. V., Tkachyk S. O., Sypliva N. O.,  
Holichenko N. B., Lynchak N. B., Kovalchuk Ye. S.

127 Improvement of the practice of plant variety testing  
in Ukraine on the basis of international experience

135 Ukrainian Institute for Plant Variety Examination turns 22!

## Biochemical composition of seeds from different pea varieties

O. O. Molodchenkova\*, S. V. Koblai, P. S. Tykhonov, L. Ya. Bezкровna,  
O. V. Ryshchakova, Yu. A. Levitsky, I. A. Untilova

*Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, 3 Ovidiopolska doroha St., Odesa, 65036, Ukraine, \*e-mail: olgamolod@ukr.net*

**Purpose.** To study the biochemical parameters characterising seed quality in pea varieties of different morphotypes for the selection of genotypes with improved nutritional properties. **Methods.** Seeds of 37 different morphotypes [leafy, leafless, heterophyllous (chameleon)] of domestic and foreign pea varieties were studied. Standard and laboratory developed methods of biochemical analysis of plants (Kjeldahl method, spectrophotometric methods, electrophoresis) were used. The statistical analysis of the research results was carried out using the software LibreOffice Calc (GNU Lesser General Public License v3) and the image analysis software Imagemagel. **Results.** The presence of varietal differences in the biochemical parameters studied related to seed quality (protein content, flavonoids, lipoxygenase activity, trypsin inhibitor, lectins), the content of the main fractions of the protein complex (legumin and vicilin) and their ratio in seeds of different morphotypes was established. The electrophoretic and amino acid analyses revealed varietal differences (in the relative content of certain protein components in the electropherogram, the presence/absence of some components in the electrophoretic spectra of vicilin and legumin, and their amino acid composition) that affect the nutritional value of pea seeds. **Conclusions.** The application of the biochemical criteria studied makes it possible to select varieties of food peas with specific technological parameters.

**Keywords:** *pea; seed quality; protein; vicilin; legume; flavonoids; anti-nutritional factors.*

### Introduction

Peas (*Pisum sativum* L.) have long been cultivated and are becoming increasingly important for agriculture worldwide due to their valuable food and fodder properties, high yields, and the possibility of using them as the best predecessor for cereals [1]. Today, pea culture is represented by various morphotypes: leafy, leafless, heterophyllous and lupinoid forms [2]. Pea

seeds contain 20–35% protein, starch, sugars, fat, vitamins (A, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, C, PP, K, E), carotene, minerals (potassium, calcium, manganese, iron, phosphorus salts). Pea proteins are characterised by good solubility, digestibility and high biological value. They contain all the essential amino acids necessary for the normal functioning of the body. Therefore, growing this crop plays an important role in solving both the problem of vegetable protein deficiency and providing valuable food, dietary and medicinal products [3, 4].

It was found that the most promising proteins for the production of foods from pulses are globulin fractions with sedimentation constants of 7S and 11S, and their content and ratio in total protein determine its quality, since they are unbalanced in amino acid composition [5]. Pea storage proteins consist mainly of three globulins – legumin, vicillin and convicillin. Pea legumin is a hetero-oligomer with a molecular weight of 330–410 kDa. It consists of six polypeptides with a molecular weight of ~ 60 kDa, containing an acidic  $\alpha$  (38–40 kDa) and a basic

*Olga Molodchenkova*  
<https://orcid.org/0000-0003-2511-0866>

*Svitlana Koblai*  
<https://orcid.org/0000-0002-4509-2717>

*Pavlo Tykhonov*  
<https://orcid.org/0000-0001-8738-7946>

*Lidiya Bezкровna*  
<https://orcid.org/0000-0003-2227-1541>

*Olga Ryshchakova*  
<https://orcid.org/0000-0003-0621-6171>

*Yuri Levitsky*  
<https://orcid.org/0000-0003-1203-8498>

*Iryna Untilova*  
<https://orcid.org/0009-0001-7072-5141>

$\beta$  (19–20 kDa) subunit ( $\alpha + \beta$ ) linked by disulfide bonds. Pea vicillin is a protein with a molecular weight of 150–170 kDa and a trimeric structure consisting of 3 subunits ( $\alpha + \beta + \gamma$ ). Pea convicillin is a protein with a molecular weight of about 290 kDa and a trimeric structure. It is known that legume and vicillin are glycolated and contain covalently bound carbohydrates: the former – glucose, mannose and glucosamine, and vicillin fractions, mainly mannose [6, 7]. Pulses contain a significant amount of polyphenolic compounds, particularly flavonoids, which are natural antioxidants with a wide range of biological activities [8, 9].

The nutritional properties of legume seeds are associated with the presence of substances such as trypsin inhibitors, lectins, lipoxygenase, which negatively affect the nutritional and feed value of seeds. For example, because trypsin inhibitors block the active centers of gastrointestinal enzymes, the digestibility of dietary proteins is reduced, which increases the deficiency of essential amino acids and causes pancreatic hypertrophy. Pea trypsin inhibitors are similar in structure to the well-characterized Baumann-Birk inhibitors found in soybeans. These proteins contain two active sites that mainly inhibit proteolytic enzymes (trypsin and chymotrypsin) [10]. Heat treatment has been shown to reduce the activity of protease inhibitors in pea seeds by up to 86%, but this affects the nutritional value of the seeds by reducing the content of lysine, methionine and cysteine [11]. Lectins are proteins with specific biological properties that can reversibly and selectively bind carbohydrates without causing their chemical transformation. These proteins can cause digestive problems and contribute to inflammatory diseases, such as rheumatoid arthritis and type 1 diabetes, by binding to cells for long periods of time and triggering an autoimmune response [12]. Lipoxygenase (EC number 1.13.11.12) is an iron-containing dioxygenase that catalyses the hydroperoxidation of linoleic acid and other polyunsaturated fatty acids and their esters, as well as glycerides with *cis,cis*-1,4-pentadiene structures. The products formed during the enzymatic reaction are very important for food quality. Hydroperoxide derivatives and their degradation products can react with proteins, peptides and amino acids, resulting in off-flavours and reduced nutritional value. The action of lipoxygenase also generates free radicals that can react with and destroy chlorophylls, carotenoids, ascorbic acid, phenols and alpha-tocopherol [13].

Pea breeding is carried out in many directions: grain, forage, food, vegetable and techni-

cal [14]. The expediency and effectiveness of breeding work to improve the habitus of pea plants, as well as the possibility of their further use as a source material for improving seed quality and for food purposes, have been established [15, 16]. The development of the system of production, processing of leguminous crops and use of legume products for food purposes has significantly increased the requirements for seed quality and brought to the fore the problem of creating new high quality varieties for food use. In this context, the study of the biochemical composition of seeds of new pea varieties and the inclusion of genotypes with the required biochemical composition in the breeding process to create varieties with improved nutritional properties is an urgent problem and of considerable theoretical and practical importance. Carrying out such research will enable breeders to direct their breeding efforts more effectively to produce pea varieties that best meet modern food production requirements.

*The purpose of the research* is to study biochemical parameters characterising seed quality in pea varieties of different morphotypes for the selection of varieties with improved nutritional properties.

### Materials and methods

The object of research was the seeds of different morphotypes (leafless, leafy, heterophyllous) varieties of peas (*P. sativum*) of Ukrainian and foreign breeding in the experiment of ecological variety testing of the Department of Breeding, Genetics and Seeding of Legume Crops of the Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation (PBGI – NCSCI): varieties of the leafless morphotype – ‘Kharkivskiy Etalonnyi’, ‘Mahnat’, ‘Metsenat’, ‘Oplot’, ‘Haiduk’, ‘Kamer-ton’, ‘Deviz’, ‘Chekryhinskyi’, ‘Tsarevych’ [originator Yuriev Plant Production Institute (Yuriev PPI), Ukraine], ‘Bilyi Anhel’, ‘Svit’, ‘Svit2’, ‘Darunok stepu’, ‘Hudevychi’ (originator PBGI – NCSCI, Ukraine), ‘Kombainovyi 1’, ‘Vusatyi 90’ [originator Luhansk National Agrarian University (LNAU), Ukraine], ‘Hotivskiy’ [originator of NSC “Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine” (NSC “IA NAAS”), Ukraine], ‘Achat’, ‘Zekon’, ‘Terno’ (originator Selgen, Czech Republic), ‘Astronavt’, ‘Madonna’, ‘Salamanka’ (originator “Norddeutsche Pflanzenzucht Hans-Georg Lembke KG”, Germany), ‘Profit’ (originator Limagrain, France), ‘Stabil’ (originator Saatbau Linz, Austria), ‘Petronium’ [originator Scientific and Production Agricultural Corporation Stepova Limited Liability Company (SPAC Ste-

pova LLC), Ukraine], 'Enduro', 'Balltrap' (originator Florimond Desprez, France); leaf morphotype varieties – 'Asket', 'Kharkivianyn', 'Intensyvnyi 92' (originator Yuriev PPI, Ukraine), 'Topaz' (originator PBGI – NCSCI, Ukraine), 'Luhanskyi', 'Blahodatnyi' (originator LNAU, Ukraine), 'Liulynetskyi Korotkosteblovyi' (originator Uladovo-Liulynetska Research and Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS, Ukraine); varieties of the heterophyllous morphotype (chameleon) – 'Spartak', 'Orel', 'A31397' (originator of ARRILC, Russia).

The field trials of ecological variety testing of peas were carried out in the selection crop rotation of the experimental base of the PBGI – NCSCI "Dachne", located in the southern part of the Black Sea lowland (the terrain is represented by an almost ideal plain) in the steppe zone of the Odesa region, according to the generally accepted methods of field trials and technology of pea cultivation in 2021–2023. Sowing was carried out with the SKS-6-10 portioned seeder at a rate of 1.2 million germinating seeds per 1 ha. The plot size in the variety trial was 10 m<sup>2</sup>, replicated three times with a randomized arrangement of the varieties. Harvesting was carried out in a single stage at full grain maturity using a Sampo 130 combine harvester, followed by yield recording.

The soil cover is southern medium humus, highly loamy chernozems on loess deposits. The thickness of the humus layer is 40–50 cm and the humus content is 3.5–4.5%. The amount of absorbed bases is 40–45 mg-eq per 100 g of soil. Amount of available forms of nutrients (mg-eq per 100 g of soil) 3–4 nitrogen, 10–15 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 20–30 K<sub>2</sub>O. The reaction of the soil solution is neutral or slightly alkaline (pH of the saline extract 6.0–7.2).

The climatic conditions in the study area are moderately warm, mainly under the influence of Atlantic and Mediterranean air masses. The average annual air temperature is +9.6 °C, and the sum of the effective temperatures is 3300 °C. Winters are mild and short. The coldest month is January, with a long-term average temperature of –2 °C. Spring arrives early, with temperatures exceeding +5 °C in the second or third decade of March. Summers are long and hot. The soil loses moisture in summer due to high temperatures and a drop in relative humidity of 35–40%, which leads to frequent dry winds. The temperature regime of the region does not limit the development of peas, but dry conditions are usually accompanied by higher temperatures, which inhibits plant growth. The aridity of the climate is caused not only by the lack of total rainfall (380–450 mm), but also by its uneven

distribution during the growing season. Maximum summer rainfall usually occurs at the end of the pea growing season and often has no effect on plant growth and development. Inadequate rainfall is a factor limiting yields in the region. Spring and autumn are the driest seasons. The years of the trials were very different in terms of weather conditions – they were contrasting, with different levels of rainfall and heat. One of the important elements that characterize moisture availability is the hydrothermal coefficient (HTC): the ratio of moisture supply to moisture loss over a given period of time. Good moisture availability (HTC = 0.93–1.35) over the study period 2021–2023 was observed in our region in 2021, 2023, while near drought (HTC = 0.38) was observed in 2022, corresponding to the steppe zone.

Protein content was determined by the Kjeldahl method on a Kjeltec Auto-1030 (FOSS) and protein fractionation was performed according to the method [6].

Protein electrophoresis was performed in 15% (PAGE) containing 1% sodium dodecyl sulphate (SDS) at pH 8.3 according to the Lemmley method [17] using a Hem-Hoff system (USA). The following protein mixture from Serva (Nimmechanina) was used as molecular weight markers: phosphorylase B (97 kDa), bovine serum albumin (67 kDa), egg albumin (44 kDa), chymotrypsinogen (25 kDa), trypsin inhibitor (20.1 kDa), ribonuclease (13.7 kDa). Coomassie blue R-250 (Serva, Nijmegen) was used to visualize the electropherograms. The molecular weight of the components of the protein fractions was calculated according to the calibration curve of the relationship between log M and the relative mobility of the protein with respect to the mobility of bromophenol blue. The percentage of components in the electrophoretic spectra of the proteins was determined using Imagem image analysis software.

The amino acid composition of the proteins was analysed using a Hitachi-835 automatic amino acid analyzer (Japan). The proteins were hydrolyzed in 6 M hydrochloric acid at +105 °C in hermetically sealed bottles for 24 hours. After hydrolysis, the samples were evaporated in a rotary evaporator "Rotadest" (Hungary) and the precipitate was dissolved in 0.02 M hydrochloric acid.

Total flavonoid content was determined by a modified method [8]. Flavonoids were extracted with 70% ethanol at a 1 : 10 ratio of sample to extractant. The extraction was carried out in a water bath at +80 °C for 60 minutes. The method for the determination of flavonoids is based on the reaction of flavonoid complexation with alu-

minum chloride. The reaction of complexation with aluminum chloride develops within 40 minutes and the complex remains stable for 1 hour. The flavonoid whose maximum absorbance of the complex most closely matches the maximum absorbance of the complex with aluminum chloride of the sample under investigation (rutin) was used as a standard. The optical density of the resulting solution was measured on a spectrophotometer at a wavelength of 420 nm.

The activity of lipoxygenase was determined by the spectrophotometric method of coupled oxidation of  $\beta$ -carotene in the presence of linoleic acid at 440 nm. Lipoxygenase was extracted from ground pea seeds with petroleum ether (boiling point 40–60 °C). After removal of the ether, the material was mixed with 50 ml of water, shaken for one hour and centrifuged to obtain a clear solution. The extract obtained was treated with a small amount of active charcoal and filtered through a folded filter to remove the colour. The filtrate containing the lipoxygenase solution was stored in toluene at 5 °C under vacuum. The substrate used was linoleic acid obtained from fresh linseed oil by cold saponification with 10% KOH, followed by distillation of unsaturated fatty acids in a vacuum at +160 °C under 4 mm Hg and freezing at –20 °C. The resulting linoleic acid, with a refractive index of  $n_D^{20} = 1.4698$ , was stored in ampoules under vacuum at –5 °C. A solution of the sodium salt of linoleic acid was prepared immediately before the experiment by dissolving the calculated amount of linoleic acid in 0.1 n NaOH, based on a linoleic acid content of 1 mg per ml. The carotene solution contained 1.5 mg of crystalline carotene in 100 ml of a mixture consisting of 75 ml of twice-distilled acetone and 25 ml of alcohol. Lipoxygenase activity was inhibited with a 20% aqueous NaOH solution. To carry out the experiment, 47 ml of H<sub>2</sub>O and 3 ml of phosphate buffer at pH 6.5 were added to two 250 ml flasks, one of which was the control flask. Then 2 ml of 20% NaOH was added to the control flask. Then 1 ml of Na salt of linoleic acid, 5 ml of carotene solution and 0.1 to 1 ml of aqueous lipoxygenase extract were added to the flasks. After a fixed time, 2 ml of 20% NaOH was added to the test flask to stop the action of lipoxygenase.

Lipoxygenase activity was expressed in units of optical density at 440 nm per 1 mg per minute.

Trypsin inhibitor activity was determined by the decrease in the rate of casein hydrolysis in the presence of the inhibitor [18]. Lectin activity was determined by the Lutsik method [19].

The experiments were carried out in triplicate biological and analytical replicates. Statistical analysis of the results was performed us-

ing LibreOffice Calc software (GNU Lesser General Public License v3).

## Results and discussion

The results of the research showed that the protein content in the seeds of pea varieties studied ranged from 20.5 to 25.7% on an absolutely dry basis: in varieties of the leafless morphotype, the average protein content was  $22.7\% \pm 0.50$ ; in varieties of the leafy morphotype –  $23.1\% \pm 0.29$ ; flavonoid content – from 43 to 67  $\mu\text{g/g}$  of seeds: in the varieties of the leafless morphotype, the average flavonoid content was  $60.2 \mu\text{g/g} \pm 1.85$ ; in the varieties of the leafy morphotype –  $49.0 \mu\text{g/g} \pm 3.46$ ; trypsin inhibitor activity ranged from 1.35 to 1.65 g/kg of seeds: in varieties of the leafless morphotype, the average activity of trypsin inhibitors was  $1.47 \text{ g/kg} \pm 0.04$ ; in varieties of the leafy morphotype –  $1.44 \text{ g/kg} \pm 0.007$ ; lectin activity – from 0.002 to 0.003  $\mu\text{g}/(\text{mg protein})^{-1}$ : in varieties of the leafless morphotype, the average lectin activity was  $0.00276 \mu\text{g}/(\text{mg protein})^{-1} \pm 0.000133$ , in varieties of the leafy morphotype –  $0.00239 \mu\text{g}/(\text{mg protein})^{-1} \pm 0.0006$ ; lipoxygenase activity from 0.073 to 0.283  $\Delta_{234} \text{ U/mg protein}$ : in the varieties of the leafless morphotype, the average lipoxygenase activity was  $0.112 \Delta_{234} \text{ U/mg protein} \pm 0.03$ , in the varieties of the leafy morphotype –  $0.152 \Delta_{234} \text{ U/mg protein} \pm 0.06$ . The varieties of the leafless morphotype included in the study were distinguished by a higher content of flavonoids compared to the varieties of the leaf morphotype (the difference between the mean values of the varieties is significant at  $P \leq 0.05$ ) (Table 1).

The proteins of the studied pea varieties are characterized by the presence of all the essential amino acids, including a high content of lysine, valine, phenylalanine, leucine and amino acids such as aspartic acid, glutamic acid, arginine, but are deficient mainly in the content of sulphur-containing amino acids (methionine and cysteine) (Table 2). Our amino acid analysis of pea seed proteins showed a low variability of this indicator in the varieties studied, probably due to the structure of their storage proteins [6, 7].

The study of the protein content in the seeds of a collection of pea varieties of different morphotypes showed a variation of this indicator from 18.99 to 26.36% on absolute dry basis: in varieties of the leafless morphotype the average protein content was  $22.53\% \pm 0.29$ ; in varieties of the leafy morphotype –  $23.55\% \pm 0.34$ ; in varieties of the heterophyllous morphotype (chameleon) –  $22.90\% \pm 0.7$  (Table 3). The content of the main legume proteins – globulins, accor-



Table 1

**Biochemical characteristics of seeds of different pea varieties (2021–2022)**

Variety	Protein content, %	Trypsin inhibitor activity, g/kg	Lipoxygenase activity, $\Delta E_{234/mg}$	Lectin activity, $\mu g/(mg \text{ protein})^{-1}$	Flavonoid content, $\mu g/g$
Varieties of the leafless morphotype					
'Kharkivskiy Etalonnyi'	23.5 ± 0.14	1.57 ± 0.02	0.073 ± 0.004	0.002512 ± 0.0001	67.0 ± 0.34
'Svit'	22.5 ± 0.12	1.45 ± 0.02	0.232 ± 0.002	0.00294 ± 0.0003	57.0 ± 0.22
'Achat'	23.9 ± 0.11	1.55 ± 0.04	0.091 ± 0.001	0.00297 ± 0.0001	61.0 ± 0.31
'Hotivskiy'	21.0 ± 0.09	1.35 ± 0.01	0.076 ± 0.002	0.00301 ± 0.0004	57.0 ± 0.28
'Madonna'	22.6 ± 0.12	1.41 ± 0.02	0.086 ± 0.002	0.00237 ± 0.0001	59.0 ± 0.19
$\bar{x}$	22.7 ± 0.50	1.47 ± 0.04	0.112 ± 0.03	0.00276 ± 0.000133	60.2* ± 1.85
CV, %	4.94	6.36	60.66	10.76	6.89
Varieties of leafy morphotype					
'Intensyvnyi 92'	23.2 ± 0.11	1.32 ± 0.01	0.280 ± 0.002	0.00313 ± 0.0002	55.0 ± 0.21
'Liulynetskiy Korotkosteblovyi'	22.6 ± 0.16	1.35 ± 0.09	0.080 ± 0.003	0.00106 ± 0.0001	43.0 ± 0.18
'Topaz'	23.6 ± 0.09	1.65 ± 0.03	0.096 ± 0.004	0.00299 ± 0.0002	49.0 ± 0.19
$\bar{x}$	23.1 ± 0.29	1.44 ± 0.07	0.152 ± 0.06	0.00239 ± 0.0006	49.0* ± 3.46
CV, %	2.18	12.67	73.12	48.34	12.24

\* the difference between the mean values of the parameters of varieties of different morphotypes is significant at  $P = 0.05$ .

Table 2

**Amino acid composition of pea seeds, mg/100 g of seeds**

Amino acid	Variety		
	leafless morphotype		leafy morphotype
	'Svit'	'Kharkivskiy'	'Topaz'
Tryptophan	0.17* ± 0.01	0.16* ± 0.02	0.18* ± 0.01
Lysine	1.62* ± 0.03	1.47* ± 0.04	1.61* ± 0.02
Histidine	0.40* ± 0.01	0.38* ± 0.01	0.40* ± 0.02
Arginine	1.62* ± 0.05	1.42* ± 0.03	1.82* ± 0.03
Aspartic acid	2.78* ± 0.03	2.43* ± 0.04	2.69* ± 0.04
Threonine	0.84 ± 0.02	0.75 ± 0.01	0.84 ± 0.02
Serine	0.95 ± 0.02	0.87 ± 0.01	0.94 ± 0.02
Glutamic acid	3.54* ± 0.06	3.10* ± 0.05	3.39* ± 0.04
Proline	0.93 ± 0.01	0.89 ± 0.01	0.93 ± 0.02
Glycine	0.95 ± 0.01	0.79 ± 0.01	0.95 ± 0.02
Alanine	0.92 ± 0.02	0.83 ± 0.01	0.92 ± 0.02
Valine	1.09 ± 0.03	1.04 ± 0.04	1.07 ± 0.03
Methionine	0.33* ± 0.01	0.24* ± 0.01	0.43* ± 0.02
Cysteine	traces	traces	traces
Isoleucine	0.92 ± 0.01	0.86 ± 0.02	0.92 ± 0.02
Leucine	1.56* ± 0.04	1.43* ± 0.03	1.56* ± 0.04
Tyrosine	0.83 ± 0.02	0.72 ± 0.01	0.67 ± 0.01
Phenylalanine	1.09 ± 0.05	0.99 ± 0.03	1.19 ± 0.04

\* the difference between the content of the marked amino acids and the content of the other amino acids of each variety is significant at  $P \leq 0.05$ .

ding to our data, depending on the pea variety, ranged from 55.4 to 79.0% of the total protein content. According to the literature [6], legumes (11S-globulin) and vicilin (7S-globulin) differ in the quantitative content of individual amino acids. According to our data, vicilin has less glutamic acid and aspartic acid, arginine, serine, lysine, while legume is enriched in these amino acids (Table 4), so it is very important to take into account the ratio of 11S/7S globulins.

The ratio of these fractions determines the functional properties of these proteins and thus the quality of the products and their technological properties.

The pea varieties studied differed in the quantitative content of vicilin and legumin and their ratio. Thus, the content of vicilin (7S globulin) varied from 8.33 to 22.50% of the total protein in pea seeds depending on the variety: the average vicilin content was  $14.36\% \pm 0.53$  in varieties of the leafless morphotype;  $13.74\% \pm 0.7$  in varieties of the leafy morphotype;  $12.05\% \pm 2.4$  in varieties of the heterophilous morphotype. The content of legumin (11S globulin) ranged from 13.60 to 37.34% of the total protein in seeds: in varieties of the leafless morphotype the average content of legumin was  $22.34\% \pm 0.92$ ; in varieties of the leafy morphotype –  $25.24\% \pm 3.5$ ; in varieties of the heterophilous morphotype –  $17.15\% \pm 1.6$ . The ratio of 11S/7S globulins ranged from 0.95 to 2.53: in varieties of the mustachioed morphotype –  $1.62 \pm 0.1$  (average for varieties); in varieties of the leafy morphotype –  $1.84 \pm 0.25$ ; in varieties of the heterophilous morphotype –  $1.50 \pm 0.2$  (Table 3).

According to electrophoretic analysis (Figures 1–4), the 7S globulin protein fraction contained 29 polypeptide components and the 11S fraction contained 38 polypeptide bands with molecular weights ranging from 97 to 10 kDa. The 11S protein fraction contained the major components with molecular weights in the range of 60–67 kDa, 45 kDa, 40 kDa and 35 kDa, which according to the literature can be attributed to legumes [6, 20]. The component with a molecular weight of 40 kDa belongs to the acidic subunit of legumes. The electrophoretic spectrum of 7S globulins contains 5 components of vicilin with molecular weights in the range of 97 kDa, 65 kDa, 44–45 kDa and 35 kDa, 5 components of conglycinin with molecular weights in the range of 200–100 kDa, 63–67 kDa and 4 components of provicilin with molecular weights in the range of 66 kDa,

Table 3

**Protein, 11S and 7S globulins content and their ratio in seeds of pea varieties of different morphotypes (2022–2023)**

Variety	Protein content, % on abs. dry substance	1S globulin (legumin) content, % of protein	7S globulin (vicillin) content, % of protein	11S/7S
Varieties of the leafless morphotype				
'Achat'	21.00	15.76	13.26	1.19
'Astronavt'	21.82	15.30	16.00	0.95
'Mahnat'	22.21	17.71	14.68	1.21
'Madonna'	23.27	19.74	12.61	1.56
'Metsenat'	21.56	19.68	13.80	1.54
'Oplot'	21.34	24.55	16.31	1.60
'Profit'	20.49	26.40*	13.71	2.04*
'Svit2'	23.06	18.37	13.01	1.57
'Haiduk'	22.23	23.38	11.46	2.18
'Zekon'	22.74	26.03*	14.67	1.92
'Kamerton'	22.05	24.62	12.68	2.09*
'Darunok Stepu'	22.84	22.87	12.54	1.99
'Kombainovyi 1'	23.91	22.38	12.12	2.01*
'Stabil'	22.41	25.83*	22.55*	1.15
'Terno'	21.88	23.62	12.42	1.90
'Deviz'	18.99	13.60	12.77	1.06
'Vusatyi 90'	21.98	18.09	17.87*	1.01
'Chekryhinskyi'	24.98*	20.02	17.92*	1.12
'Hudevychi'	22.98	19.91	17.65*	1.13
'Petronium'	26.35*	18.70	16.10	1.16
'Tenduro'	22.77	29.50*	11.21	2.63*
'Balltrap'	23.42	27.74*	14.24	2.03*
'Tsarevych'	24.17*	29.48*	10.59	2.78*
'Salamanka'	22.48	29.23*	14.73	1.98
'Bilyi Anhel'	22.28	26.04*	14.08	1.85
Average by morphotype	22.53 ± 0.29	22.34 ± 0.92	14.36 ± 0.53	1.66 ± 0.10
Varieties of the leafy morphotype				
'Luhanskyi'	23.06	16.73	12.37	1.35
'Blahodatnyi'	22.84	22.28	15.57	1.43
'Intensyvnyi 92'	24.78*	28.32*	11.90	2.38*
'Topaz'	23.38	37.34*	14.73	2.53*
'Kharkivianyn'	23.71	21.52	14.11	1.52
Average by morphotype	23.55 ± 0.34	25.24 ± 3.54	13.74 ± 0.70	1.84 ± 0.25
Varieties of heterophyllous morphotype (chameleon)				
'Spartak'	22.79	18.06	16.65*	1.08
'Orel'	24.26*	19.36	11.16	1.73
'A <sub>3</sub> 1397'	21.67	14.03	8.33	1.68
Average by morphotype	22.90 ± 0.7	17.15 ± 1.6	12.05 ± 2.4	1.50 ± 0.20
$\bar{x}$	22.72 ± 0.24	22.31 ± 0.92	14.05 ± 0.47	1.68 ± 0.08
Max	26.36	37.34	22.55	2.78
Min	18.99	13.60	8.33	0.95
CV,%	6.05	23.77	19.23	26.24

\* the difference between the average value of the biochemical indicator across varieties and the value of the indicator for a particular variety is significant at  $P \leq 0.05$ .

30 kDa, 20 kDa and 14.4 kDa. It has been shown that vicilin and convicilin, especially convicilin with a molecular weight of 63 kDa and vicilin with a molecular weight of 44 kDa, can cause an allergic reaction in the human body [21]. We found clear differences in the intensity of staining and displacement of globulin protein components of the same mobility level, as well as the presence and absence of components characteristic of a particular variety (Figures 1–4).

For example, in the electrophoretic spectrum of the 7S globulins in the 'Kamerton' variety, there are no components in the 67 and 25 kDa

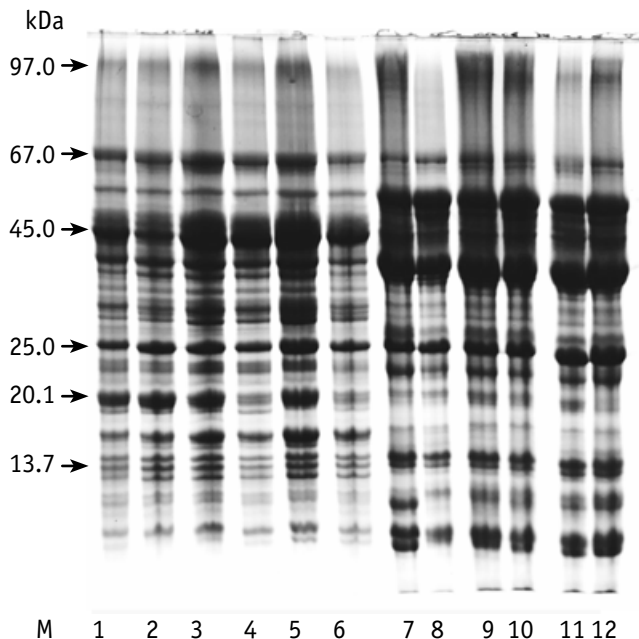
zone. In 'Metsenat', the intensity of the 7S-globulin components with a molecular weight of 66 and 50 kDa was significantly increased. In the variety 'Intensyvnyi 92' (leafy morphotype) the electrophoretic spectrum of 7S globulins contains components with a molecular weight of 25 and 14 kDa, which are absent in the varieties of the leafless morphotype 'Zekon', 'Darunok Stepu', 'Kamerton', 'Kombainovyi 1'. In the electrophoretic spectrum of 11S globulins of the varieties 'Petronium', 'Darunok Stepu', 'Metsenat' a component with molecular weight 66 kDa was found, which is absent in other varieties of the leafless morphotype.

Table 4

## Amino acid composition of vicilin and pea legumin, mg/100 mg

Variety	Tyrosine	Arginine	Histidine	Lysine	Glutamic acid	Aspartic acid	Serine	Proline	Alanine	Leucine	Isoleucine
Varieties of the leafless morphotype											
Vicilin (7S)											
'Kharkivskiy'	3.66±0.049	1.55±0.023	0.69±0.037	3.43±0.051	9.13±0.017	7.55±0.081	2.66±0.013	9.44±0.061	2.46±0.034	7.40±0.06	4.60±0.035
'Etalonnyi'	4.82±0.091	6.12±0.042	1.05±0.043	5.40±0.071	13.37±0.23	7.55±0.072	2.67±0.016	9.44±0.072	7.40±0.058	7.40±0.052	5.26±0.065
'Svit'	1.11±0.037	0.40±0.017	1.56±0.026	1.11±0.009	1.05±0.017	0.78±0.024	0.32±0.011	0.62±0.015	0.40±0.009	1.26±0.012	1.06±0.005
'Achat'	3.19±1.09	2.69*±1.75	1.10±0.25	3.31*±1.24	7.85*±3.61	5.29*±2.26	1.88*±0.78	6.50±2.94	3.42±2.07	5.35±2.04	3.64±1.30
$\bar{x}$											
Legumin (11S)											
'Kharkivskiy'	1.82±0.010	6.43±0.069	1.56±0.031	4.43±0.039	1.42±0.014	8.52±0.089	3.24±0.02	5.17 ± 0.038	3.71±0.026	8.44±0.068	4.67±0.032
'Etalonnyi'	3.63±0.059	3.68±0.028	1.44±0.012	4.92±0.051	14.85±0.143	3.14±0.032	3.46±0.06	6.13 ± 0.044	9.13±0.079	8.33±0.052	3.96±0.028
'Svit'	4.23±0.080	7.13±0.085	1.44±0.011	5.61±0.062	20.52±0.162	10.31±0.11	4.10±0.08	2.99 ± 0.012	2.95±0.041	9.13±0.092	4.18±0.032
'Achat'	3.22**±0.72	5.74*±1.05	1.48±0.04	4.98*±0.34	12.26*±5.66	7.32*±2.15	3.60*±0.26	4.76 ± 0.93	5.26**±1.94	8.63*±0.25	4.27±0.21
$\bar{x}$											
Varieties of the leafy morphotype											
Vicilin (7S)											
'Topaz'	3.61*±0.032	2.49*±0.034	0.84±0.045	3.73*±0.045	6.40*±0.021	5.56*±0.035	2.24±0.023	4.46±0.042	2.74±0.028	7.3**±0.07	7.3**±0.049
Legumin (11S)											
'Topaz'	1.77*±0.027	6.00*±0.054	1.27±0.031	6.70**±0.078	17.82**±0.242	10.31**±0.112	3.65±0.03	5.60±0.042	2.83±0.034	9.63*±0.102	4.22±0.43

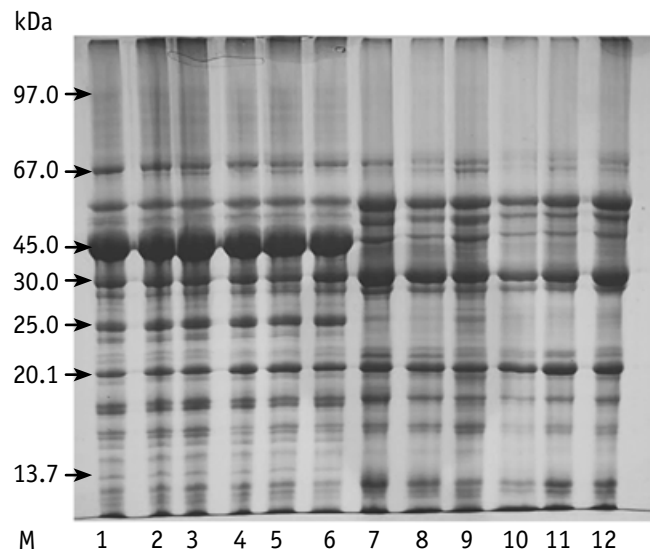
\* the between the average content of the amino acid vicilin and leguminous by variety is significant at  $P \leq 0.05$ ;\*\* the difference between varieties of leafless and leafy morphotypes in the content of leguminous and vicilin amino acids is significant at  $P \leq 0.05$ .



**Fig. 1. Electropherogram in 12.5% SDS-PAGE with 11S and 7S globulins of seeds of pea varieties:**

1. 'Svit' (leafless morphotype) 11S globulins; 2. 'Achat' (leafless morphotype) 11S globulin; 3. 'Spartak' (chameleon) 11S globulins; 4. 'Spartak' (chameleon) 11S globulin; 5. 'Asket' (leafy morphotype) 11S globulin; 6. 'Otaman' (leafless morphotype) 11S globulin; 7. 'Svit' (leafless morphotype) 7S globulin; 8. 'Achat' (leafless morphotype) 7S globulins; 9. 'Spartak' (chameleon) 7S globulins; 10. 'Spartak' (chameleon) 7S globulins; 11. 'Asket' (leafy morphotype) 7S globulin; 12. 'Otaman' (leafless morphotype) 7S globulin; M are molecular weight markers, kD

Having data on the quantitative content of total protein, 7S and 11S proteins and their ratio, component composition, flavonoid content and anti-nutrient compounds (trypsin inhibitors, lectins, lipoxygenase activity), it is possible to carry out specific studies on the selection of pea varieties for food use. For example, varieties with high levels of total protein, flavonoids and reduced content/activity of antinutrients are of great interest to breeders. Among the varieties studied, 'Kharkivskiy Etalonnyi' can be distinguished by these indicators. Differences in content, composition and structure of vicilin and legumin are manifested in both nutritional and functional properties. Legumin contains more sulphur-containing amino acids per unit of protein than vicilin, and their fraction is more nutritionally available. Vicilin has been shown to have better emulsifying properties than legumin. The ratio of these proteins has a significant effect on the protein extractability of peas. Varieties with higher levels of vicilin and/or lower levels of leguminous proteins have a higher protein extraction capacity



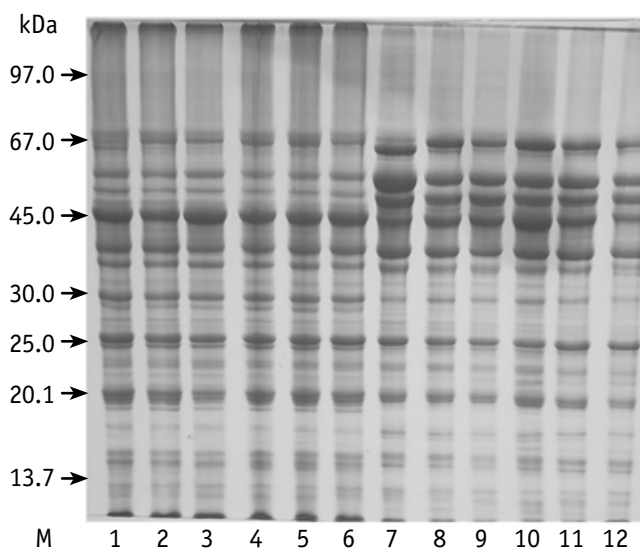
**Fig. 2. Electropherogram in 12.5% SDS-PAGE of 11S and 7S globulins of pea seeds:**

1. 'Haiduk' (leafless morphotype) 11S globulins; 2. 'Zekon' (leafless morphotype) 11S globulins; 3. 'Intensyvnyi 92' (leafy morphotype) 11S globulins; 4. 'Kamerton' (leafless morphotype) 11S globulins; 5. 'Darunok Stepu' (leafless morphotype) 11S globulin; 6. 'Kombainovi 1' (leafless morphotype) 11S globulin; 7. 'Haiduk' (leafless morphotype) 7S globulin; 8. 'Zekon' (leafless morphotype) 7S globulin; 9. 'Intensyvnyi 92' (leafy morphotype) 7S globulin; 10. 'Kamerton' (leafless morphotype) 7S globulin; 11. 'Darunok Stepu' (leafless morphotype) 7S globulin; 12. 'Kombainovi 1' (leafless morphotype) 7S globulin; M – molecular weight markers, kD

than others [20]. It is very important to control the components of the globulins that can cause an allergic reaction in the human body, namely the component convicilin with a molecular weight of 63 kDa and vicilin with a molecular weight of 44 kDa, etc.

Among the varieties of the leafless morphotype studied, 'Enduro', 'Balltrap', 'Tsarevych' with high protein, legumin and 11S/7S globulin content and 'Chekryhinskyi' with high protein and vicilin content can be distinguished; among the varieties of the leaf morphotype, 'Intensyvnyi 92', 'Topaz' with high protein, legume and 11S/7S globulin ratio and 'Blahodatnyi' with high vicilin content; among the varieties of the heterophilous morphotype (chameleon), 'Spartak' with high vicilin content and 'Orel' with high protein content (Table 3).

The structure and properties of pea proteins have been demonstrated to influence their structure-forming properties in food matrices such as emulsions, foams and gels. Current research indicates that each individual protein fraction possesses unique structure-forming properties, necessitating the implementation of specific fractionation processes to optimize these properties. In particular, the use of albu-



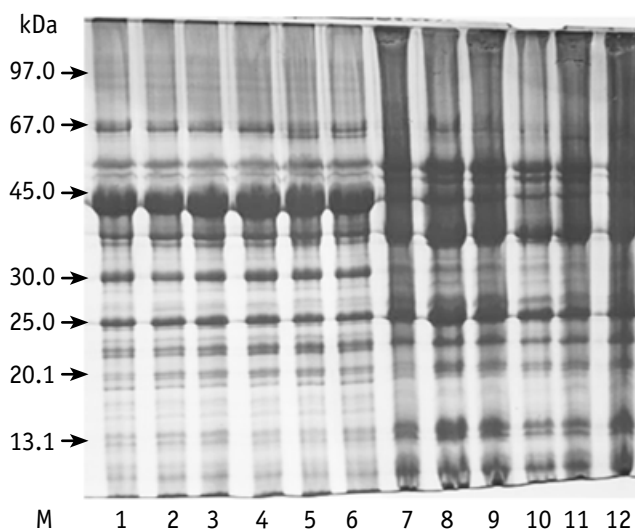
**Fig. 3. Electropherogram in 12.5% SDS-PAGE of 11S and 7S globulins of pea seeds:**

1. 'Metsenat' (leafless morphotype) 11S globulins;
  2. 'Oplot' (leafless morphotype) 11S globulins;
  3. 'Orel' (chameleon) 11S globulins; 4. 'Profit' (leafless morphotype) 11S globulin; 5. 'Svit 2' (leafless morphotype) 11S globulin; 6. 'Blagodatnyi' (leafy morphotype) 11S globulin; 7. 'Metsenat' (leafless morphotype) 7S globulin; 8. 'Oplot' (leafless morphotype) 7S globulin; 9. 'Orel' (chameleon) 7S globulin; 10. 'Profit' (leafless morphotype) 7S globulin; 11. 'Svit 2' (leafless morphotype) 7S globulin; 12. 'Blagodatnyi' (leafy morphotype) 7S globulin;
- M – molecular weight markers, kD

min, various globulins and mixed albumin-globulins, globulins has proven to be useful in specific food matrices, such as foams and emulsions [22]. This opens up prospects for the use of individual proteins in new food products and the determination of their content and ratio in pea seeds for the selection of food-grade varieties with specified technological parameters.

### Conclusions

The study of biochemical parameters related to seed quality (protein content, flavonoids, lipoxygenase activity, trypsin inhibitor, lectins), the content of the main fractions of the protein complex (legumin and vicilin) and their ratio in seeds of different morphotypes showed the presence of varietal differences in the studied parameters. The electrophoretic and amino acid analyses revealed varietal differences in the relative content of individual protein components in the electropherogram, the presence / absence of some components in the electrophoretic spectra of vicilin and legumin, in their amino acid composition, which affect the nutritional value of pea seeds. The use of the biochemical criteria studied allows the selection of food-grade pea varieties with specific technological parameters.



**Fig. 4. Electropherogram in 12.5% SDS-PAGE of 11S and 7S globulins of pea seeds:**

1. 'Vusatyi 90' (leafless morphotype) 11S globulin;
2. 'Haiduk' (leafless morphotype) 11S globulin;
3. 'Chekryhynskiy' (leafless morphotype) 11S globulin;
4. 'Gudevychi' (leafless morphotype) 11S globulin;
5. 'Petronium' (leafless morphotype) 11S globulin; 6. 'Vusatyi 90' (leafless morphotype) 11S globulin; 7. 'Vusatyi 90' (leafless morphotype) 7S globulins; 8. 'Haiduk' (leafless morphotype) 7S globulins; 9. 'Chekryhynskiy' (leafless morphotype) 7S globulins; 10. 'Gudevychi' (leafless morphotype) 7S globulins; 11. 'Petronium' (leafless morphotype) 7S globulins; 12. 'Vusatyi 90' (leafless morphotype) 7S globulins; M – molecular weight markers, kD

### References

1. Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., & Najda, A. (2022). The current situation of pea protein and its application in the food industry. *Molecules*, 27(16), Article 5354. doi: 10.3390/molecules27165354
2. Koblay, S. V. (2016). Adaptive capacity of different varieties of pea morphotype in conditions of the south of Ukraine. *Plant Breeding and Seed Production*, 110, 82–90. [In Ukrainian]
3. Semba, R. D., Ramsing, R., Rahman, N., Kraemer, K., & Bloem, M. W. (2021). Legumes as a sustainable source of protein in human diets. *Global Food Security*, 28, Article 100520. doi: 10.1016/j.gfs.2021.100520
4. Dahl, W. J., Foster, L. M., & Tyler, R. T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108(S1), 3–10. doi: 10.1017/S0007114512000852
5. Carbonaro, M., & Nucara, A. (2022). Legume proteins and peptides as compounds in nutraceuticals: a structural basis for dietary health effects. *Nutrients*, 14(6), Article 1188. doi: 10.3390/nu14061188
6. Rubio, L. A., Pérez, A., Ruiz, R., Guzmán, M. A., Aranda-Olmedo, I., & Clemente, A. (2014). Characterization of pea (*Pisum sativum*) seed protein fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(2), 280–287. doi: 10.1002/jsfa.6250
7. Tzitzikas, E. N., Vincken, J. P., de Groot, J., Gruppen, H., & Visser, R. G. (2006). Genetic variation in pea seed globulin composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(2), 425–433. doi: 10.1021/jf0519008
8. Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, Article e47. doi: 10.1017/jns.2016.41
9. Dajanta, K., Janpum, P., & Leksing, W. (2013). Antioxidant capacities, total phenolics and flavonoids in black and yellow

- soybeans fermented by *Bacillus subtilis*: A comparative study of Thai fermented soybeans (thua nao). *International Food Research Journal*, 20(6), 3125–3132.
10. Živanov, D., Vasiljević, S., Nikolić, Z., Đorđević, V., Ramazanov, R., Milošević, B., & Petrović, G. (2018). A potential use of wild pea as a source of lower trypsin inhibitor activity. *Molecular Breeding*, 38(8), Article 108. doi: 10.1007/s11032-018-0862-6
  11. Hall, A. E., & Moraru, C. I. (2022). Comparative effects of high pressure processing and heat treatment on in vitro digestibility of pea protein and starch. *NPJ Science of Food*, 6(1), Article 2. doi: 10.1038/s41538-021-00116-0
  12. Petroski, W., & Minich, D. M. (2020). Is there such a thing as “Anti-Nutrients”? A narrative review of perceived problematic plant compounds. *Nutrients*, 12(10), Article 2929. doi: 10.3390/nu12102929
  13. Xu, M., Jin, Z., Gu, Z., Rao, J., & Chen, B. (2020). Changes in odor characteristics of pulse protein isolates from germinated chickpea, lentil, and yellow pea: Role of lipoxygenase and free radicals. *Food Chemistry*, 314, Article 126184.
  14. Vasylenko, A., Vus, N., Bezuglyi, I., Bezugla O., Shevchenko, L., Kucherenko E., & Glyantsev, A. (2021). Donors of valuable breeding traits of pea (*Pisum sativum* L.). *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Biology*, 36, 74–82. doi: 10.26565/2075-5457-2021-36-8
  15. Poltoretskyi, S., Karpenko, V., Liubych, V., Poltoretska, N., Bilonozhko, V., & Demydas, H. (2022). Morphological and ecological features of green pea (*Pisum sativum* L.). *Ukrainian Journal of Ecology*, 12(8), 12–19.
  16. Kosev, V., & Georgieva, N. (2018). Relationship of quantitative traits in different morphotypes of pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of BioScience & Biotechnology*, 7(2), 143–150.
  17. Laemmli, K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage 4. *Nature*, 227(5259), 680–685. doi: 10.1038/227680a0
  18. Liu, K. (2019). Soybean trypsin inhibitor assay: further improvement of the standard method approved and reapproved by American Oil Chemists’ Society and American Association of Cereal Chemists International. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 96(6), 635–645. doi: 10.1002/aocs.12205
  19. Lutsik, M. F., Panasyuk, E. N., & Lutsik A. D. (1981). *Lectins*. Lviv: Vyshcha shkola.
  20. Barac, M., Cabrilo, S., Pesic, M., Stanojević, S., Zilic, S., Macej, O., & Ristic, N. (2010). Profile and functional properties of seed proteins from six peas (*Pisum sativum*) genotypes. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(12), 4973–4990. doi: 10.3390/ijms11124973
  21. Sanchez-Monge, R., Lopez-Torrejón, G., Pascual, C. Y., Varela, J., Martin-Esteban, M., & Salcedo, G. (2004). Vicilin and convicilin are potential major allergens from pea. *Clinical & Experimental Allergy*, 34(11), 1747–1753. doi: 10.1111/j.1365-2222.2004.02085.x
  22. Grossmann, L. (2023). Structural properties of pea proteins (*Pisum sativum*) for sustainable food matrices. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. doi: 10.1080/10408398.2023.2199338

УДК 577.1

**Молодченкова О. О.\***, **Коблай С. В.**, **Тихонов П. С.**, **Безкровна Л. Я.**, **Рищаківа О. В.**, **Левицький Ю. А.**, **Унтілова І. А.** Біохімічний склад насіння різних сортів гороху. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Т. 20, № 2. С. 74–83. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.1.2024.304094>

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортівивчення, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна, \*e-mail: olgamolod@ukr.net

**Мета.** Вивчити біохімічні показники, що характеризують якість насіння, у різних за морфотипом сортів гороху для добору сортів з поліпшеними харчовими властивостями. **Методи.** Об’єктом досліджень було насіння 37 різних за морфотипом [листочковий, вусатий, гетерофільний (хамелеон)] сортів гороху вітчизняної та іноземної селекції. Використовували стандартні та розроблені в лабораторії методики біохімічного аналізу рослин (метод К’ельдаля, спектрофотометричні методи, електрофорез). Статистичний аналіз результатів досліджень здійснювали за допомогою програми «LibreOffice Calc» (GNU Lesser General Public License v3) та програми аналізу зображень «ImageJ». **Результати.** Встановлено наявність сортових відмінностей за дослідженими біохімічними показниками, пов’язаними з якістю насіння (вміст білка, флавоно-

їдів, активність ліпоксигенази, інгібітора трипсину, лектинів), за вмістом основних фракцій білкового комплексу (легуміну та віциліну) та їхнім співвідношенням у насінні різних за морфотипом сортів. Завдяки електрофоретичному та амінокислотному аналізам виявлено сортові відмінності (у відносному вмісті окремих білкових компонентів на електрофореграмі, наявності / відсутності деяких компонентів в електрофоретичних спектрах віциліну та легуміну, їхньому амінокислотному складі), що впливають на харчову цінність насіння гороху. **Висновки.** Застосування досліджених біохімічних критеріїв дає змогу проводити добір сортів гороху продовольчого напрямку із заданими технологічними параметрами.

**Ключові слова:** горох; якість насіння; білок; віцилін; легумін; флавоноїди; антипоживні фактори.

Надійшла / Received 02.04.2024  
Погоджено до друку / Accepted 12.06.2024

## Стійкість сортів пшениці м'якої озимої проти збудників основних листостеблових хвороб в умовах Півдня України

Н. І. Сауляк<sup>1\*</sup>, В. А. Трасковецька<sup>1</sup>, О. А. Васильєв<sup>1</sup>,  
М. А. Бушулян<sup>1</sup>, В. А. Руденко<sup>2</sup>, В. М. Цапенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН України, Овідіопільська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна, e-mail: nadjasauljak@gmail.com

<sup>2</sup>Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, вул. Маяцька дорога, 7, смт Хлібодарське, Одеський р-н, Одеська обл., 67667, Україна

<sup>3</sup>Одеська філія Українського інституту експертизи сортів рослин, Овідіопільська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна

**Мета.** Поширені сорти пшениці озимої Селекційно-генетичного інституту (СГІ) оцінити за показником стійкості проти збудників бурої та листової іржі й борошнистої роси та виділити серед них ті, що мають комплексний імунітет до вищевказаних хвороб і можуть бути використані як донори стійкості у селекційній практиці. **Методи.** Впродовж 2021–2023 рр. вивчали 35 сортів пшениці селекції СГІ (відділу селекції пшениці та лабораторії інтенсивних сортів пшениці). Використовували методи фітопатологічного оцінювання на роздільних і комплексних штучних інфекційних фонах досліджуваних хвороб у польових умовах та умовах штучного клімату на стадіях розвитку ВВСН 12 і ВВСН 59–69. **Результати.** Проти бурої іржі стійкими виявились сорти 'Октава' та 'Позиція Одеська' у ювенільній фазі та фазі дорослої рослини, проти стеблової іржі – 'Октава', 'Відповідь Одеська' та 'Позиція Одеська'. Помірну стійкість проти борошнистої роси продемонстрували сорти 'Октава', 'Щедрість', 'Житниця', 'Гарантія', 'Фортеця' та 'Позиція Одеська' в ювенільній фазі, а комплексну проти групи хвороб – 'Октава' й 'Позиція Одеська'. **Висновки.** Сорти з комплексною стійкістю проти бурої та листової іржі й борошнистої роси виправдовують зусилля, докладені задля їх виведення, та є цінними для подальшої селекції, адже часто не потребують використання фунгіцидів у процесі вирощування.

**Ключові слова:** імунність; сприйнятливість; бура іржа; стеблова іржа; борошниста роса; донори; вихідний селекційний матеріал.

### Вступ

Сільське господарство – вагомий складник продовольчої безпеки держави. Найціннішою та найурожайнішою продовольчою культурою є пшениця м'яка озима (*Triticum aestivum* L.). Її площі в Україні досягають

7,3 млн га, що становить 2/5 від загальної кількості посівів зернових культур [1, 2].

В умовах сучасного інтенсивного сільськогосподарського виробництва хвороби рослин, спричинені різними збудниками, перешкоджають збільшенню врожайності та загального збору рослинної продукції [3, 4]. Через це в Україні щорічно втрачають приблизно 12–14% врожаю (або ще більше в періоди епіфітотій), що еквівалентно вартості зерна на площі 1 млн га [5].

Найефективнішим, економічно вигідним і науково обґрунтованим методом захисту рослин та довкілля є створення стійких проти хвороб сортів [6–8]. Ключовий фактор у системі захисту пшениці від інфекційних захворювань – її несприйнятливість до патогенів, що запобігає втратам врожаю та зниженню якості зерна. Сорти із комплексною стійкістю проти хвороб – основа біологічного методу

Nadiia Sauliak

<https://orcid.org/0000-0001-5164-1105>

Vita Traskovetska

<https://orcid.org/0000-0001-6529-1919>

Oleksii Vasyliiev

<https://orcid.org/0000-0003-2070-565X>

Maryna Bushulian

<https://orcid.org/0009-0000-9314-7113>

Viacheslav Rudenko

<https://orcid.org/0000-0002-8651-7689>

Vasyl Tsapenko

<https://orcid.org/0009-0008-9689-4008>

захисту. Їхнє вирощування обґрунтоване як з економічного, так і з екологічного погляду, адже дає змогу уникнути втрат врожаю, значно зменшити використання фунгіцидів та сприяє розвитку екологічного землеробства.

М'які зими в південному регіоні України спричиняють розвиток епіфітотій, які останнім часом спостерігають двічі-тричі на п'ять років. Унаслідок цього втрати врожаю можуть досягати 30% і більше, особливо у високосприйнятливих сортів, що призводить до погіршення якості зерна, зокрема зниження його натурності, склоподібності, якості виходу та сили борошна, вмісту клейковини тощо [2–5].

З огляду на практичний досвід та аналіз можна зробити висновок, що основним складником системи захисту пшениці від патогенів є сорт з генетично обумовленою стійкістю. Він обмежує розвиток хвороб, підвищує ефективність хімічних і біологічних засобів захисту. Необхідно, щоб сорти мали групову стійкість проти збудників основних захворювань, поширених у конкретних зоні та регіоні.

Стійкість досліджуваної культури нестійка. Еволюційні процеси у популяціях бурої та стеблової іржі й борошнистої роси спричиняють зміни їхнього расового складу, прояв та накопичення в них патогенів вірулентних рас і штамів. Саме так гени стійкості (наприклад, *Lr*, *Sr*, *Pm*) втрачають свою ефективність, а сорти, створені на основі їхніх донорів, перестають бути несприйнятливими. Можливі й інші причини – неоднорідність сорту, занесення інфекцій з інших регіонів тощо. Тому селекція пшениці на імунітет є безперечною.

*Мета досліджень* – поширені сорти пшениці озимої Селекційно-генетичного інституту (СГІ) оцінити за показником стійкості проти збудників бурої та листової іржі й борошнистої роси та виділити серед них ті, що мають комплексний імунітет до вищевказаних хвороб і можуть бути використані як донори стійкості у селекційній практиці.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. на дослідних полях Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення (м. Одеса).

Південний Степ – регіон з недостатнім зволоженням (коефіцієнт – 0,5). Тому тривалість вегетації зернових культур значною мірою залежить від кількості атмосферної вологи, що випадає восени та навесні – влітку. Середня багаторічна кількість опадів стано-

вить 427 мм. Їхній максимум, часто зливового характеру, спостерігають у червні – липні, мінімум – у лютому – березні.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем малогумусний важкосуглинковий із середнім вмістом гумусу 2,5%. Потужність гумусового шару – 65–67 см, з яких 35–38 см – власне гумусовий горизонт. Рельєф території рівнинний із невеликим нахилом на південний захід.

Оцінювали сорти пшениці з колекції відділу селекції та насінництва пшениці й лабораторії селекції інтенсивних сортів пшениці Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення НААН України (СГІ). А саме: 'Аксіома', 'Гарантія', 'Житниця', 'Кантата', 'Катруся', 'Ліга', 'Ліра', 'Мудрість', 'Нива', 'Октава', 'Оранта', 'Щедрість', 'Куяльник', 'Зиск', 'Ветеран', 'Перепілка', 'Клад', 'Дачнянка', 'Фортеця', 'Пилипівка', 'Наснага', 'Палітра', 'Гладь', 'Гейзер', 'Величава', 'Озоряна', 'Окраса', 'Вагома', 'Перевага', 'Пейзаж', 'Відповідь Одеська', 'Позиція', 'Житниця', 'Перемога Одеська', 'Одеська напівкарликова' (індикатор високої сприйнятливості).

Стійкість сортів досліджували в польових інфекційних розсадниках у фазі дорослих рослин (ВВСН 49) та в тепличних умовах штучного клімату за штучного зараження у фазі ВВСН 13.

Ступінь стійкості та сприйнятливості до збудників іржастих і борошнистої роси визначали за інтенсивністю ураження рослин та їхньою реакцією на інфекцію патогенів у фазі ВВСН 21. Дорослі рослини (фаза ВВСН 59–69) оцінювали в балах за шкалами загальноприйнятих у фітопатології методик [5].

У лабораторних умовах на штучно створеному інфекційному фоні насіння висівали в вазони гніздовим методом – по 20 насінин у гнізді та по п'ять сортів у вазоні (п'ятий сорт – індикатор сприйнятливості).

В польових умовах у фазі дорослої рослини на жорсткому інфекційному фоні сівбу досліджуваного матеріалу здійснювали вручну в укорочені рядки (0,5–0,8 м) через 0,25–0,3 м в ярусах, між якими залишали доріжки завширшки 0,5 м. Вздовж ярусу по всій його довжині висівали ряд накопичувача інфекції [5, 9].

Правила організації розсадників штучних фонів передбачали обмежену площу (до 5 га), просторову ізоляцію від селекційних і насінневих посівів, розташування інфекційного розсадника в місці, де вітер дме у напрямку від виробничих і насінневих посівів задля уникнення перенесення на них інфекцій.



## Результати досліджень

Середня температура повітря теплої осені 2021 року становила +11,7 °С та на 1,1 °С перевищувала кліматичну норму. Максимальний показник вересня – +32,8 °С, мінімальний – +2,1 °С; жовтня – +24,3 та –3,0 °С відповідно; листопада – +25,0 і –9,9 °С відповідно. Впродовж цієї пори року випало 40,1 мм атмосферної вологи, що на 50,6 мм менше за середню багаторічну норму. Попри значні коливання температур і невелику кількість опадів вдалося отримати дружні сходи, і пшениця ввійшла в зиму в оптимальній фазі розвитку.

Зима 2021/2022 рр. була досить прохолодною. Середня температура – +2,1 °С; мінімальна – –12,9 °С у грудні; максимальна – +19,3 °С у лютому. Впродовж сезону випало 155 мм атмосферної вологи, що на 64,2 мм більше за середню багаторічну норму. Найпосушливішим місяцем був лютий із кількістю опадів лише 18,3 мм.

Весна 2022 року виявилася прохолодною. У травні спостерігали різке, порівнюючи з березнем (+4,7 °С) і квітнем (+9,5 °С), підвищення середньої температури до +16,2 °С. Протягом сезону випало 144,9 мм атмосферної вологи.

Літо 2022 року було спекотним і засушливим. Втім найвищі температури та малу кількість опадів зафіксовано у другій його половині, що не завадило формуванню врожаю з оптимальними якісними показниками.

Осінь 2022 року характеризувалася теплою погодою та низькою кількістю опадів. Середня температура сезону становила +14,16 °С, що на 3,56 °С перевищувало норму, а загальна кількість опадів – 68,2 мм. Запаси продуктивної вологи наприкінці осені були на рівні 35–37 мм. Отже, пшениця ввійшла в зиму в оптимальному стані.

Зима 2022/2023 рр. відзначилася невеликою кількістю опадів – 78,6 мм – та переважно теплою погодою. Температура не була нижчою за –5 °С. Вегетація озимої пшениці припинилася 1 грудня.

Середня температура вологої та прохолодної весни 2023 року становила +11,18 °С, кількість опадів – 78,3 мм.

Через дефіцит вологи та різке підвищення температури влітку 2023 року погіршився розвиток озимих і частково відбувся запал зерна.

Успіх селекції на імунітет залежить від наявності донорів ефективних генів стійкості – *Lr*, *Sr*, *Pm*, а також інших, якими можуть бути вже створені вітчизняні сорти з груповою несприйнятливістю до збудників основних хвороб. Однак таких – одини-

ці. Тому завданням дослідження було провести фітопатологічне оцінювання сортів, визначити ступінь їхньої стійкості та виділити ті, що мають комплексний імунітет до бурої та стеблової іржі й борошнистої роси. Одержані результати представлено в таблицях 1, 2. Так, не виявлено суттєвої різниці між роками випробувань. Штучні епіфітотії, створені в теплицях та інфекційних розсадниках, характеризувалися високим інфекційним рівнем як в ювенільній, так і у фазі дорослої рослини. Про це свідчить реакція сорту-індикатора високої сприйнятливості ‘Одеська напівкарликова’. Виключення становили сорти ‘Куяльник’, ‘Ветеран’, ‘Фортеця’ та ‘Громада’, які у 2023 р. продемонстрували вищі, ніж у 2022-му, показники стійкості.

Переважає більшість сортів як в ювенільній, так і в фазі дорослої рослини мала той чи інший ступінь сприйнятливості до бурої іржі – тип VS–S. Встановлено високий рівень ураження 60–90% популяції патогену та расоспецифічну стійкість проти незначної її частини.

Так, сорти ‘Аксиома’, ‘Житниця’, ‘Кантата’, ‘Катруся’, ‘Ліга’, ‘Оранта’, ‘Перепілка’, ‘Клад’, ‘Наснага’, ‘Гладь’, ‘Перевага’ та ‘Пейзаж’ виявилися високосприйнятливими. На ювенільній стадії вони мали тип ураження VS з інтенсивністю до 90% листової пластини; у фазі дорослої рослини ступінь сприйнятливості був на рівні сорту-індикатора ‘Одеська напівкарликова’ – 2–3 бали, дуже високий. Це свідчить про відсутність механізмів горизонтальної стійкості. Інфекція на перелічених сортах проявлялася швидко та у великій кількості, добре реалізовувалася за наступних уражень, які досягали максимальної інтенсивності в умовах епіфітотій.

До сприйнятливих належать сорти ‘Зиск’, ‘Дачнянка’, ‘Палітра’, ‘Гейзер’, ‘Величава’, ‘Озоряна’, ‘Окраса’ та ‘Вагома’ з типом ураження S (інтенсивність – до 60% листової пластини) на ювенільній стадії та 3–4 балами у фазі дорослої рослини. Їхня расоспецифічна стійкість так само невисока, як і у високосприйнятливих. Втім більш пізня (на 1–3 дні) поява уредопустул, а також трохи вповільнене наростання інфекції дають змогу зробити припущення щодо наявності у цих сортів деяких механізмів горизонтальної стійкості, хоча й малоефективних.

Помірно сприйнятливі ‘Перемога Одеська’, ‘Куяльник’, ‘Ветеран’ та ‘Ліра’ характеризуються типом реакції MS на ураження патогеном. Споруючі пустули оточено хлорозними та некрозними плямами, частка авірулентних рас патогену у фазі дорослої рос-

Таблиця 1

## Результати оцінювання стійкості сортів пшениці селекції СГІ проти збудників хвороб (2022 р.)

Сорт	Бура іржа			Борошниста роса			Стеблова іржа, стадія дорослих рослин
	Ювенільна стадія рослин		Стадія дорослих рослин	Ювенільна стадія рослин		Стадія дорослих рослин	
	Інкубаційний період, діб	Тип інфекції	Інтенсивність ураження, бал	Інкубаційний період, діб	Тип інфекції	Інтенсивність ураження, бал	Інтенсивність ураження, бал
'Аксіома'	7	S	2	8	S	4	2
'Гарантія'	8	S	2	15	MR	7	2
'Житниця'	7	S	2	13	MR	7	2
'Кантата'	9	S	3	16	R	8	3
'Катруся'	9	S	3	9	S	4	3
'Ліга'	9	S	3	7	S	3	3
'Ліра'	10	S	5	6	S	3	3
'Мудрість'	9	S	3	9	S	4	3
'Нива'	10	S	4	7	S	3	3
'Октава'	14	R	6	13	MR	7	6
'Оранта'	8	S	3	9	S	4	3
'Щедрість'	9	S	4	14	MR	7	3
'Куяльник'	8	S	3	8	S	3	3
'Зиск'	10	S	4	9	S	3	2
'Ветеран'	9	S	4	9	S	4	4
'Перепілка'	8	S	3	9	S	4	4
'Клад'	8	S	3	10	S	5	3
'Дачнянка'	9	S	4	12	S	5	3
'Фортеця'	8	S	3	14	MR	7	3
'Пилипівка'	9	S	3	8	S	3	5
'Наснага'	7	S	3	6	S	2	3
'Палітра'	9	S	4	12	MR	6	4
'Гладь'	6	S	3	8	S	3	3
'Гейзер'	10	S	4	7	S	3	3
'Величава'	13	MR	6	7	S	3	6
'Озоряна'	9	S	4	8	S	3	4
'Окраса'	9	S	4	7	S	3	3
'Вагома'	8	S	4	6	S	3	3
'Перевага'	6	S	3	7	S	3	3
'Пейзаж'	7	S	3	10	S	4	3
'Відповідь Одеська'	14	R	6	7	S	4	6
'Позиція'	14	R	7	14	MR	7	6
'Житниця'	13	MR	6	11	MS	5	5
'Перемога Одеська'	10	MS	5	9	S	4	5
'Одеська напівкарликова'*	6	S	1	7	S	2	1

\* сорт-індикатор високої сприйнятливості.

лини зростає до 75%. Отже, сортам властива вікова неспецифічна стійкість проти майже 3/4 всіх рас популяції. Порівнюючи з попередніми групами, вони так само мають низький рівень расоспецифічної стійкості, на 9–11 днів довший інкубаційний період та не таку рясну споруляцію уредопустул. Інфекція має шанс на реалізацію за сприятливих умов.

Вартими найбільшого зацікавлення є помірно стійкі та стійкі сорти з типами реакцій R та MR як в ювенільній, так і у фазі дорослої рослини. Вони мають механізми горизонтальної стійкості, що зумовлюють уповільнений розвиток хвороби – тривалий інкубаційний період (14–15 днів) і дуже низьку продуктивність уредопустул або взагалі її відсутність. За результатами випробувань до помірно стійких зарахували 'Житницю Одеську', 'Відповідь Одеську' та 'Величаву' (бал ураження на стадії дорослої рослини – 6)

За комплексом показників на всіх епіфітотійних фонах у ювенільній фазі та фазі дорослої рослини найліпшими виявились сорти 'Октава', 'Позиція Одеська', 'Княгиня Ольга', 'Ластівка Одеська' та 'Вихованка Одеська' (тип ураження – R, бал – 8–9). Вони характеризувалися стійкістю проти більшості ізолятів збудників хвороб, найдовшим інкубаційним періодом і майже повною відсутністю продуктивних уредопустул, замість яких мали хлорозну та некрозну плямистість у ювенільній фазі. На стадії дорослої рослини слідів ураження не було, що свідчить про поєднання расоспецифічної та расонеспецифічної стійкості, які й захищають сорти від більшості популяцій патогену.

Отже, стійкими проти бурої іржі в обох фазах були 'Октава' та 'Позиція Одеська'.

Ураження стебловою та бурою іржею дуже часто корелюються між собою, що зумовлено зчепленим наслідуванням генів, які

## Результати оцінювання стійкості сортів пшениці селекції СГІ проти збудників хвороб (2023 р.)

Сорт	Бура іржа			Борошнеста роса			Стеблова іржа, стадія дорослих рослин
	Ювенільна стадія рослин		Стадія дорослих рослин	Ювенільна стадія рослин		Стадія дорослих рослин	
	Інкубаційний період, діб	Тип інфекції	Інтенсивність ураження, бал	Інкубаційний період, діб	Тип інфекції	Інтенсивність ураження, бал	Інтенсивність ураження, бал
'Аксиома'	7	S	2	8	S	4	2
'Гарантія'	8	S	2	15	MR	7	2
'Житниця'	7	S	2	13	MR	7	2
'Кантата'	9	S	3	16	R	8	3
'Катруся'	9	S	3	9	S	4	3
'Ліга'	9	S	3	7	S	3	3
'Ліра'	10	S	5	6	S	3	3
'Мудрість'	9	S	3	9	S	4	3
'Нива'	10	S	4	7	S	3	3
'Октава'	14	R	6	13	MR	7	6
'Оранта'	8	S	3	9	S	4	3
'Щедрість'	9	S	4	14	MR	7	3
'Куяльник'	9	S	6	8	S	5	3
'Зиск'	10	S	4	9	S	3	2
'Ветеран'	9	S	5	9	S	4	4
'Перепілка'	8	S	3	9	S	4	4
'Клад'	8	S	3	10	S	5	3
'Дачнянка'	9	S	4	12	S	5	3
'Фортеця'	8	S	4	14	MR	7	3
'Пилипівка'	9	S	3	8	S	3	5
'Наснага'	7	S	3	6	S	2	3
'Палітра'	9	S	4	12	MR	6	4
'Гладь'	6	S	3	8	S	3	3
'Гейзер'	8	S	4	8	S	5	4
'Величава'	13	MR	6	7	S	3	6
'Озоряна'	9	S	4	8	S	3	4
'Окраса'	9	S	4	7	S	3	3
'Вагома'	8	S	4	6	S	3	3
'Перевага'	6	S	3	7	S	3	3
'Пейзаж'	7	S	3	10	S	4	3
'Відповідь Одеська'	14	R	6	7	S	4	6
'Позиція'	14	R	7	14	MR	7	6
'Житниця'	13	MR	6	11	MS	5	5
'Перемога Одеська'	10	MS	5	9	S	4	5
'Одеська напівкарликова'*	6	S	1	7	S	2	1

\* сорт-індикатор високої сприйнятливості.

відповідають за ці ознаки. Помірно стійкими та стійкими проти стеблової іржі виявились сорти 'Відповідь Одеська', 'Позиція Одеська' та 'Октава', які вивчали у фазі дорослої рослини. Бал ураження на штучному фоні – 6–8. Помірно сприйнятливими (5 балів) були 'Житниця', 'Перемога Одеська' та 'Пилипівка'. Інші сорти продемонстрували високий рівень сприйнятливості.

Стійкість проти борошнистої роси оцінювали в лабораторних умовах у ювенільній фазі розвитку та на стадії дорослої рослини в інфекційному розсаднику. Більшість досліджених сортів були сприйнятливими та високосприйнятливими до цієї хвороби, деякі – на рівні індикатора (сорту 'Одеська напівкарликова'). Великі пустули з рясним спороношенням (тип ураження – S) займали до 90% площі листової пластини. Вірулентність до цих сортів проявляли 65–90% патотипів популяції

патогену, що свідчить про відсутність расоспецифічної та нерасоспецифічної стійкості.

Лише чверть рас популяції патогену продемонстрували вірулентність до сортів 'Куяльник', 'Перепілка', 'Клад' та 'Дачнянка'. На наявність генів расоспецифічної стійкості в останніх вказує формування продуктивних пустул із хлорозною плямистістю (тип реакції на ураження – MS). Розвиток епіфітотії сповільнюється завдяки тривалому інкубаційному періоду та низькій продуктивності конідиального спороношення, що своєю чергою свідчить про існування деяких механізмів расоспецифічної стійкості. Інфекція має шанс реалізуватися та спричинити високий рівень ураження в епіфітотійних умовах розвитку.

У ювенільній фазі помірну стійкість проти борошнистої роси проявили сорти 'Октава', 'Щедрість', 'Житниця', 'Гарантія', 'Фортеця' та 'Позиція Одеська'. Вони відзначилися

найдовшим інкубаційним періодом (14–15 днів), низькою інтенсивністю ураження (хлорозна або некрозна плямистість), що становила 5–10%, та пустулами переважно без конідиального спороношення (MR, R).

Отже, стійкими проти бурої іржі в обох фазах розвитку були 'Октава' та 'Позиція Одеська'; помірно стійкими проти борошнистої роси на ювенільній стадії – 'Октава', 'Щедрість', 'Житниця', 'Гарантія', 'Фортеця' та 'Позиція Одеська'; несприйнятливими до стеблової іржі – 'Октава', 'Відповідь Одеська' та 'Позиція Одеська'.

## Висновки

Проти бурої іржі стійкими виявились сорти 'Октава' та 'Позиція Одеська' у ювенільній фазі та фазі дорослої рослини, проти стеблової іржі – 'Октава', 'Відповідь Одеська' та 'Позиція Одеська'. Помірну стійкість проти борошнистої роси продемонстрували сорти 'Октава', 'Щедрість', 'Житниця', 'Гарантія', 'Фортеця' та 'Позиція Одеська' в ювенільній фазі.

Для подальшої селекційної практики за напрямом комплексної стійкості проти збудників основних листостеблових хвороб в умовах Півдня України можна рекомендувати сорти пшениці м'якої озимої 'Октава' та 'Позиція Одеська' з імунітетом до двох і більше патогенів, зокрема бурої та листової іржі й борошнистої роси. Вирощування реко-

мендованих сортів є економічно вигідним та екологічно безпечним.

## References

1. Nabok, I. I. (2018). *The state of global commodity markets*. Kyiv: NAU. [In Ukrainian]
2. *Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops*. Retrieved from [http://www.ukrstat.gov.ua/metaopus/2018/2\\_03\\_07\\_03\\_2018](http://www.ukrstat.gov.ua/metaopus/2018/2_03_07_03_2018) [In Ukrainian]
3. Lipchuk, V., & Malakhovskiy, D. (2016). Structural changes in grain production: regional aspect. *Agrarian Economy*, 9(3–4), 53–60. [In Ukrainian]
4. Jackson, H. S. (1921). Aecial stage of the orange leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Eriks. *Journal of Agricultural Research*, 22, 151–172.
5. Babaiants, O. V., & Babaiants, L. T. (2014). *Fundamentals of selection and methodology for assessing wheat resistance to pathogens*. Odesa. [In Ukrainian]
6. Sarkhang, E. G. (2006). Biological features, specialization and virulence polymorphism of *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* Erikss – the causative agent of brown leaf rust of wheat in the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine (Cand. Biol. Sci. Dis.). Kyiv. [In Ukrainian]
7. Kovalyshyna, H. M. (2010). Breeding of winter wheat at the Myronivka Wheat Institute for disease resistance. *The Bulletin of Ukrainian Society of Geneticists and Breeders*, 8(2), 291–299. [In Ukrainian]
8. Markovska, O. E., & Grechishkina, T. A. (2021). Harmfulness of *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* on winter wheat in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. In *Modern technologies and systems of plant protection: collection of materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference* (pp. 16–19). Kherson. [In Ukrainian]
9. Morgun, V. V., & Topchii, T. V. (2018). The importance of resistant varieties of winter wheat, the study of sources and donors of resistance to pests and major pathogens. *Plant Physiology and Genetics*, 50(3), 218–240. [In Ukrainian]

UDC 633.11:575:58.0352

Sauliak, N. I.<sup>1\*</sup>, Traskovetska, V. A.<sup>1</sup>, Vasyliiev, O. A.<sup>1</sup>, Bushulian, M. A.<sup>1</sup>, Rudenko, V. A.<sup>2</sup>, & Tsapenko, V. M.<sup>3</sup> (2024). Resistance of soft winter wheat varieties against pathogens of major leaf-stem diseases in the South of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(2), 84–89. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.2.2024.304104>

<sup>1</sup>The Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, NAAS of Ukraine, 3 Ovidiopil'ska Doroha St., Odesa, 65036, Ukraine, \*e-mail: [nadjasauljak@gmail.com](mailto:nadjasauljak@gmail.com)

<sup>2</sup>Odesa State Agricultural Research Station of the Institute of Climate-Smart Agriculture, NAAS of Ukraine, 7 Maiatska doroha St., Khlybo-darske village, Odesa district, Odesa region, 67667, Ukraine

<sup>3</sup>Odesa Branch of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 3 Ovidiopil'ska Doroha St., Odesa, 65036, Ukraine

**Purpose.** To evaluate common winter wheat varieties of the Plant Breeding and Genetic Institute (PBGI) for resistance to brown and leaf rust and powdery mildew pathogens and to identify those with complex immunity to the above diseases that can be used as resistance donors in breeding practice. **Methods.** During 2021–2023, 35 wheat varieties of the PBGI (Wheat Breeding Department and Laboratory of Intensive Wheat Varieties) were studied. Methods of phytopathological assessment were used on separate and complex artificial infectious backgrounds of the studied diseases in the field and under artificial climatic conditions at the development stages of BBCH 12 and BBCH 59–69. **Results.** The varieties 'Oktava' and 'Pozytsiia Odeska'

were resistant to brown rust in the juvenile and adult phases, and 'Oktava', 'Vidpovid Odeska' and 'Pozytsiia Odeska' were resistant to stem rust. Moderate resistance to powdery mildew was demonstrated by varieties 'Oktava', 'Shchedrist', 'Zhytynsia', 'Harantiia', 'Fortetsia' and 'Pozytsiia Odeska' in the juvenile phase, and complex resistance to the disease group was demonstrated by 'Oktava' and 'Pozytsiia Odeska'. **Conclusions.** The varieties with complex resistance to brown rust, leaf rust and powdery mildew justify the efforts made to develop them and are valuable for further breeding as they often do not require fungicides during cultivation.

**Keywords:** immunity; susceptibility; brown rust; stem rust; powdery mildew; donors; initial breeding material.

Надійшла / Received 04.05.2024  
Погоджено до друку / Accepted 22.05.2024

## The accumulation of aluminum in the aboveground parts of green manure plants belonging to the *Brassicaceae* family

A. M. Gaponenko<sup>1\*</sup>, A. M. Gnatiuk<sup>2</sup>, A. V. Salnikova<sup>1</sup>, D. B. Rahmetov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 13 Horikhuvatskyi shliakh St., 03041, Kyiv, Ukraine, \*e-mail: andreygaponenko@gmail.com

<sup>2</sup>M. M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, 1 Sadovo-Botanichna St., Kyiv, 01014, Ukraine

**Purpose.** To determine the level of aluminum (Al) accumulation in plants of the *Brassicaceae* family, which are used in agriculture as green manure and are promising plants for soil phytoremediation. The following crops were the subject of the study: oilseed radish, variety 'Kyianochka' (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pars. 'Kyianochka'), white mustard, variety 'Soniachna' (*Sinapis alba* L. 'Soniachna'), winter rapeseed, variety 'Horlytsia' (*Brassica napus* L. 'Horlytsia'), Sarepta mustard, variety 'Zolotava' (*Brassica juncea* (L.) Czern. 'Zolotava'), winter turnip rape, variety 'Oriana' (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* D.C. 'Oriana'), tyfon, variety 'Fitopal' (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* DC. × *Brassica rapa* L. 'Fitopal').

**Methods.** The research was carried out in the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv). Plants grown as green manure crops for 56 days on grey forest degraded sandy loam soil, pH 6.5–7.0, were analysed. Aluminum content was determined using an inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES) ICAP 6300 Duo. The possibility of metal accumulation in plant tissues was assessed using the bioconcentration factor (BF).

**Results.** Measurements showed the following content of Al in plant tissues (in abs. dry matter): oilseed radish, variety 'Kyianochka' – 2035.9 mg/kg, white mustard, variety 'Soniachna' – 687.5 mg/kg, winter rapeseed, variety 'Horlytsia' – 388.6 mg/kg, Sarepta mustard, variety 'Zolotava' – 1238.5 mg/kg, winter turnip rape, variety 'Oriana' – 1105.2 mg/kg, tyfon, variety 'Fitopal' – 854.4 mg/kg. **Conclusions.** Under growing conditions, the aluminum content in plants did not exceed 0.2%. All the samples studied have a BF < 1 and are not hyperaccumulators of the element according to this criterion. However, three of the investigated samples ('Zolotava' Sarepta mustard, 'Oriana' winter turnip rape and 'Kyianochka' oilseed radish) have an aluminum content in the above-ground dry matter of more than 1000 mg/kg, indicating a significant accumulation of this element. For the purposes of phytoextraction of aluminum, the most suitable of the plants studied is oilseed radish 'Kyianochka' (BF ≈ 0.4).

**Keywords:** phytoremediation; phytoextraction; accumulation of metals; *Brassica*; *Sinapis*; *Raphanus*; chemical composition.

### Introduction

The use of green manure is one of the most effective methods of returning organic matter to the soil, which has a positive effect on overall fertility, and is also a method of natural soil restoration and reclamation. The cultivation of phytoremediation plants has a positive effect

on the biological activity and structure of contaminated and degraded soils [1]. The use of plants from the *Brassicaceae* family, such as Sarepta mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern.], white mustard (*Sinapis alba* L.), winter rapeseed (*Brassica napus* L.), tyfon (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* DC. × *Brassica rapa* L.), oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pars.) are effective for this purpose [2–4].

Crop diversification, implementation and integration of different methods of agricultural production on degraded and disturbed soils include the cultivation of plants for bioremediation of chemical elements [1]. The *Brassicaceae* family contains many metal accumulating species [5]. Members of the genus mustard (*Sina-*

Andrii Gaponenko

<https://orcid.org/0000-0003-4215-2216>

Alla Gnatiuk

<https://orcid.org/0000-0001-5001-971X>

Anna Salnikova

<https://orcid.org/0000-0001-6706-2140>

Dzhamal Rakhmetov

<https://orcid.org/0000-0001-7260-3263>

*pis* L.) are recognized as the most valuable phytomeliorants, accumulating cadmium, lead, zinc and synthesizing phytic acid by physical adsorption on heavy-metal contaminated soils [1].

Aluminum (Al) is known to be the third most abundant metal in the Earth's crust [6] and has the most versatile applications of all metals. In particular, it is used in the engineering, construction, household, cosmetics, food, chemical and medical industries [7]. Most aluminum compounds enter the environment through waste. According to the U. S. Aluminum Association, about a quarter of the world's aluminum production is used for packaging (containers, cans, lids, caps, household foil, foil-based laminates, etc.) [8].

Aluminum compounds in soil solution play a crucial role in soil chemical processes and soil fertility [9]. Aluminum can form highly insoluble compounds with soil anions such as phosphates and sulphates. The concentration and activity of  $Al^{3+}$  in soil solutions depend on the processes by which aluminum is partitioned between the solid and liquid phases of the soil, as well as on many reactions in the soil solution [10].

In the pH range (4.5–7.0) typical of Ukrainian Polissia soils, different forms of aluminum are present in solution:  $Al^{3+}$  or  $Al(H_2O)_6$ ,  $AlOH^{2+}$ ,  $Al(OH)_2$ ,  $Al(OH)_3$ ,  $Al(OH)_4$  [9]. Their ratio depends on the pH. Organic matter can retain aluminum through a process called specific adsorption or complexation, reducing its availability to plants. The formation of aluminum humic and fulvic complexes in soils is largely determined by the distribution of natural organic matter in the soil profile [9]. However, the chemical process of Al interaction in soils is extremely complex [11].

Al content is considered an important limiting factor for plant growth and productivity on acidic soils. At pH levels below 5.5, Al becomes soluble and changes from its hydroxide form to toxic forms. This can cause a negative response in Al-sensitive plants, including inhibition of root growth and damage to their tissues, leading to further nutrient and water deficits due to impaired uptake [11]. The phytotoxic effect of aluminum is enhanced by the combined action of aluminum and iron ions, aluminum and manganese, and by soil deficiencies of phosphorus, calcium, magnesium and molybdenum [12]. There is evidence that the use of aluminum can reduce  $H^+$  toxicity and increase P availability for many agricultural crops [13].

At the same time, there is information that aluminum can be beneficial to plants, stimulating growth and alleviating biotic and abiotic stresses [6, 11]. It is involved in the formation

of stable soluble complexes with natural organic acids, which has an effect on the supply of biogenic elements to plants [9].

Some plants are able to accumulate quite high levels of Al. These plants include the highland bent (*Agrostis castellana* Boiss. & Reut.), barley (*Hordeum vulgare* L.), species of the genus goldenrods (*Solidago* L.), horse bean (*Vicia faba* L.) and species of the genus hortensia (*Hydrangea* Gronov. ex L.) [11, 14–16]. Representatives of the family *Symplocaceae* Jacq. contain large amounts of Al in the tissues of the aerial parts of the plants. The Al concentration in the leaves of Asiatic sweetleaf (*Symplocos paniculata* Miq.), expressed as dry weight, was 4107 ( $\pm 1474$ ) mg/kg and 4290 ( $\pm 1025$ ) mg/kg for seedlings and saplings, respectively [17]. Plants such as camellias (*Camellia* L.), the jolcham oak (*Quercus serrata* Murray), the Arabica coffee (*Coffea arabica* L.), *Vochysia tucanorum* (*Vochysia tucanorum* Mart.) and Malabar melastome (*Melastoma malabathricum* L.) are also considered to be hyperaccumulators of Al [11]. In particular, the aluminum content in plants of Malabar melastoma (*M. malabathricum*) was as follows: in young leaves – 8.0 mg/g, mature leaves – 9.2 mg/g, old leaves – 14.4 mg/g and roots – 10.1 mg/g [18].

The use of certain mineral or biofertilisers has been shown to reduce aluminum toxicity [11]. Mycorrhizae have been shown to help plants tolerate aluminum toxicity by improving nutrient uptake and providing a physical barrier. Bacteria also contribute to plant resistance to aluminum toxicity, possibly through mechanisms such as altering soil pH [19]. Application of calcium, magnesium, sulphur, phosphorus, boron and silicon has been shown to reduce aluminum toxicity to plants [19].

The study of green manure plants in terms of their accumulation of certain chemical elements, particularly aluminum, and their possible use in soil phytoremediation is relevant. Therefore, the aim of our study was to determine the level of Al accumulation in plants of some members of the *Brassicaceae* family, which are used in agriculture as green manure and are promising plants for soil phytoremediation.

## Materials and methods

The study was conducted at the experimental plots of the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine in Kyiv (hereinafter NBG) in 2023. The subject of the study were varieties: oilseed radish, variety 'Kyianochka' (*Raphanus sativus* L. var *oleiformis* Pars. 'Kyianochka'), white mustard, variety 'Soniachna' (*Sinapis alba* L.

‘Soniachna’), winter rapeseed, variety ‘Horlytsia’ (*Brassica napus* L. ‘Horlytsia’), Sarepta mustard, variety ‘Zolotava’ (*Brassica juncea* (L.) Czern. ‘Zolotava’), winter turnip rape, variety ‘Oriana’ (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* D.C. ‘Oriana’), tyfon, variety ‘Fitopal’ (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* DC. × *Brassica rapa* L. ‘Fitopal’) of the NBG breeding. They were grown from seed as green manure after row crops in the experimental field. The soil in this area is grey forest degraded due to long-term agricultural use, low in humus, sandy loam, pH 6.5–7.0. The whole territory of the experimental field was divided into equal plots of 25 m<sup>2</sup> in 4 replications. Plants were grown for 56 days (8 weeks from 24 September to 14 November) before the onset of frost. At the time of the study, all plants were in the virgin ontogenetic state. Plants (their above-ground part) for analysis were randomly selected by transect from each plot separately and a generalized sample was formed for each sample (variety). Samples of topsoil to form a generalized sample were taken from a control plot free of experimental plants, which was left ‘fallow’ during the growing season.

The aluminum content was determined by measuring the concentration of the chemical element using an inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES) ICAP 6300 Duo (Thermo Fisher Scientific Corporation, USA) at the Spectrometric Centre for Elemental Analysis at the NBG of the National Academy of Sciences of Ukraine. Instrument calibration and elemental content measurements were performed in accordance with the established methods of operation of the optical emission spectrometer and the technical documentation of the instrument. The methodology is based on wet digestion of organic matter. All reagents were of recognized analytical grade. From the generalized sample of each selected specimen prepared for chemical analysis, a weight of (500 ± 50) mg was taken and acid soluble forms of metals were extracted. The samples were decomposed by the wet ashing method using 30% nitric acid (HNO<sub>3</sub>, grade OSCH) in a special high pressure system in a microwave oven MWS-2 (Berghoff, Germany). After cooling, the resulting mineralizate was mixed with bidistilled water (obtained in a borosilicate glass apparatus) and analyzed. The soil samples were analyzed according to the traditional method [20]. The limits of the relative uncertainty of the measurement results (U) of the mass fractions of the chemical element in the samples did not exceed 20% (at  $k = 2$ ,  $P = 0.95$ ). The intra-laboratory control of the accu-

racy of the measurement results was carried out using a certified standard moss sample M<sub>2</sub> (Moss Reference Material M<sub>2</sub>, *Pleurozium schreberi* – The Finnish Forest Research Institute), using the compatibility criterion. The aluminum content (mg/kg) was measured in the raw samples and then converted to the absolute dry weight of the analyzed material.

The possibility of metal accumulation in plant tissues was assessed using the BF – bio-concentration factor [21], defined as

$$BF = K_p / K_s,$$

where  $K_p$  is the metal concentration in the plant and  $K_s$  is the metal concentration in the soil.

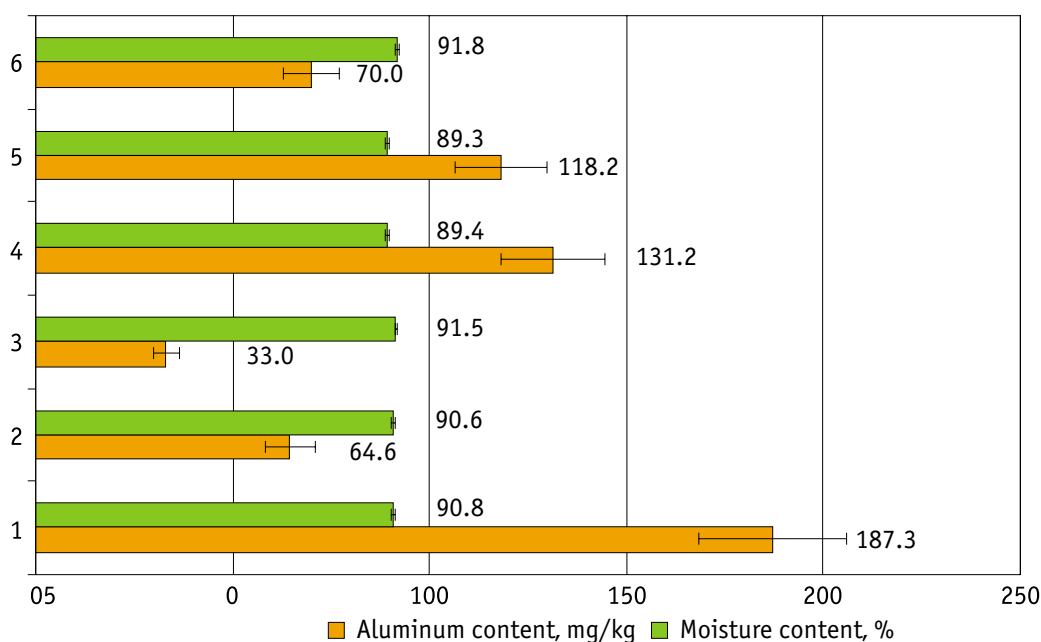
The BF is important for screening hyperaccumulators for phytoremediation purposes when considering the potential of a particular candidate species for phytoremediation. Plant species with a BF greater than 1 can be successfully used for phytoremediation. Hyperaccumulators have a BF greater than 1, sometimes reaching 50–100 [22]. Microsoft Excel 2016 was used to graph the research results and calculate statistical indicators.

## Results and discussion

The samples of plant material contained 89–91% moisture and the aluminum content ranged from 33.04 to 187.3 mg/kg (Fig. 1). These data can be useful because the plants studied are multifunctional and their green mass can be used for animal feed [2].

The chemical composition of plants reflects to some extent the elemental composition of soils. The accumulation of an element by plants is therefore primarily determined by its presence in the soil and the characteristics of the plants themselves. In their vital activities, plants only come into contact with available forms of aluminum, the amount of which is closely related to the buffering capacity of soils. An accumulation of aluminum of 1000 mg/kg or more in absolutely dry leaf tissue is considered to be a sufficient criterion for determining aluminum hyperaccumulation [23]. According to literature data, barley (*Hordeum vulgare*) in particular accumulates about 1000 mg/kg of aluminum and this plant is classified as a hyperaccumulator of this element [14, 16].

The typical range of aluminum content in soils is variable and ranges from 1 to 30% [24]. Soil analysis at the experimental site showed that the aluminum content (5810 mg/kg) in the topsoil was not high. Soils in other areas of the NBG contain aluminum in the range of 6000 to 17 000 mg/kg [25]. Given the low aluminum content and the near-neutral soil pH, the difference in the accumulation of this element by

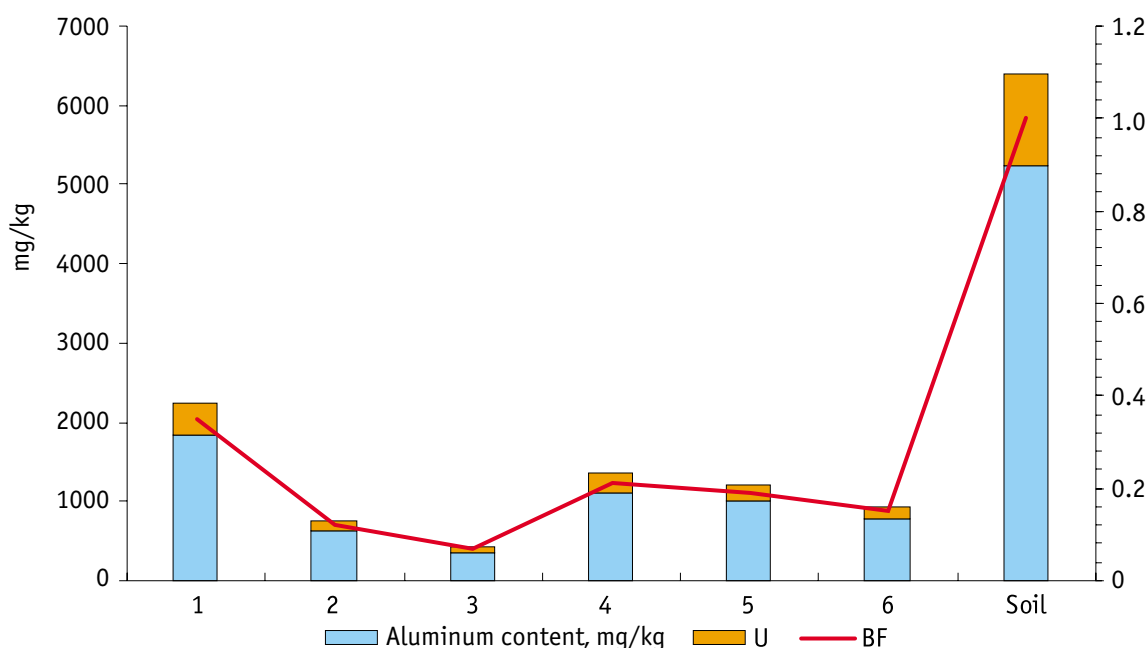


**Fig. 1. Results of measurement of moisture content and aluminum content in the studied plant samples** (1 – oilseed radish ‘Kyianochka’, 2 – white mustard ‘Soniachna’, 3 – winter rapeseed ‘Horlytsia’, 4 – sarepta mustard ‘Zolotava’, 5 – winter turnip rape ‘Oriana’, 6 – tyfon ‘Fitopal’) in wet raw materials

different plant species under the same growing conditions was, in our opinion, significant. Thus, the largest amount of aluminum was accumulated by oilseed radish, variety ‘Kyianochka’ – 2036 mg/kg (BF about 0.35), winter rapeseed, variety ‘Horlytsia’ showed the lowest ability to accumulate this element – 380 mg/kg (BF about 0.07) (Fig. 2). Comparison of the data on accumulation of dry matter and aluminum in phytomass by the studied crops (Fig. 3) showed

a weak correlation between these indicators (Pearson’s coefficient,  $R = -0.13$ ), which indicates the species-specificity of aluminum accumulation.

All the analysed plants used aluminum. Its content in the samples ranges from 300 to almost 2500 mg/kg. All the samples studied have a BF of less than 1 and are not hyperaccumulators of the element according to this criterion. However, three of the tested sam-

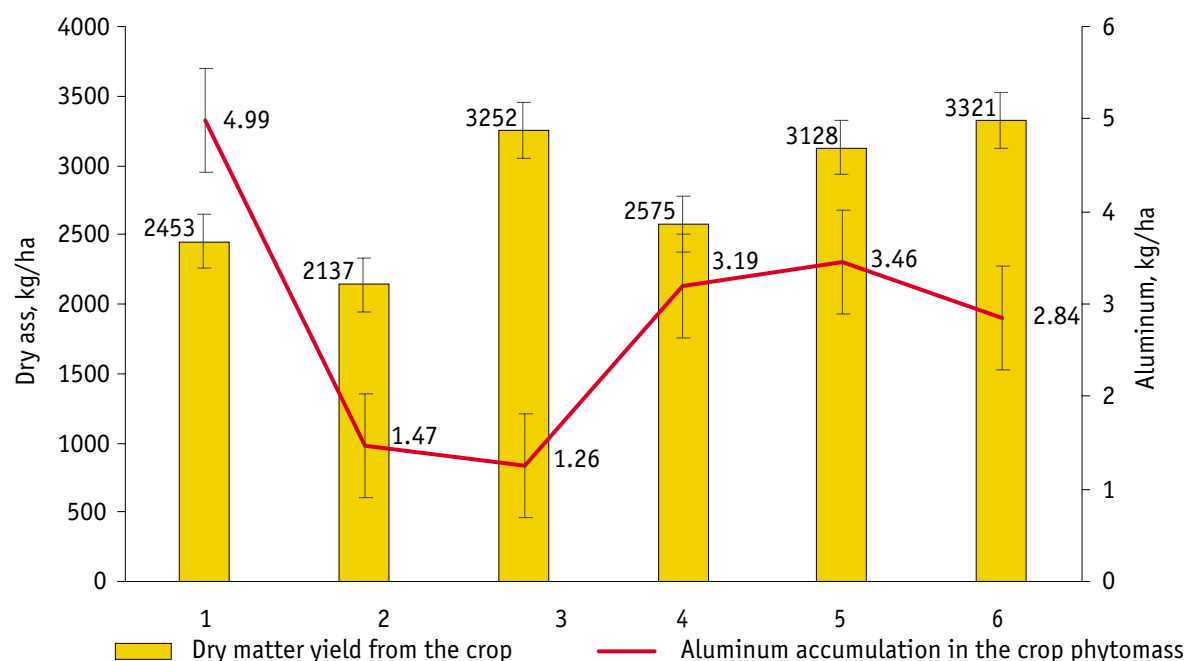


**Fig. 2. Aluminum content in plants** (1 – oilseed radish ‘Kyianochka’, 2 – white mustard ‘Soniachna’, 3 – winter rapeseed ‘Horlytsia’, 4 – Sarepta mustard ‘Zolotava’, 5 – winter turnip rape ‘Oriana’, 6 – typhon ‘Fitopal’) **and soil (mg/kg abs. dry matter), measurement uncertainty limits U ( $k = 2, P = 0.95$ ) and bioconcentration factor (BF)**



ples have an aluminum content in dry weight of more than 1000 mg/kg, which indicates a significant accumulation of this element in the aerial parts of the plants. The most suc-

cessful accumulator among the plants studied is oilseed radish, variety 'Kyianochka', which accumulated almost twice as much aluminum as other plants.



**Fig. 3. Dry matter yield from the crop and aluminum accumulation in the phytomass of cabbage crops in repeated post-harvest treatments (1 – oilseed radish 'Kyianochka', 2 – white mustard 'Soniachna', 3 – winter rapeseed, 'Horlytsia', 4 – Sarepta mustard 'Zolotava', 5 – winter turnip rape 'Oriana', 6 – typhon 'Fitopal')**

The aluminum content in the tissues of this taxon is almost 40% of the soil content. Laboratory studies carried out by Ya. H. Tsytsiura [4] on the leaf mass of plants sown after the harvest of oilseed radish showed that plants accumulate on average 43–62 kg/ha of nitrogen, 18–22 kg/ha of phosphorus and 68–80 kg/ha of potassium, which confirms the high ability of this crop to accumulate the main mineral compounds. In addition to oilseed radish, Sarepta mustard 'Zolotava' and winter turnip rape 'Oriana' also exceeded the 1000 mg/kg threshold. Their aluminum content is almost the same (within the measurement uncertainty). Winter rapeseed, variety 'Horlytsia', consumed and accumulated the least aluminum (388.6 mg/kg on average).

### Conclusions

All the *Brassicaceae* species studied were found to be capable of accumulating aluminum. Under the conditions of their cultivation as green manure after harvesting in the pre-generative period of plant ontogeny, the aluminum content (expressed as abs. dry matter) in the above-ground part did not exceed 0.2%. The aluminum accumulation limit of 1000 mg/kg was exceeded by Sarepta mustard of the variety 'Zolotava', winter rape of the variety 'Oriana'

and oilseed radish of the variety 'Kyianochka'. Oilseed radish of the variety 'Kyianochka' was identified as the most suitable among the plants studied for the purpose of aluminum phytoextraction (BF ≈ 0.4).

### References

- Zaimenko, N. V. (2023). Protection and restoration of soils in the post-war period: transcript of the speech at the session of the General Assembly of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 5, 54–56. doi: 10.15407/vism2023.05.054 [In Ukrainian]
- Rakhmetov, D. B. (2011). *Theoretical and applied aspects of plant introduction in Ukraine*. Kyiv: Agrar Media Group. [In Ukrainian]
- Rakhmetov, D. (2012). Siderates are fertilizers and weed fighters. *Grain*, 1, 48. [In Ukrainian]
- Tsytsiura, Ya. H., & Tsytsiura, T. V. (2015). *Radish oil. Strategy of use and cultivation*. Vinnytsia: Nilan LTD. [In Ukrainian]
- Poniedziałek, M., Sękara, A., Jędrszczyk, E., & Ciura, J. (2010). Phytoremediation efficiency of crop plants in removing cadmium, lead and zinc from soil. *Folia Horticulturae*, 22(2), 25–31. doi: 10.2478/fhort-2013-0155
- Boj rquez-Quintal, E., Escalante-Magaña, C., Echevarría-Machado, I., & Martínez-Estévez, M. (2017). Aluminum, a Friend or Foe of Higher Plants in Acid Soils. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 1767. doi: 10.3389/fpls.2017.01767
- Andrusyshina, I. M. (2018). *Aluminum in drinking water and human health*. Kyiv: N. p. [In Ukrainian]
- Bassioni, G., Mohammed, P. S., Al Zubaidy, E., & Kobrsi, I. (2012). Risk Assessment of Using Aluminum Foil in Food Preparation. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(5), 4498–4509. doi: 10.1016/S1452-3981(23)19556-3

9. Tiutiunnyk, S. Yu., Rebenkov, S. O., Orlov, O. O., & Dolin, V. V. (2007). Forms of finding aluminum in the background areas of forest-swamp ecosystems. *Collection of Scientific Papers of the Institute of Environmental Geochemistry*, 15, 115–126. [In Ukrainian]
10. *Biocyclopedia. Forms of Aluminum in Soils*. Retrieved April 22, 2024, from [https://biocyclopedia.com/index/plant\\_nutrition/beneficial\\_elements/aluminum/forms\\_of\\_aluminum\\_in\\_soils.php](https://biocyclopedia.com/index/plant_nutrition/beneficial_elements/aluminum/forms_of_aluminum_in_soils.php)
11. Ofue, R., Thomas, R. H., Asiedu, S. K., Wang-Pruski, G., Fofana, B., & Abbey, L. (2023). Aluminum in plant: Benefits, toxicity and tolerance mechanisms. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1–16. doi: 10.3389/fpls.2022.1085998
12. Kovalevskyi, A. L. (2011). *Biogeochemistry of plants*. Chernihiv: Ukrainian publishing house. [In Ukrainian]
13. Wagai, R., Kajiura, M., & Asano, M. (2020) Iron and aluminum association with microbially processed organic matter via meso-density aggregate formation across soils: organo-metallic glue hypothesis. *Soil*, 6(2), 597–627. doi: 10.5194/soil-6-597-2020
14. Grauer, U. E., & Horst, W. J. (1990). Effect of pH and nitrogen on aluminum tolerance of rye (*Secale cereale* L.) and yellow lupin (*Lupinus luteus* L.). *Plant and Soil*, 127(1), 13–21. doi: 10.1007/BF00010832
15. Shoellhorn, R., & Richardson, A. (2005). Warm Climate Production Guidelines for Japanese Hydrangeas. *EDIS*, 4. doi: 10.32473/edis-ep177-2005
16. McCutcheon, S. C., & Schnoor, J. L. (2004). Phytoremediation: Transformation and control of contaminants. *Environmental Science and Pollution Research*, 11(1), Article 40. doi: 10.1007/BF02980279
17. Schmitt, M., Watanabe, T., & Jansen, S. (2016). The effects of aluminum on plant growth in a temperate and deciduous aluminum accumulating species. *AOB Plants*, 8, Article plw065. doi: 10.1093/aobpla/plw065
18. Watanabe, T., Osaki, M., Yoshihara, T., & Tadano, T. (1998). Distribution and chemical speciation of aluminum in the Al accumulator plant, *Melastoma malabathricum* L. *Plant and Soil*, 201(2), 165–173. doi: 10.1023/A:1004341415878
19. Hajiboland, R., Panda, C. K., Lastochkina, O., Gavassi, M. A., Habermann, G., & Pereira, J. F. (2023). Aluminum Toxicity in Plants: Present and Future. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(7), 3967–3999. doi: 10.1007/s00344-022-10866-0
20. Rinkis, G. Ya., & Nolendorf, V. F. (1982). *Balanced nutrition of plants with macro- and microelements*. Riga: Knowledge.
21. Rigoletto, M., Calza, P., Gaggero, E., Malandrino, M., & Fabbri, D. (2020). Bioremediation Methods for the Recovery of Lead-Contaminated Soils: A Review. *Applied Sciences*, 10(10), Article 3528. doi: 10.3390/app10103528
22. Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals—concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7), 869–881. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.01.075
23. Jansen, S., Broadley, M. R., Robbrecht, E., & Smets E. (2002). Aluminum hyperaccumulation in angiosperms: A review of its phylogenetic significance. *The Botanical Review*, 68, 235–269. doi: 10.1663/0006-8101(2002)068[0235:AHIAAR]2.0.CO;2
24. Ecological Soil Screening Level for Aluminum Interim Final OSWER Directive 9285.7-60 (2003). U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response 1200 Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, DC 20460. Retrieved April 22, 2024, from [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/eco-ssl\\_aluminum.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/eco-ssl_aluminum.pdf)
25. Zaimenko, N., Gnatiuk, A., Gritsenko, V., Zakrasov, O., Pavliuchenko, N., Kharytonova, I., ... Holichenko, N. (2024). Biochemical and allelopathic features of *Adonis vernalis*, *Allium ursinum*, and *Leucojum vernum* in the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine. *Plant Introduction*, 101/102, 3–18. doi: 10.46341/PI2023011

УДК 546.62:581.44./45:582.683.2:502.127

Гапоненко А. М.<sup>1\*</sup>, Гнатюк А. М.<sup>2</sup>, Сальнікова А. В.<sup>1</sup>, Рахметов Д. Б.<sup>2</sup> Накопичення алюмінію в наземних частинах рослин-сидератів з родини *Brassicaceae*. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2024. Т. 20, № 2. С. 90–95. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.1.2024.304093>

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Горіхуватський шлях, 13, корп. 4, м. Київ, 03041, Україна, \*e-mail: andreygaponenko@gmail.com

<sup>2</sup>Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Садово-Ботанічна, 1, м. Київ, 01014, Україна

**Мета.** Встановити рівень накопичення алюмінію (Al) у рослинах представників родини *Brassicaceae*, використовуваних як сидерати у сільському господарстві та перспективних для фіторедації ґрунтів. Предметом дослідження були такі культури, як редька олійна [сорт 'Кияночка' (*Raphanus sativus* L. var *oleiformis* Pars. 'Kyianochka')], гірчиця біла [сортозразок 'Сонячна' (*Sinapis alba* L. 'Soniachna')], ріпак озимий [сортозразок 'Горлиця' (*Brassica napus* L. 'Horlytsia')], гірчиця сарептська [сортозразок 'Золотава' (*Brassica juncea* (L.) Czern. 'Zolotava')], суріпиця озима [сорт 'Оріана' (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* D.C. 'Oriana')], тифон [сорт 'Фітопал' (*Brassica campestris* var. *oleifera* f. *biennis* D.C. *Brassica rapa* L. 'Fitopal')]. **Методи.** Дослідження проводили в Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України (м. Київ). Рослини, що вирощували як сидерати, аналізували протягом 56 днів на сірому лісовому деградованому супіщаному малогумусному ґрунті, рН 6,5–7,0. Вміст алюмінію визначали, використовуючи оптичний емісійний спектрометр з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-OES) ICP 6300 Duo. Можливість

накопичення металу в тканинах рослин оцінювали за допомогою біоконцентраційного фактора (BF). **Результати.** Здійснивши вимірювання, встановили такий вміст Al у тканинах рослин (у перерахунку на абсолютну суху речовину): редька олійна (сорт 'Кияночка') – 2035,9 мг/кг; гірчиця біла (сортозразок 'Сонячна') – 687,5; ріпак озимий (сортозразок 'Горлиця') – 388,6; гірчиця сарептська (сортозразок 'Золотава') – 1238,5; суріпиця озима (сорт 'Оріана') – 1105,2; тифон (сорт 'Фітопал') – 854,4 мг/кг. **Висновки.** Вміст алюмінію в рослинах за наявних умов вирощування не перевищував 0,2%. Всі досліджені зразки мали показник BF < 1 та не були гіпернакопичувачами елемента за цим критерієм. Однак сортозразок гірчиці сарептської 'Золотава', сорт суріпиці озимої 'Оріана' та сорт редьки олійної 'Кияночка' продемонстрували значне накопичення алюмінію в наземній сухій масі – понад 1000 мг/кг. Найпридатнішою для фітоекстракції алюмінію серед досліджуваних рослин виявилася редька олійна 'Кияночка' (BF ≈ 0,4).

**Ключові слова:** фіторедація; фітоекстракція; накопичення металів; *Brassica*; *Sinapis*; *Raphanus*; хімічний склад.

Надійшла / Received 19.03.2024  
Погоджено до друку / Accepted 28.05.2024

## Формування елементів продуктивності сортів пшениці озимої в умовах Центрального Лісостепу залежно від агротехнічних чинників

О. А. Демидов<sup>1</sup>, Н. С. Дубовик<sup>2\*</sup>, В. В. Кириленко<sup>1</sup>, О. В. Гуменюк<sup>1</sup>, А. А. Сіроштан<sup>1</sup>,  
В. Я. Сабадин<sup>2</sup>, Ю. О. Куманська<sup>2</sup>, Р. М. Лось<sup>1</sup>, І. С. Власенко<sup>3</sup>, С. О. Лашук<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, буд. 68, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., 08853, Україна

<sup>2</sup>Білоцерківський національний аграрний університет МОН України, Соборна площа, 8/1, м. Біла Церква, Київська обл., 09117, Україна, \*e-mail: natalyadubovyk25@gmail.com

<sup>3</sup>Національна академія аграрних наук України, вул. Михайла Омеляновича-Павленко, 9, м. Київ, 01010, Україна

<sup>4</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Горіхуватський шлях, 15, м. Київ, 03041, Україна

**Мета.** Визначити елементи продуктивності нових сортів пшениці озимого типу розвитку миронівської селекції в умовах Центрального Лісостепу України залежно від попередників і строків сівби. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2019–2021 рр. у чотирифакторному досліді на полях Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН (МІП), розташованого в центральній частині Лісостепу України. Об'єктом досліджень слугували процеси формування продуктивності рослин пшениці м'якої озимого типу розвитку; предметом – п'ять нових сортів миронівської селекції ('МІП Фортуна', 'МІП Лада', 'МІП Ювілейна', 'Аврора Миронівська', 'МІП Лакомка'), які порівнювали зі стандартом ('Подільська'). Досліди закладали після двох попередників – соняшнику однорічного та сої культурної; сівбу здійснювали 25 вересня та 5 жовтня з відхиленням 1–3 доби. **Результати.** За результатами досліджень забезпечено оптимальний ріст і розвиток рослин сортів пшениці м'якої озимого типу розвитку у відповідні фенологічні фази, а також формування продуктивного органу колоса впродовж вегетації. Найліпшим вегетаційним періодом відзначився 2019 р., коли фіксували довжину центрального колоса понад 10,00 см. Зважаючи на вплив строків сівби після таких попередників, як соняшник однорічний і соя культурна, стабільними за ознакою довжини центрального колоса виявилися сорти 'МІП Лада' та 'МІП Фортуна', що забезпечили високу продуктивність рослин. Важливим елементом останньої є кількість зерен у колосі, яка була найбільшою в сорту 'Аврора Миронівська' (61 шт.) 2021 року за другого строку сівби. Значення маси зерна з центрального колоса також залежали від сорту, строку сівби та попередника. Встановлено прямий зв'язок між дослідженими показниками продуктивності та врожайністю. **Висновки.** Проаналізувавши показники формування продуктивності, виділили цінні сорти пшениці озимого типу розвитку, придатні для вирощування в Центральному Лісостепу України. А саме: 'МІП Фортуна', 'МІП Лада' та 'МІП Лакомка'.

**Ключові слова:** пшениця озима; сорт; продуктивність; генотип; попередник; строк сівби.

### Вступ

Наша держава має значний потенціал для виробництва пшениці – важливої на ринку

зерна культури, завдяки якій населення забезпечують харчовими продуктами. За результатами аналізу, здійснюваного впродовж 2019–2024 рр., встановлено, що найбільші по-

Oleksandr Demydov  
<https://orcid.org/0000-0002-5715-2908>

Nataliia Dubovyk  
<https://orcid.org/0000-0002-1473-9565>

Vira Kyrylenko  
<https://orcid.org/0000-0002-8096-4488>

Oleksandr Humeniuk  
<https://orcid.org/0000-0002-1147-088X>

Andrii Siroshstan  
<https://orcid.org/0000-0003-3246-2907>

Valentyna Sabadyn  
<https://orcid.org/0000-0002-8397-8973>

Yuliia Kumanska  
<https://orcid.org/0000-0001-5945-5737>

Ruslan Los  
<https://orcid.org/0000-0003-1932-3312>

Inna Vlasenko  
<https://orcid.org/0000-0001-6120-649X>

Snizhana Lashuk  
<https://orcid.org/0000-0002-9588-7761>

сівні площі серед сільськогосподарських культур в Україні займає пшениця м'яка озимого типу розвитку – 6411,9–5505,2 тис. га відповідно, тоді як соняшник однорічний – 6026,1–5123,9; кукурудза звичайна – 4701,5–3895,2; соя культурна – 1774,8–1931,8 тис. га [1–4]. Саме тому проблеми підвищення врожайності пшениці озимої, стабілізації та нарощування виробництва зернових і забезпечення продовольством щораз більших потреб населення є особливо актуальними.

Врожайність формується через поєднання генетичних характеристик сорту, ґрунтово-кліматичних чинників і технологій вирощування [5, 6], а її потенціал повністю реалізується лише після забезпечення оптимальних умов росту рослин [7–9]. Одержання достатньої кількості високоякісного зерна можливе тільки в разі проведення сівби в оптимальні строки та вдалого добору попередника [10, 11].

Нові сорти пшениці озимої є інноваційними продуктами, створеними завдяки дослідженням і розробкам. Згідно з правилами UPOV (Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин), новий сорт може бути захищеним, якщо він відрізняється від вже наявних і добре відомих за кількома ознаками, а також є однорідним і стабільним [12]. Кількісні ознаки, особливо врожайність та якість зерна, є найважливішими показниками продуктивності пшениці. Здавна проводять дослідження продуктивних факторів, що впливають на сортову врожайність, потенціал якої є основною характеристикою [13, 14].

*Мета досліджень* – визначити елементи продуктивності нових сортів пшениці озимого типу розвитку миронівської селекції в умовах Центрального Лісостепу України залежно від попередників і строків сівби.

### Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2019–2021 рр. у чотирифакторному досліді на полях Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН (МІП), розташованого в центральній частині Лісостепу України (чинник В), південно-східній частині Київської області, на вододілі річок Рось і Дніпро.

Об'єктом досліджень слугували процеси формування продуктивності рослин пшениці озимого типу розвитку; предметом – п'ять нових сортів миронівської селекції ['МІП Фортуна', 'МІП Лада', 'МІП Ювілейна', 'Аврора Миронівська' – пшениця м'яка; 'МІП Лакомка' – пшениця тверда (чинник А)], які порівнювали зі стандартом ('Подолька').

Використовували рекомендовану для регіону Лісостепу технологію вирощування пшениці [15, 16]. Досліди закладали після двох попередників – соняшнику однорічного та сої культурної (чинник С); сівбу здійснювали 25 вересня та 5 жовтня з відхиленням 1–3 доби (чинник D), застосовуючи селекційну сівалку СН-10 Ц із глибиною загортання 4–5 см і нормою висіву 5 млн схожих насінин на 1 га. Ділянки обліковою площею 10 м<sup>2</sup> розміщували за повною рандомізованою схемою в чотириразовій повторності. Фенологічні спостереження та відповідні обліки, вимірювання, підрахунки й відбір проб проводили згідно з «Методикою Державної служби з охорони прав на сорти рослин» та іншими методиками [17, 18]. Лабораторний аналіз рослин передбачав визначення елементів структури врожаю: довжини центрального колоса та маси зерна з нього, кількості зерен із колоса [16, 19].

Статистико-математичну обробку отриманого аналітичного цифрового матеріалу виконували за допомогою комп'ютерних програм «Microsoft Excel» та «Agrostat» методом варіаційного, кореляційного і дисперсійного аналізів.

### Результати досліджень

Роки проведення досліджень вирізнялися контрастними гідротермічними умовами. У зоні Центрального Лісостепу протягом березня – травня 2019 р. (III–IV етап органогенезу) випало 101,1 мм атмосферної вологи, що на 50,8 мм менше, ніж у цей самий період 2020 року (151,9 мм). Кількість опадів у березні – травні 2021 р. становила 163,1 мм.

Встановлено взаємозв'язок між гідротермічними умовами року та одержаними показниками довжини центрального колоса. Під час її формування досліджувані сорти виявили значне різноманіття, а максимальні значення (понад 10,0 см) зафіксовано у вегетаційний період 2018/2019 р., тому його можна вважати найліпшим. Розмір центрального колоса генотипу пшениці має чітке фенотипове вираження, що робить його складним і зручним для дослідження елементів продуктивності [16].

Більшість сортів (70%) утворили колос завдовжки понад 10,0 см після двох попередників (соняшнику однорічного та сої культурної) та двох строків сівби (I – 25 вересня, II – 5 жовтня). Значення від 10,00 до 11,70 см одержано у 2019 р., що вказує на сприятливі умови в міжфазний період «час відновлення весняної вегетації – повна стиглість».

Загалом, у 2019 р. за довжиною центрального колоса після такого попередника, як соняшник однорічний, стандарт суттєво переважали сорти 'МІП Лада' (13,00 см), 'МІП

Фортуна' (11,40 см) – за першого строку сівби; 'МІП Фортуна' (11,70 см), 'МІП Лада' (10,60 см), 'МІП Ювілейна' (10,00 см), 'Аврора Миронівська' (9,90 см) – за другого (табл. 1).

Таблиця 1

**Характеристика сортів пшениці за ознакою довжини центрального колоса залежно від умов випробувань, після соняшнику однорічного як попередника (2019–2021 рр.)**

Рік	Сорт	'Подільнянка'		'Аврора МІР'		'МІП Фортуна'		'МІП Лада'		'МІП Ювілейна'		'МІП Лакомка'	
		Строк сівби	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I
2019	X	9,41	8,31	8,05	7,99	8,88	10,09	9,29	9,08	8,66	8,45	6,72	6,28
	min	8,50	7,10	7,10	6,50	7,90	8,80	8,30	7,50	8,00	7,70	5,50	5,60
	max	10,40	9,60	9,30	9,90	10,40	11,70	10,70	10,60	9,50	10,00	7,80	7,20
	$\sigma$	0,58	0,79	0,64	1,27	0,75	0,76	0,62	0,88	0,42	0,67	0,68	0,53
	R	1,90	2,50	2,20	3,40	2,50	2,90	2,40	3,10	1,50	2,30	2,30	1,60
	V,%	6,22	9,48	7,91	15,89	8,44	7,58	6,63	9,65	4,82	7,90	10,17	8,37
2020	X	8,08	7,84	7,75	8,42	7,51	7,62	8,88	7,86	9,17	8,86	5,75	6,96
	min	6,50	6,50	6,30	6,89	6,50	6,90	8,00	7,00	8,10	7,50	5,20	5,50
	max	9,50	9,50	9,25	9,95	8,40	9,00	9,70	9,00	10,50	10,00	6,70	8,60
	$\sigma$	0,70	0,73	0,92	0,89	0,62	0,54	0,42	0,60	0,57	0,57	0,39	0,77
	R	3,00	3,00	2,95	3,06	1,90	2,10	1,70	2,00	2,40	2,50	1,50	3,10
	V,%	10,52	9,85	11,82	10,60	8,72	9,15	8,83	7,82	5,43	6,51	10,64	5,38
2021	X	8,61	9,28	7,96	8,98	9,45	9,31	10,28	10,98	9,28	9,16	7,42	7,80
	min	7,00	7,50	6,00	7,20	8,00	7,50	9,00	9,50	8,20	8,00	6,10	7,10
	max	10,50	10,90	9,60	10,70	11,50	10,50	13,00	12,60	10,00	10,00	9,50	8,50
	$\sigma$	0,91	0,91	0,94	0,95	0,82	0,85	0,91	0,86	0,50	0,60	0,79	0,42
	R	3,50	3,40	3,60	3,50	3,50	3,00	4,00	3,10	1,80	2,00	3,40	1,40
	V,%	8,68	9,28	11,81	10,58	8,29	7,16	4,72	7,63	9,96	6,47	6,87	11,04

**Примітки.** МІР – миронівська; X – середнє значення; min – мінімальне значення; max – максимальне значення;  $\sigma$  – стандартне відхилення; R – розмах варіювання; V – коефіцієнт варіації.

Аналіз усереднених показників довжини центрального колоса у 2020 р. свідчить про зниження та значну мінливість цієї ознаки: 5,75 ('МІП Лакомка'), 7,51 ('МІП Фортуна') і 9,17 см ('МІП Ювілейна') – за першого строку сівби; 7,62 ('МІП Фортуна') і 8,86 см ('МІП Ювілейна') – за другого. У 2021 р. суттєво перевищили стандарт сорти 'МІП Лада' (10,28 см), 'МІП Фортуна' (9,45 см), 'МІП Ювілейна' (9,28 см) – за першого строку сівби; 'МІП Лада' (10,98 см), 'МІП Фортуна' (9,31 см) – за другого.

Ознака довжини центрального колоса характеризувалася значною мінливістю, порівнюючи зі стандартом, і після такого попередника, як соя культурна. Зокрема, показники 2019 року за першого строку сівби (табл. 2) становили 6,29 (min), 7,32 та 9,87 см (max) у сортів 'МІП Лакомка', 'Аврора Миронівська' та 'МІП Фортуна' відповідно; 2020-го – 7,74 (min) і 10,40 см (max) у 'МІП Ювілейна' та 'МІП Лада'; у 2021 р. – 8,27 (min) і 10,80 см (max) у 'МІП Ювілейна' та 'МІП Лада' відповідно.

Отже, незалежно від строків сівби та попередників, стабільно високим рівнем прояву ознаки довжини центрального колоса відзначилися сорти 'МІП Лада' та 'МІП Фортуна'.

Також важливо брати до уваги показники інших елементів структури врожаю. Сорти з нещільним, рихлим колосом і великими проміжками між колосками матимуть більшу довжину, але, можливо, меншу врожайність, як порівняти з сортами, що характеризуються щільним колосом і близько розміщеними в ньому колосками. З огляду на це недоцільно робити висновки щодо продуктивності сорту та перспективності його використання у виробництві, зважаючи лише на довжину колоса. Тому наступним етапом дослідження стало визначення кількості зерен із центрального колоса, від якої залежить і їхня маса.

Деякі автори вважають, що існує значна кореляція між одержуваною врожайністю та кількістю зерен у колосі. Остання залежить від чисельності колосків, хоча за несприятливих умов у них може утворюватися по одному або взагалі не утворюватися зерна [17, 18, 20].

Найвищі показники озерненості центрального колоса у 2019 р. (найсприятливіший) продемонстрував сорт 'Аврора Миронівська' після соняшнику однорічного як попередника за обох строків сівби (64 та 68 шт. відповідно); у 2020-му – 'МІП Фортуна' та 'МІП Лада' за обох строків сівби (від 61 до 71 шт. відповідно); у 2021 р. – 'Аврора Миронівська' за другого строку сівби (61 шт.) (табл. 3).

Таблиця 2

**Характеристика сортів пшениці за ознакою довжини центрального колоса залежно від умов випробувань, після сої культурної як попередника (2019–2021 рр.)**

Рік	Сорт	'Подольнка'		'Аврора МИР'		'МІП Фортуна'		'МІП Лада'		'МІП Ювілейна'		'МІП Лакомка'	
		Строк сівби	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I
2019	X	8,77	10,21	7,32	7,59	9,87	10,21	9,43	9,60	9,54	9,45	6,29	6,73
	min	7,50	8,60	6,30	6,90	9,20	8,90	7,60	8,50	8,40	8,60	4,80	5,40
	max	9,60	11,60	8,30	8,40	11,00	11,40	10,30	10,30	10,50	10,30	6,90	7,80
	$\sigma$	0,70	0,71	0,51	0,56	0,61	0,83	0,69	0,59	0,64	0,56	0,50	0,75
	R	2,10	3,00	2,00	1,50	1,80	2,50	2,70	1,80	2,10	1,70	2,10	2,40
	V,%	7,97	6,97	7,03	7,34	6,20	8,12	7,34	6,10	6,67	5,93	8,00	11,21
2020	X	9,40	10,00	9,37	9,14	9,24	9,84	10,40	10,73	7,74	9,60	7,39	7,81
	min	7,00	8,20	8,00	7,00	8,00	8,60	8,80	9,00	6,50	8,50	6,20	6,10
	max	11,50	12,20	10,50	10,50	10,40	11,50	12,00	12,10	9,00	10,20	8,60	9,50
	$\sigma$	1,40	1,06	0,73	0,72	0,64	0,83	0,69	0,80	0,59	0,55	0,61	0,79
	R	4,50	4,00	2,50	3,50	2,40	2,90	3,20	3,10	2,50	1,70	2,40	3,40
	V,%	14,91	10,58	7,78	7,92	6,90	8,39	6,63	7,49	7,67	5,75	8,31	10,12
2021	X	10,25	8,80	8,41	8,22	9,28	7,79	10,80	8,65	8,27	8,38	8,22	6,67
	min	9,10	7,50	7,30	6,95	8,20	7,00	9,50	7,50	6,90	7,50	6,40	5,50
	max	11,30	10,00	9,52	9,48	11,00	9,20	12,70	9,50	10,00	9,50	10,20	7,50
	$\sigma$	0,60	0,68	0,76	0,82	0,78	0,61	0,65	0,59	0,82	0,55	0,85	0,53
	R	2,20	2,50	2,22	2,53	2,80	2,20	3,20	2,00	3,10	2,00	3,80	2,00
	V,%	5,84	7,74	9,04	9,98	8,37	7,88	6,07	6,80	6,21	6,52	10,32	7,97

**Примітки.** МИР – миронівська; X – середнє значення; min – мінімальне значення; max – максимальне значення;  $\sigma$  – стандартне відхилення; R – розмах варіювання; V – коефіцієнт варіації.

Таблиця 3

**Характеристика сортів пшениці за кількістю зерен із центрального колоса залежно від умов випробувань, після соняшнику однорічного як попередника (2019–2021 рр.)**

Рік	Сорт	'Подольнка'		'Аврора МИР'		'МІП Фортуна'		'МІП Лада'		'МІП Ювілейна'		'МІП Лакомка'	
		Строк сівби	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I
2019	X	36	33	48	50	44	53	42	41	40	34	34	36
	min	17	14	34	37	26	41	31	36	33	24	8	10
	max	52	52	64	68	52	58	54	50	52	41	46	47
	$\sigma$	10,10	9,71	9,27	11,29	6,81	4,84	5,60	4,61	5,83	4,08	11,18	10,13
	R	35	38	30	31	26	17	23	14	19	17	38	37
	V,%	27,6	29,2	18,9	22,2	15,3	9,1	13,2	11,2	14,4	11,7	32,8	28,1
2020	X	37	42	32	35	46	51	50	55	42	35	41	41
	min	19	23	13	17	37	39	32	38	28	20	26	26
	max	49	59	47	57	61	69	62	71	51	48	58	60
	$\sigma$	7,40	8,52	10,07	9,11	6,75	7,88	7,45	9,09	6,03	7,19	8,37	7,72
	R	30	36	34	40	24	30	30	33	23	28	32	34
	V,%	19,52	20,19	30,94	25,41	14,41	15,21	14,74	16,50	14,12	20,11	20,16	18,45
2021	X	31	28	41	44	32	34	39	31	32	32	24	24
	min	25	21	23	28	26	28	29	20	24	27	12	15
	max	38	36	59	61	39	48	48	42	43	39	34	48
	$\sigma$	3,75	4,36	5,21	4,98	4,57	5,21	6,04	5,76	5,20	3,45	4,80	7,89
	R	13	15	36	33	1	20	19	22	19	12	22	33
	V,%	12,02	15,34	12,71	11,32	13,96	14,92	15,33	18,32	15,94	10,55	19,84	32,75

**Примітки.** МИР – миронівська; X – середнє значення; min – мінімальне значення; max – максимальне значення;  $\sigma$  – стандартне відхилення; R – розмах варіювання; V – коефіцієнт варіації.

Максимальну кількість зерен у центральному колосі після сої культурної як попередника у 2019 р. сформував сорт 'МІП Фортуна' за обох строків сівби (61 та 65 шт. відповідно); у 2020-му – 'МІП Лада' за обох строків сівби (72 та 66 шт. відповідно); у 2021 р. – 'Аврора Миронівська' (61 шт.) та 'МІП Лакомка' (63 шт.) за першого строку сівби (табл. 4).

Маса зерна із колоса залежить від довжини колоса, кількості зерен у ньому та їхньої

крупності, а також від умов вирощування [21]. Ця ознака має значний вплив (позитивна кореляція) на масу і врожайність зерна з рослини та є вагомим елементом продуктивності [11].

Середня максимальна маса зерен із центрального колоса в сортів пшениці озимої мала чіткий фенотиповий прояв протягом років досліджень, тому була зручною та важливою ознакою врожайності. Найбільшу середню масу зерен із центрального колоса

**Характеристика сортів пшениці за кількістю зерен із центрального колоса залежно від умов випробувань, після сої культурної як попередника (2019–2021 рр.)**

Рік	Сорт	'Подільська'		'Аврора МИР'		'МІП Фортуна'		'МІП Лада'		'МІП Ювілейна'		'МІП Лакомка'	
		Строк сівби	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I
2019	X	41	41	38	42	52	57	43	43	39	43	35	39
	min	31	26	23	25	42	46	30	34	29	36	20	25
	max	51	49	59	58	61	65	58	51	51	54	45	53
	$\sigma$	5,57	6,18	9,91	7,99	5,53	5,86	7,42	4,98	6,64	4,60	7,52	6,78
	R	20	23	36	33	19	19	28	17	22	18	25	28
	V,%	13,4	15,1	25,5	18,6	10,6	10,1	17,1	11,3	16,7	10,6	21,5	17,2
2020	X	36	40	44	41	44	50	51	52	36	38	40	44
	min	26	27	33	24	36	32	41	31	28	27	29	29
	max	46	53	59	49	54	68	72	66	43	51	50	76
	$\sigma$	5,47	6,84	7,87	6,27	5,08	10,23	7,80	8,96	3,77	6,71	7,25	10,59
	R	20	26	26	25	18	36	31	35	15	24	21	47
	V,%	14,97	16,80	17,52	15,02	11,51	20,35	15,17	17,05	10,44	17,22	18,09	23,94
2021	X	39	34	44	42	42	31	41	35	34	27	40	30
	min	29	27	28	29	34	26	26	25	26	20	27	19
	max	54	42	61	55	52	37	52	43	43	34	63	38
	$\sigma$	6,09	4,30	5,26	5,84	5,66	3,15	7,29	4,20	5,34	4,23	9,54	4,67
	R	25	15	33	26	18	11	26	18	17	14	36	19
	V,%	15,40	12,49	11,95	13,90	13,42	10,11	17,64	11,79	15,45	15,46	23,69	15,50

**Примітки.** МИР – миронівська; X – середнє значення; min – мінімальне значення; max – максимальне значення;  $\sigma$  – стандартне відхилення; R – розмах варіювання; V – коефіцієнт варіації.

отримали у 2019 р. – 2,03 г, найменшу – 1,52 г – у 2020-му. Значення 2021 року становили 1,79 г (середні).

Максимальну масу зерен із центрального колоса після соняшнику як попередника у 2019 р. сформував сорт 'Аврора Миронівська' за обох строків сівби (3,11 та 3,17 г відповідно); у 2020-му – 'Аврора Миронівська' за першого строку сівби (2,95 г); у 2021 р. – 'МІП Лада' за другого строку сівби (3,00 г) та 'МІП Лакомка' за обох строків сівби (3,00 і 3,60 г відповідно) (табл. 5).

Високими показниками після сої культурної як попередника у 2019 р. відзначився

сорт 'МІП Фортуна' за обох строків сівби (2,97 та 2,98 г відповідно); у 2020-му – 'МІП Лада' за першого строку сівби (2,90 г) та 'МІП Лакомка' за другого (3,00 г); у 2021 р. – 'МІП Лакомка' за першого строку сівби (2,95 г) (табл. 6). Сорти 'МІП Фортуна', 'МІП Лада' (пшениця м'яка озима) та 'МІП Лакомка' (пшениця тверда озима) характеризувалися вузькою нормою реакції та незначною мінливістю впродовж років. Показник маси зерен із центрального колоса також залежав від сорту, строку сівби та попередника.

За результатами оцінювання термічних ресурсів встановлено, що лише в разі відсут-

Таблиця 5

**Характеристика сортів пшениці за масою зерен із центрального колоса залежно від умов випробувань, після соняшнику однорічного як попередника (2019–2021 рр.)**

Рік	Сорт	'Подільська'		'Аврора МИР'		'МІП Фортуна'		'МІП Лада'		'МІП Ювілейна'		'МІП Лакомка'	
		Строк сівби	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
2019	X	1,82	1,67	2,33	2,39	1,98	2,72	2,00	1,89	1,97	1,67	1,89	1,93
	min	0,91	0,66	1,67	1,78	0,84	2,07	1,43	1,51	1,35	1,07	0,42	0,51
	max	2,56	2,75	3,11	3,17	2,39	3,29	2,65	2,52	2,66	2,09	2,64	2,41
	$\sigma$	0,49	0,55	0,46	0,48	0,36	0,32	0,29	0,28	0,35	0,24	0,70	0,54
	R	1,65	2,09	1,44	1,39	1,55	1,22	1,22	1,01	1,31	1,02	2,22	1,90
	V,%	27,1	32,7	19,9	20,2	18,4	11,9	14,4	15,1	17,8	14,5	37,2	28,2
2020	X	1,43	1,31	2,10	2,03	1,29	1,47	1,69	1,45	1,46	1,35	1,26	1,36
	min	1,15	0,87	1,25	1,37	0,92	1,10	1,31	1,00	0,99	1,06	0,57	0,92
	max	1,77	1,62	2,95	2,68	1,68	2,05	2,15	2,00	1,84	1,67	1,81	2,49
	$\sigma$	0,19	0,22	0,31	0,29	0,21	0,24	0,24	0,25	0,27	0,18	0,26	0,41
	R	0,62	0,75	1,70	1,31	0,76	0,95	0,84	1,00	0,85	0,61	1,24	1,57
	V,%	27,66	20,77	38,22	32,61	15,02	19,74	21,91	25,27	13,40	21,18	21,30	26,18
2021	X	1,55	1,71	1,15	1,41	1,95	2,05	1,98	2,04	1,67	1,47	2,10	2,37
	min	0,40	1,20	0,40	0,40	1,50	1,40	1,10	1,10	1,10	0,80	1,50	1,50
	max	2,30	2,40	1,90	2,40	2,40	2,90	2,70	3,00	2,00	2,00	3,00	3,60
	$\sigma$	0,43	0,35	0,44	0,46	0,29	0,40	0,43	0,51	0,22	0,31	0,45	0,62
	R	1,90	1,20	1,50	2,00	0,90	1,50	1,60	1,90	0,90	1,20	1,50	2,10
	V,%	13,50	16,49	38,26	32,62	16,33	16,38	14,36	17,15	18,51	12,99	20,52	29,86

**Примітки.** МИР – миронівська; X – середнє значення; min – мінімальне значення; max – максимальне значення;  $\sigma$  – стандартне відхилення; R – розмах варіювання; V – коефіцієнт варіації.

Таблиця 6

**Характеристика сортів пшениці за масою зерен із центрального колоса  
залежно від умов випробувань, після сої культурної як попередника (2019–2021 рр.)**

Рік	Сорт	'Подольнка'		'Аврора МИР'		'МІП Фортуна'		'МІП Лада'		'МІП Ювілейна'		'МІП Лакомка'	
		Строк сівби	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I
2019	X	2,00	1,91	1,86	2,03	2,43	2,59	1,86	1,67	1,71	2,07	1,90	2,00
	min	1,52	1,04	1,11	1,31	1,99	2,10	1,20	1,32	1,03	1,68	1,08	1,37
	max	2,67	2,42	2,91	2,55	2,97	2,98	2,48	1,97	2,40	2,82	2,39	2,61
	$\sigma$	0,33	0,31	0,46	0,33	0,30	0,31	0,37	0,22	0,40	0,32	0,45	0,33
	R	1,15	1,38	1,80	1,24	0,98	0,88	1,28	0,65	1,37	1,14	1,31	1,24
	V, %	16,7	16,2	24,7	16,3	12,5	12,2	19,7	13,2	23,6	15,6	23,8	16,7
2020	X	1,34	1,50	1,42	1,84	1,74	1,90	1,97	1,87	1,42	1,28	1,92	2,18
	min	0,80	0,60	1,00	1,10	1,50	1,20	1,50	1,10	1,10	0,80	1,10	1,50
	max	1,80	2,00	2,00	2,20	2,20	2,70	2,90	2,70	1,80	1,80	2,80	3,00
	$\sigma$	0,22	0,37	0,36	0,30	0,21	0,48	0,36	0,48	0,19	0,26	0,49	0,47
	R	1,00	1,40	1,00	1,10	0,70	1,50	1,40	1,60	0,70	1,00	1,70	1,50
	V, %	16,13	24,57	25,39	16,32	12,16	25,28	18,41	25,70	13,03	20,18	25,43	21,61
2021	X	1,92	1,61	1,78	1,78	1,81	1,38	1,61	1,54	1,51	1,15	1,93	1,45
	min	0,89	1,21	1,23	1,15	1,44	1,05	0,65	1,02	0,96	0,68	1,04	0,97
	max	2,77	2,14	2,32	2,41	2,31	1,71	2,43	1,94	1,96	1,61	2,95	1,76
	$\sigma$	0,41	0,24	0,38	0,42	0,27	0,19	0,41	0,24	0,29	0,28	0,44	0,18
	R	1,88	0,93	1,09	1,26	0,87	0,66	1,78	0,92	1,00	0,93	1,91	0,79
	V, %	21,49	14,65	21,35	23,60	14,87	13,71	25,66	15,76	19,51	24,11	22,70	12,31

**Примітки.** МИР – миронівська; X – середнє значення; min – мінімальне значення; max – максимальне значення;  $\sigma$  – стандартне відхилення; R – розмах варіювання; V – коефіцієнт варіації.

ності тривалих періодів мінусових температур у лютому та різких температурних коливань у березні рослини можуть активно засвоювати елементи, внесені під час першого регенеративного підживлення, та формувати значні врожаї. У весняний період розвитку важливими для врожайності є гідротермічні умови квітня та середня температура травня, оскільки саме на ці місяці припадають фази активного наростання вегетативної маси та переходу від вегетативного до репродуктивного розвитку рослин. Саме тоді формуються й дозрівають всі органи колоса, відбувається запилення та запліднення зернівки. На продуктивності рослин негативно позначаються такі явища, як зниження інтенсивності ростових процесів, передчасне відмирання нижніх ярусів листків і скорочення

тривалості міжфазних періодів колосіння – цвітіння – досягання зерна, спричинені високими температурами в травні. Через дію останніх під час колосіння пошкоджуються квітки у колосі, відбувається його засихання й побіління (явище білоколосиці) в наступні фази розвитку. Вплив високих температур у період цвітіння призводить до стерильності квіток, обпадання зав'язей, наслідком чого є череззерниця колоса.

За результатами аналізу температурного режиму травня (2018–2021 рр.) встановлено, що найкомфортнішими для росту та розвитку рослин пшениці озимої у репродуктивний період є показники від +16,4 до +19,8 °С. Також підтверджено суттєвий вплив обраних параметрів на величину врожаю досліджуваних сортів (табл. 7).

Таблиця 7

**Урожайність сортів пшениці озимого типу розвитку  
залежно від строку сівби, т/га (середнє за 2019–2021 рр.)**

Сорт	'Подольнка'		'Аврора МИР'		'МІП Фортуна'		'МІП Лада'		'МІП Ювілейна'		'МІП Лакомка'	
	Строк сівби	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I
X	5,3	5,0	9,2	9,6	10,5	10,7	9,3	8,9	10,1	10,3	9,3	9,5
min	4,5	4,2	7,9	8,3	9,0	9,2	8,4	8,0	9,0	9,2	8,4	8,6
max	6,1	5,8	10,5	10,9	11,1	11,4	10,2	9,8	10,9	11,1	10,1	10,6

Найвищі врожаї сформували сорти 'МІП Фортуна' та 'МІП Ювілейна' (пшениця м'яка озима) за другого строку сівби – 10,7 і 10,3 т/га відповідно. Середні значення врожайності за 2019–2021 рр. забезпечили прямий зв'язок між дослідженими показниками продуктивності центрального колоса пшениці м'якої та твердої озимого типу розвитку.

### Висновки

Отже, виділено цінні, придатні для вирощування в Центральному Лісостепу України високоадаптивні сорти пшениці озимого типу розвитку, які в середньому переважають стандарт за показниками формування продуктивності протягом 2019–2020 рр. та



були одного з ним рівня у 2021 році.

Досліджувана ознака довжини центрального колоса характеризувалася значною мінливістю, порівнюючи зі стандартом. У 2019 р. її показники після сої культурної як попередника та за першого строку сівби становили 6,29 (min), 7,32 та 9,87 см (max) у сортів 'МПП Лакомка', 'Аврора Миронівська' та 'МПП Фортуна' відповідно; у 2020-му – 7,74 (min) і 10,40 см (max) у 'МПП Ювілейна' та 'МПП Лада'; у 2021 р. – 8,27 (min) і 10,80 см (max) у 'МПП Ювілейна' та 'МПП Лада' відповідно.

Максимальну кількість зерен із центрального колоса у 2020 р. сформували сорти 'МПП Фортуна' та 'МПП Лада' за обох строків сівби (від 61 до 71 шт. відповідно); у 2021 р. – 'Аврора Миронівська' за другого строку сівби (61 шт.).

За ознакою маси зерен із центрального колоса після сої культурної як попередника та за обох строків сівби виділено сорт 'МПП Фортуна' (2,97 та 2,98 г відповідно). Середня максимальна маса зерен із центрального колоса в сортів пшениці озимої мала чіткий фенотиповий прояв протягом років досліджень, тому була зручною та важливою ознакою врожайності.

Найвищі врожаї сформували сорти 'МПП Фортуна' та 'МПП Ювілейна' (пшениця м'яка озима) за другого строку сівби – 10,7 і 10,3 т/га відповідно. Середні значення врожайності за 2019–2021 рр. забезпечили прямий зв'язок між дослідженими показниками продуктивності центрального колоса пшениці м'якої та твердої озимого типу розв'язку.

## References

- Lagodiienko, V., Bogdanov, O., & Lagodiienko, V. (2019). Place and role of Ukraine in the world wheat market. *Ukrainian Journal of Applied Economics*, 4(3), 297–308. doi: 10.36887/2415-8453-2019-3-33 [In Ukrainian]
- Mudrak, R. (2023). Distribution of Ukrainian grain products between the domestic and foreign markets: condition, causes and consequences. *Food Industry Economics*, 15(3), 3–12. doi: 10.15673/fie.v15i3.2743 [In Ukrainian]
- Prokopenko, O. (2020). *Crop production of Ukraine 2019. Statistical yearbook*. Retrieved from [https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2020/zb/04/zb\\_ros\\_2019.pdf](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/04/zb_ros_2019.pdf) [In Ukrainian]
- Protsik, I. S., & Beze, A. O. (2022). Global trends in wheat and corn market development and determination of Ukraine's place in it. *Management and entrepreneurship in Ukraine: stages of formation and problems of development*, 2(8), 414–426. doi: 10.23939/smeu2022.02.414 [In Ukrainian]
- Eltaher, S., Baenziger, P. S., Belamkar, V., Emara, H. A., Nower, A. A., Salem, K. F. M., Alqudah, A. M., & Sallam, A. (2021). GWAS revealed effect of genotype × environment interactions for grain yield of Nebraska winter wheat. *BMC genomics*, 22(1), 1–14. doi: 10.1186/s12864-020-07308-0
- Kaya, Yu., & Akcura, M. (2014). Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). *Food Science and Technology*, 34(2), 386–393. doi: 10.1590/fst.2014.0041
- Hellemans, T., Landschoot, S., Dewitte, K., Van Bockstaele, F., Vermeir, P., Eeckhout, M., & Haesaert, G. (2018). Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 2491–2509. doi: 10.1021/acs.jafc.7b05450
- Naseh, N., Dhaka, A. K., Singh, B. (2020). Suitable genotype and optimization of seed rate for late sown wheat. *International Journal of Chemical Studies*, 8(1), 515–519. doi: 10.22271/chemi.2020.v8.i1g.8310
- Popović, V., Ljubičić, N., Kostić, M., Radulović, M., Blagojević, D., Ugrešević, V., Popović, D., & Ivošević, B. (2020). (2020). Genotype × environment interaction for wheat yield traits suitable for selection in different seed priming conditions. *Plants*, 9(12), Article 1804. doi: 10.3390/plants9121804
- Demydov, O., Hudzenko, V., & Pravidziva, I. (2022). Manifestation and variability level of yield and grain quality indicators in winter bread wheat depending on natural and anthropogenic factors. *Romanian Agricultural Research*, 39, 175–185.
- Zviahin, A. (2011). Analysis of correlation between elements of productivity structure and morphological traits in  $F_2$  hybrids of winter bread wheat, their role in breeding for increased adaptability and productivity. *Plant Breeding and Seed Production*, 99, 23–29.
- International union for the protection of new varieties of plants (UPOV). (2011). Possible use of molecular markers in the examination of distinctness, uniformity and stability (DUS), October 20. Geneva. Retrieved from [http://www.upov.int/edocs/infdocs/en/upov\\_inf\\_18](http://www.upov.int/edocs/infdocs/en/upov_inf_18)
- Burdeniuk-Tarasevych, L. A., & Lozynskyi, M. V. (2013). Formation of the length of the main ear in the line of winter wheat of different ecological and geo-graphical origin. *Agrobiologia*, 11, 30–34. [In Ukrainian]
- Baloch, M. S., Nadim, M. A., Zubair, M., Awan, I. U., Khan, E. A., & Ali, S. (2012). Evaluation of wheat under normal and late sowing condition. *Pakistan Journal of Botany*, 44(5), 1727–1732.
- Poltoretskyi, S., Tretiakova, S., Mostoviyak, I., Yatsenko, A., Tereshchenko, Y., Poltoretska, N., & Berezovskyi, A. (2020). Growth and productivity of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on the sowing parameters. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 81–87. doi: 10.15421/2020\_68
- Siroshatan, A. A., & Kavunets, V. P. (2016). *Technology of soft winter wheat seed production (Methodological recommendations)*. Kyiv: CP Comprint. [In Ukrainian]
- Methods of examination and state testing of plant varieties of cereals, cereal and leguminous crops. (2003). In V. V. Volkodav (Ed.), *Protection of rights to plant varieties* (Vol. 2). Kyiv: Alefa. [In Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Methodology for the examination of plant varieties of the group of cereals, cereals and legumes for their suitability for distribution in Ukraine*. Vinnytsia: Nilan LTD. [In Ukrainian]
- Tsenov, N., Gubatov, T., & Yanchev, I. (2020). Correlations between grain yield and related traits in winter wheat under multi environmental traits. *Agricultural Science and Technology*, 12(4), 295–300. doi: 10.15547/ast.2020.04.047
- Lozynskyi, M., Ustynova, H., Hutsaliuk, N., Krytska, M., Prelypov, R., & Bakumenko, O. (2021). Transgressive variability in the number of grains of the main ear in  $F_2$  populations during hybridization of different early-maturing varieties of soft winter wheat. *Agrobiologia*, 2, 95–105. doi: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-95-105

UDC 631.524.84:633.11"324"(292.485:477.4)

**Demydov, O. A.<sup>1</sup>, Dubovyk, N. S.<sup>2\*</sup>, Kyrylenko, V. V.<sup>1</sup>, Gumeniuk, O. V.<sup>1</sup>, Siroshchan, A. A.<sup>1</sup>, Sabadyn, V. Ya.<sup>2</sup>, Kumanska, Yu. O.<sup>2</sup>, Los, R. M.<sup>1</sup>, Vlasenko, I. S.<sup>3</sup>, & Lashuk, S. O.<sup>4</sup>** (2024). Formation of productivity elements of winter wheat varieties depending on agrotechnical factors in the conditions of the central Forest-Steppe. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(2), 96–103. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.2.2024.304102>

<sup>1</sup>The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine, 68 Tsentralna St., Tsentralne village, Obukhiv district, Kyiv region, 08853, Ukraine

<sup>2</sup>Bila Tserkva National Agrarian University, 8/1 Soborna Square, Bila Tserkva, Kyiv region, 09117, Ukraine, \*e-mail: natyadubovyk25@gmail.com

<sup>3</sup>National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 9 Mykhailo Omelianovych-Pavlenko St., Kyiv, 01010, Ukraine

<sup>4</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Horikhuvatskyi Shliakh St., Kyiv, 03041, Ukraine

**Purpose.** To determine the elements of productivity of new winter wheat varieties of the Myronivka breeding in the conditions of the central Ukrainian Forest-Steppe, depending on the predecessors and sowing dates. **Methods.** The research was conducted in 2019–2021 in a four-factor experiment on the fields of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS (MIW), located in the central part of the Ukrainian Forest-Steppe. The subject of the research was the processes of productivity formation of soft winter wheat; five new varieties of Myronivka breeding ('MIP Fortuna', 'MIP Lada', 'MIP Yuvileina', 'Avrora Myronivska', 'MIP Lakomka') were compared with the standard ('Podolianka'). The trials were designed according to two predecessors – the common sunflower and soybean; sowing was carried out on 25 September and 5 October with a deviation of 1–3 days. **Results.** According to the results of the research, the optimal growth and development of the plants of the soft winter wheat varieties in the corresponding phenological phases, as well as the formation of the ear during the gro-

wing season were ensured. The best vegetation period was in 2019, when the length of the central ear was more than 10.00 cm. Taking into account the influence of the sowing date after predecessors such as the common sunflower and soybean, the varieties 'MIP Lada' and 'MIW Fortuna' proved to be stable in terms of central spike length, providing high plant productivity. An important element of the latter is the number of grains in the spike, which was highest in 'Avrora Myronivska' (61 pcs) in 2021 at the second sowing date. Grain weight values from the central ear also depended on variety, sowing date and predecessor. A direct correlation between the studied productivity indicators and yield was found. **Conclusions.** Following an analysis of the indicators of productivity formation, three valuable winter wheat varieties were identified as being suitable for cultivation in the Central Forest-Steppe of Ukraine. These are 'MIP Fortuna', 'MIW Lada' and 'MIW Lakomka'.

**Keywords:** winter wheat; variety; productivity; genotype; predecessor; sowing time.

Надійшла / Received 12.05.2024

Погоджено до друку / Accepted 23.06.2024

# Вплив різних видів і доз добрив на формування структури врожаю пшениці м'якої озимої сорту 'КВС Еміл' і лінії 'Пріно'

Г. М. Господаренко, В. В. Любич\*, Т. В. Сіліфонов

Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20301, Україна, \*e-mail: LyubichV@gmail.com

**Мета.** Дослідити формування структури врожаю різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за внесення різних видів і доз добрив. **Методи.** Дослідження з формування структури врожаю пшениці м'якої озимої залежно від сорту та удобрення проводили впродовж 2020–2022 рр. в Уманському національному університеті садівництва. **Результати.** Сорт пшениці м'якої озимої 'КВС Еміл' формував максимальну кількість стебел у фазі ВВСН 30 в усі роки досліджень – 693–948 шт./м<sup>2</sup> залежно від варіанта досліду. Фаза ВВСН 50 у 2020 р. характеризувалася зменшенням чисельності стебел до 533–639 шт./м<sup>2</sup> (або в 1,5–1,6 раза, як порівняти з ВВСН 30), ВВСН 93 – збільшенням від 513 (у контрольному варіанті, без добрив) до 584–616 шт./м<sup>2</sup> (зі внесенням 75–150 кг/га д. р. азотних добрив). У контрольному варіанті середня (за три роки досліджень) маса зерен з одного колоса сорту 'КВС Еміл' становила 1,29 г. За використання 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшувалася до 1,39 г; N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> – до 1,47 г, або на 14% проти контролю; подвійної дози повного мінерального добрива – до рівня варіанта з N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>; N<sub>150</sub> – до 1,37 г, або на 6% проти контролю. Показник маси зерна з одного колоса пшениці м'якої озимої лінії 'Пріно' в середньому впродовж досліджень змінювався від 1,62 до 1,83 г та був достовірно вищим, ніж у сорту 'КВС Еміл'. **Висновки.** Від азотного складника добрив максимально залежить кількість продуктивних стебел. Так, якщо в контрольному варіанті у сорту 'КВС Еміл' їх було 420–513 шт./м<sup>2</sup>, то завдяки внесенню N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> чисельність вдалося збільшити до 562–624 шт./м<sup>2</sup>. Кількість продуктивних стебел лінії 'Пріно' змінювалася від 209–432 до 277–613 шт./м<sup>2</sup> відповідно. Також ця лінія відзначилася вищими, ніж у сорту 'КВС Еміл', показниками маси та кількості зерен з одного колоса. Використання азотних систем удобрення для рослин сорту 'КВС Еміл' сприяло формуванню маси зерна в одному колосі на рівні 1,37–1,39 г за кількості зерен 35,7–36,1 шт.

**Ключові слова:** сорт; продуктивність; погодні умови; система удобрення.

## Вступ

Пшениця м'яка – основна сільськогосподарська культура в багатьох країнах світу, а також головна зернова сировина Правобережного Лісостепу. Саме тому на створення сприятливих умов для одержання її високих врожаїв має бути спрямовано систему агротехнічних заходів. Застосування добрив, завдяки якому досягають значного збільшення продуктивності вказаної культури, – один з основних складників технології вирощування, що нерозривно пов'язаний із процесом інтенсифікації виробництва зерна [1–3].

Врожайність зерна безпосередньо залежить від різних елементів її структури: від кількості продуктивних стебел – на 50%,

чисельності зерен в одному колосі – на 25%, маси 1000 зерен – на 25% [4, 5]. Дослідження з формування структури врожаю дадуть змогу цілеспрямовано впливати на продуктивність рослин через встановлення норми висіву у процесі застосування різних видів добрив. Внаслідок цього низьку продуктивність колоса можна буде компенсувати збільшенням кількості рослин і навпаки.

Застосування добрив підвищує врожайність та змінює елементи продуктивності рослин [6]. Так, у процесі вирощування сорту 'Кольчуга' завдяки внесенню N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> вдалося збільшити кількість зерен з одного колоса від 24,9 до 27,0 шт., а їхню масу – від 0,88 до 1,00 г [7]. Поліпшено вказані показники за такої системи удобрень і в сорту 'Заможність' – від 27,5 до 29,5 шт. і від 1,02 до 1,15 г відповідно.

Використання N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> у дослідженні [8] сприяло збільшенню всіх елементів структури врожаю. Зокрема, кількості продуктивних стебел – від 418 (контроль) до 530 шт./м<sup>2</sup>; маси зерна в одному колосі – від 0,99 до 1,68 г. Подібну тенденцію (зміну чисельності

Hryhorii Hospodarenko

<https://orcid.org/0000-0002-6495-2647>

Vitalii Liubych

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>

Taras Silifonov

<https://orcid.org/0000-0003-3651-7151>

продуктивних стебел за поліпшених умов вирощування від 838 до 932 шт./м<sup>2</sup>, зерен – від 30,0 до 34,0 шт.) описано й у публікації [9].

Автори [10] зазначають, що вплив азотних добрив на формування елементів продуктивності рослин і структури врожаю є неоднозначним та різниться залежно від сортових особливостей. Так, кількість продуктивних стебел у низьковрожайних сортів збільшувалася від 512 (N<sub>60</sub>) до 609 шт./м<sup>2</sup> (N<sub>120</sub>), у високоврожайних – від 530 до 606 шт./м<sup>2</sup>. Водночас маса зерна з одного колоса в низьковрожайних сортів майже не змінювалася і становила 0,77 г, а у високоврожайних зростала лише від 1,41 до 1,42 г (у менш сприятливому за погодними умовами році знижувалася від 1,64 до 1,33 г).

*Мета досліджень* – вивчити формування структури врожаю різностиглих сортів пшениці м'якої озимої за використання різних видів і доз добрив.

### Матеріали та методика досліджень

Експериментальні дослідження проводили впродовж 2020–2022 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України у стаціонарному досліді кафедри агрохімії та ґрунтознавства з географічними координатами за Гринвічем 48° 46' північної широти та 30° 14' східної довготи, закладеному 2011 року на дослідному полі Уманського НУС. Ґрунт – чорнозем опідзолений (важкосуглинковий склад на лесі), вміст азоту легкогідролізованих сполук низький, рухомих сполук фосфору й калію – підвищений, гумусу – 3,4%, рН<sub>KCl</sub> – 5,8.

Кількість опадів у 2020 р. становила 479 мм, що на 25% менше за середній багаторічний показник, у 2021-му – 655,7, а у 2022 р. – 452,0 мм. Температура повітря у 2021 р. була вищою, ніж усереднена багаторічна. Впродовж вегетаційного періоду 2020 року випало лише 187,5 мм атмосферної вологи; 2021-го – в 1,5 раза більше, або 281,7 мм; 2022 року – 280,3 мм. Здійснивши сівбу пшениці м'якої озимої у 2019 р., сходи отримали 20 січня 2020 року. У фазі ВВСН 10 рослини зимували у 2020 р., а в ВВСН 20 – у 2022 р., коли склалися найсприятливіші погодні умови для формування елементів структури врожаю.

Експеримент проводили в 4-пільній сівозміні (пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, соя). Повторення дослідів триразове. Площа облікової ділянки – 25 м<sup>2</sup>. У варіанті виробничого контролю (N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) дозу добрив розраховували за господарським внесенням основних елементів живлення культурами сівозміни. Схему дослідів склали так, щоб за результатами проведених дослідів

можна було визначити доцільність зниження доз окремих видів мінеральних добрив і встановити оптимальне їх поєднання як у сівозміні, так і під окремі культури.

Схема застосування добрив у польовій сівозміні під пшеницю м'яку озиму [лінія 'Пріно' (ранньостигла), сорт 'КВС Еміл' (середньостиглий)] передбачала варіант без їхнього внесення, фосфорно-калійну, азотно-калійну, азотно-фосфорну системи та неповне повернення фосфорних і калійних добрив у складі повного мінерального добрива. Нетоварну частину врожаю залишали на полі.

Для визначення продуктивності залежно від удобрення використали нові в сільськогосподарському виробництві культивари. А саме: сорт 'КВС Еміл' (оригініатор – KWS SAAT SE & Co. KGaA), лінію 'Пріно' (оригініатор – Уманський національний університет садівництва).

Агротехнологія пшениці м'якої озимої передбачала лушення стерні сої у два сліди після її збирання. Фосфорні та калійні добрива вносили під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – в підживлення у II–III декадах січня. Сівбу проводили в II–III декадах жовтня. Під час фази виходу рослин у трубку застосовували гербіцид із фунгіцидом. Врожай збирали подільською прямою комбайнуванням у III декаді липня.

Структуру врожаю пшениці м'якої озимої визначали відповідно до методики [11]. Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою дисперсійного аналізу.

### Результати досліджень

Встановлено, що сорт пшениці м'якої озимої 'КВС Еміл' формував максимальну кількість стебел у фазі ВВСН 30 в усі роки дослідів – 693–948 шт./м<sup>2</sup> залежно від варіанта дослідів (табл. 1). Фаза ВВСН 50 у 2020 р. характеризувалася зниженням цього показника до 533–639 шт./м<sup>2</sup> (або в 1,5–1,6 раза, як порівняти з ВВСН 30); ВВСН 93 – підвищенням від 513 (контрольний варіант, без добрив) до 584–616 шт./м<sup>2</sup>, або на 14–20% (зі внесенням 75–150 кг/га д. р. азотних добрив). Застосування N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> збільшувало чисельність продуктивних стебел до 588 шт./м<sup>2</sup>, або на 15% проти контролю; внесення повного мінерального добрива – до 624 шт./м<sup>2</sup>, або на 22%. Одержані значення у варіантах з азотно-калійною, азотно-фосфорною системами та за неповного повернення фосфорних і калійних добрив майже не відрізнялися від результатів, отриманих після внесення N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>. Це свідчить про сильнішу реакцію пшениці м'якої озимої на використання азотних добрив, як порівняти з фосфорними

та калійними. Завдяки поліпшенню умов мінерального живлення більшість стебел були продуктивними (із зерном), а кількість непродуктивних зменшувалася від 19 до 13–18 шт./м<sup>2</sup> залежно від системи удобрення.

У 2021–2022 рр. сформовано менше, ніж у 2020-му, продуктивних стебел. Чисельність непродуктивних знижувалася у 2021 р. та збільшувалася від 46 до 51–60 шт./м<sup>2</sup> у 2022 році.

Таблиця 1

**Вплив удобрення на густоту пшениці м'якої озимої сорту 'КВС Еміл', шт./м<sup>2</sup>**

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку рослин				
	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 93		
			1	2	3
2020 р.					
Без добрив (контроль)	845	533	532	513	19
N <sub>75</sub>	901	602	601	584	17
N <sub>150</sub>	942	633	631	616	15
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	861	534	533	515	18
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	944	638	637	622	15
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	949	641	639	624	15
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	906	605	604	588	16
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	951	639	637	624	13
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	948	640	639	625	14
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	947	639	638	624	14
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	948	637	636	623	13
2021 р.					
Без добрив (контроль)	693	464	462	449	13
N <sub>75</sub>	751	533	531	520	11
N <sub>150</sub>	790	571	568	558	10
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	710	467	464	450	14
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	792	569	568	558	10
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	798	568	567	557	10
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	756	537	535	524	11
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	799	573	571	562	9
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	794	570	568	559	9
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	795	570	567	558	9
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	794	565	563	554	9
2022 р.					
Без добрив (контроль)	766	468	466	420	46
N <sub>75</sub>	825	520	518	467	51
N <sub>150</sub>	858	638	637	580	57
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	766	497	494	446	48
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	860	645	643	585	58
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	863	645	644	586	58
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	830	547	545	493	52
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	865	654	653	593	60
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	867	646	645	586	59
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	866	646	644	585	59
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	865	646	645	586	59

**Примітка.** 1 – загальна кількість стебел; 2 – кількість продуктивних стебел; 3 – кількість непродуктивних стебел.

Густота стебел пшениці м'якої озимої лінії 'Пріно' у фазі ВВСН 30 збільшувалася від 457 (без добрив) до 671 шт./м<sup>2</sup>, або на 47% (повне мінеральне добриво) (табл. 2); у ВВСН 50 – зменшувалася до 252–311 шт./м<sup>2</sup>, або в 1,8–2,2 раза проти ВВСН 30. Схожі тенденції внаслідок застосування різних видів і доз добрив спостерігали й для сорту 'КВС Еміл'.

Кількість продуктивних стебел лінії 'Пріно' у фазі ВВСН 93 становила 238 шт./м<sup>2</sup> (контроль). Після внесення повного мінерального добрива вона зростала до 301 шт./м<sup>2</sup>, або на 26%. Водночас чисельність непродуктивних стебел зменшувалася з 13 до 9 шт./м<sup>2</sup>.

У 2021 р. завдяки використанню N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> кількість продуктивних стебел вдалося збільшити від 209 (без добрив) до 277 шт./м<sup>2</sup>; у 2022 р. – від 432 до 613 шт./м<sup>2</sup>. Чисельність непродуктивних стебел за таких умов змінювалася з 7 до 9 шт./м<sup>2</sup> (2021 р.) і з 59 до 33 шт./м<sup>2</sup> (2022 р.).

Загалом, фосфорні та калійні добрива без азотних не впливали на кількість стебел у сорту 'КВС Еміл' та лінії 'Пріно' впродовж років досліджень.

Таблиця 2

**Вплив удобрення на густоту пшениці м'якої озимої лінії 'Пріно', шт./м<sup>2</sup>**

Варіант досліджу	Фаза росту та розвитку рослин				
	ВВСН 30	ВВСН 50	ВВСН 93		
			1	2	3
2020 р.					
Без добрив (контроль)	457	252	251	238	13
N <sub>75</sub>	613	286	284	272	12
N <sub>150</sub>	667	297	295	285	10
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	464	250	249	236	13
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	665	306	305	295	10
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	667	308	306	296	10
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	630	286	285	273	12
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	671	311	310	301	9
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	668	310	309	299	10
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	672	308	307	297	10
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	669	306	305	295	10
2021 р.					
Без добрив (контроль)	373	219	218	209	9
N <sub>75</sub>	531	252	251	243	8
N <sub>150</sub>	584	273	271	264	7
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	380	219	218	209	9
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	581	275	274	267	7
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	584	276	274	267	7
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	545	264	263	255	8
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	587	286	284	277	7
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	584	278	277	270	7
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	591	279	277	270	7
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	584	280	279	272	7
2022 р.					
Без добрив (контроль)	871	495	491	432	59
N <sub>75</sub>	1016	594	591	545	46
N <sub>150</sub>	1056	614	611	578	33
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	878	501	498	439	59
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	1062	627	623	590	33
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	1065	627	624	591	33
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	1021	607	604	558	46
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1071	647	646	613	33
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	1069	647	645	612	33
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	1070	647	646	613	33
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	1068	647	645	612	33

**Примітка.** 1 – загальна кількість стебел; 2 – кількість продуктивних стебел; 3 – кількість непродуктивних стебел.

Густота стебел пшениці м'якої озимої змінювалася залежно від погодних умов. Так,

2020 і 2021 рр. були несприятливими для куштиння, а тому кількість рослин лінії 'Пріно', що вижили, становила 235 і 181 шт./м<sup>2</sup> відповідно. У 2022 р. – 332 шт./м<sup>2</sup>. Показники сорту 'КВС Еміл' мали значення 326 (2020 р.), 264 (2021 р.) та 330 шт./м<sup>2</sup> (2022 р.). Відповідно лінія 'Пріно' у 2020 та 2021 рр. сформувала менше продуктивних стебел, ніж сорт 'КВС Еміл'. Крім того, у 2022 р., порівнюючи з двома попередніми, зросла чисельність непродуктивних стебел.

Обидва культивари сформували максимальну кількість стебел у фазі ВВСН 30 2022 року. Водночас лінія 'Пріно' переважала за показниками сорт 'КВС Еміл'. Вище число опадів у фазах ВВСН 40–50 сприяло виживанню більшої кількості продуктивних стебел.

Вченими доведено [12, 13], що реакція пшениці озимої на азотні добрива гірша, ніж на фосфорні та калійні. Першочергово вона проявляється у збільшенні кількості стебел [14]. Проте, якщо серед них зростає чисельність продуктивних, це по-різному змінює параметри продуктивності колоса.

Середня (за три роки досліджень) маса зерна з одного колоса сорту 'КВС Еміл' у контрольному варіанті становила 1,29 г. За використання 75 кг/га д. р. азотних добрив збільшувалася до 1,39 г, або на 8% (табл. 3); N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> – до 1,47 г, або на 14%; повного мінерального добрива – до рівня варіанта з N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub>; N<sub>150</sub> – до 1,37 г, або на 6% проти контролю. На фосфорно-калійному фоні цей показник підвищувався до 1,38 г, або на 7%. Значення у варіантах із неповним поверненням фосфорних і калійних добрив дорівнювали результатам, одержаним за внесення повного мінерального добрива.

Маса зерна з одного колоса сорту 'КВС Еміл' у 2020 і 2021 рр. збільшувалася за всіх систем удобрення; у 2022 р. – за систем із застосуванням 75 кг/га д. р. азотних добрив. Втім використання максимальної дози останніх, навпаки, зменшувало досліджуваний показник.

Серед двох культиварів лінія 'Пріно' відрізнялася достовірно більшою масою зерна з одного колоса. Значення цього показника в середньому за роки досліджень варіювалися в межах 1,62–1,83 г, не зростали після використання азотних систем (1,62–1,65 г проти 1,68 г у контрольному варіанті) та ставали вищими за тривалого внесення N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> (до 1,73 г), застосування подвійної дози повного мінерального добрива (до 1,83 г) та фосфорно-калійної системи (до 1,77 г, або на 5% проти контролю).

У 2020 р. тенденцію до зменшення маси зерна в одному колосі досліджуваної лінії спостерігали після застосування азотної системи з дозуванням 75 кг/га д. р.; у 2021 р. – обидвох азотних систем; у 2022 р. – всіх систем, що мали азотний складник.

Достовірно збільшувала масу зерна в одному колосі як сорту 'КВС Еміл', так і лінії 'Пріно' фосфорно-калійна система.

Таблиця 3

### Вплив удобрення на масу зерна в одному колосі пшениці м'якої озимої, г

Варіант досліду (фактор А)	Рік дослідження			Середнє за три роки
	2020	2021	2022	
Сорт 'КВС Еміл' (фактор В)				
Без добрив (контроль)	0,92	1,31	1,64	1,29
N <sub>75</sub>	1,03	1,37	1,77	1,39
N <sub>150</sub>	1,16	1,42	1,52	1,37
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	0,98	1,49	1,66	1,38
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	1,26	1,46	1,52	1,41
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	1,27	1,53	1,52	1,44
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	1,14	1,50	1,76	1,47
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,28	1,61	1,52	1,47
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	1,27	1,58	1,53	1,46
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	1,28	1,63	1,53	1,48
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	1,28	1,63	1,52	1,48
Лінія 'Пріно' (фактор В)				
Без добрив (контроль)	1,56	2,28	1,20	1,68
N <sub>75</sub>	1,54	2,17	1,16	1,62
N <sub>150</sub>	1,61	2,17	1,17	1,65
P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,64	2,43	1,23	1,77
N <sub>150</sub> K <sub>80</sub>	1,69	2,30	1,17	1,72
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub>	1,76	2,32	1,18	1,75
N <sub>75</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	1,68	2,32	1,19	1,73
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	1,87	2,45	1,17	1,83
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>40</sub>	1,84	2,32	1,13	1,76
N <sub>150</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	1,87	2,45	1,16	1,83
N <sub>150</sub> P <sub>30</sub> K <sub>80</sub>	1,87	2,39	1,15	1,80
НІР <sub>0,05</sub> за факторами	А	0,04	0,06	0,03
	В	0,02	0,03	0,02

Системи удобрення також по-різному впливали на формування кількості зерен в одному колосі сорту 'КВС Еміл'. Так, середнє значення (за три роки досліджень) у контрольному варіанті становило 34,3 г. За використання N<sub>75</sub> збільшувалося до 36,1 г, або на 5%; N<sub>150</sub> – до 35,7 г, або на 4% (табл. 4); повного мінерального добрива – до 38,3 г, або на 12%.

У 2020 р. всі системи удобрення збільшували кількість зерна в колосі досліджуваного сорту. У 2021 р. достовірно не підвищувала цей показник N<sub>75</sub>, а у 2022 р. – кожна система з азотним складником у дозуванні 150 кг/га д. р.

Кількість зерна в колосі пшениці м'якої озимої лінії 'Пріно' була на 2–12% вищою, ніж у сорту 'КВС Еміл'; знижувалася до 36,9 г, або на 5% проти контролю (38,5 г), через застосування азотних систем удобрення, збільшувалася до 40,6 г, або на 5%, завдяки внесенню повного мінерального добрива та

була на рівні 38,2–39,1 г після використання азотно-калійної та азотно-фосфорної систем.

У 2020 р. азотні системи не переважали над контролем за кількістю зерен в одному колосі досліджуваної лінії. 2021 року у варіантах з усіма системами, окрім  $P_{60}K_{80}$ ,  $N_{150}P_{60}K_{80}$  і  $N_{150}P_{60}K_{40}$ , спостерігали зменшення вказаного показника. Результати, одержані у 2022 р. після внесення добрив, були нижчими, ніж у контролі.

Варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив і з повним мінеральним добривом майже не різнилися між собою у процесі вирощування обох культиварів. Фосфорно-калійні системи достовірно збільшували кількість зерна в одному колосі сорту 'КВС Еміл' в усі роки досліджень, а лінії 'Пріно' – у 2020 та 2021 роках.

Таблиця 4

**Вплив удобрення на кількість зерна в одному колосі пшениці м'якої озимої, шт.**

Варіант досліджу (фактор А)	Рік дослідження			Середнє за три роки	
	2020	2021	2022		
<b>Сорт 'КВС Еміл' (фактор В)</b>					
Без добрив (контроль)	24,7	35,3	42,8	34,3	
$N_{75}$	27,2	35,4	45,7	36,1	
$N_{150}$	30,5	36,8	39,7	35,7	
$P_{60}K_{80}$	26,1	38,1	42,0	35,4	
$N_{150}K_{80}$	33,0	37,9	39,6	36,8	
$N_{150}P_{60}$	33,3	39,6	39,7	37,5	
$N_{75}P_{30}K_{40}$	30,1	38,6	45,2	38,0	
$N_{150}P_{60}K_{80}$	33,4	41,9	39,5	38,3	
$N_{150}P_{30}K_{40}$	33,2	41,4	39,9	38,2	
$N_{150}P_{60}K_{40}$	33,4	42,1	39,8	38,4	
$N_{150}P_{30}K_{80}$	33,3	42,0	39,6	38,3	
<b>Лінія 'Пріно' (фактор В)</b>					
Без добрив (контроль)	36,7	52,0	26,9	38,5	
$N_{75}$	35,8	48,9	26,0	36,9	
$N_{150}$	36,6	47,5	26,5	36,9	
$P_{60}K_{80}$	38,5	54,9	26,8	40,1	
$N_{150}K_{80}$	38,3	50,1	26,1	38,2	
$N_{150}P_{60}$	40,0	51,2	26,2	39,1	
$N_{75}P_{30}K_{40}$	39,0	52,2	26,5	39,2	
$N_{150}P_{60}K_{80}$	42,3	53,6	25,8	40,6	
$N_{150}P_{30}K_{40}$	41,8	50,7	25,0	39,2	
$N_{150}P_{60}K_{40}$	42,4	53,5	25,6	40,5	
$N_{150}P_{30}K_{80}$	42,2	51,8	25,3	39,8	
НІР <sub>0,05</sub> за факторами	А	0,9	1,1	0,08	–
	В	0,7	0,8	0,06	–

На масу та кількість зерна в одному колосі пшениці м'якої озимої впливали погодні умови вегетаційного періоду та формування продуктивного стеблостою, який змінювався залежно від удобрення. Це також підтверджено дослідженням [15]. Встановлено дуже високий обернений кореляційний зв'язок ( $r = -0,83...-0,99$ ) між показниками чисельності продуктивних стебел і маси зерна в одному колосі. Зокрема, 2022 року з підвищенням першого внаслідок внесення азотних добрив (дозування – 150 кг/га д. р.) знижувався дру-

гий. У дослідженні [16] продемонстровано, що збільшення кількості продуктивних стебел до 544 та 648 шт./м<sup>2</sup> зменшує до 1,59 г масу зерна в одному колосі. А от продуктивність колоса, навпаки, є вищою (за сприятливих погодних умов), якщо продуктивних стебел менше.

Найбільшу врожайність у середньому за три роки досліджень одержано завдяки застосуванню повного мінерального добрива (7,76 т/га для сорту 'КВС Еміл' і 5,81 т/га для лінії 'Пріно'), найменшу – після внесення фосфорних і калійних добрив (5,43 т/га для сорту 'КВС Еміл' і 4,23 т/га для лінії 'Пріно') (табл. 5).

Таблиця 5

**Вплив удобрення на врожайність зерна пшениці м'якої озимої, т/га**

Варіант досліджу (фактор А)	Рік проведення досліджень			Середнє за три роки	
	2020	2021	2022		
<b>Сорт 'КВС Еміл' (фактор В)</b>					
Без добрив (контроль)	4,05	4,94	6,00	5,00	
$N_{75}$	5,27	6,39	7,20	6,29	
$N_{150}$	6,33	7,58	7,67	7,19	
$P_{60}K_{80}$	4,37	5,48	6,43	5,43	
$N_{150}K_{80}$	6,98	7,72	7,74	7,48	
$N_{150}P_{60}$	7,05	7,87	7,72	7,55	
$N_{75}P_{30}K_{40}$	5,91	6,94	7,53	6,79	
$N_{150}P_{60}K_{80}$	7,18	8,27	7,83	7,76	
$N_{150}P_{30}K_{40}$	6,99	7,99	7,79	7,59	
$N_{150}P_{60}K_{40}$	7,13	8,21	7,78	7,71	
$N_{150}P_{30}K_{80}$	7,11	8,03	7,76	7,63	
<b>Лінія 'Пріно' (фактор В)</b>					
Без добрив (контроль)	3,31	4,23	4,50	4,01	
$N_{75}$	3,72	4,74	5,48	4,65	
$N_{150}$	4,09	5,07	5,87	5,01	
$P_{60}K_{80}$	3,48	4,51	4,70	4,23	
$N_{150}K_{80}$	4,47	5,46	6,02	5,32	
$N_{150}P_{60}$	4,69	5,63	6,08	5,47	
$N_{75}P_{30}K_{40}$	4,11	5,24	5,75	5,03	
$N_{150}P_{60}K_{80}$	5,09	6,11	6,22	5,81	
$N_{150}P_{30}K_{40}$	4,97	5,68	6,04	5,56	
$N_{150}P_{60}K_{40}$	5,04	6,01	6,18	5,74	
$N_{150}P_{30}K_{80}$	5,01	5,81	6,12	5,65	
НІР <sub>0,05</sub> за факторами	А	0,15	0,18	0,20	–
	В	0,16	0,17	0,19	–

Як порівняти з повним мінеральним добривом, варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив достовірно не знижували врожаї, а от після використання азотної системи показники зменшувались на 0,57–0,80 т/га проти результатів, одержаних за внесення  $N_{150}P_{60}K_{80}$ .

З-поміж досліджуваних культиварів середньостиглий сорт 'КВС Еміл' характеризувався ліпшою, ніж ранньостигла лінія 'Пріно', врожайністю. Найвищі її значення одержано у сприятливому 2022 р., найнижчі – у 2020 р. Негативний вплив погодних умов на формування врожаїв зерна обох сортів зменшували завдяки застосуванню добрив.

## Висновки

Отже, після застосування азотних добрив спостерігали максимальне збільшення кількості продуктивних стебел пшениці м'якої озимої. Так, якщо в контрольному варіанті у сорту 'КВС Еміл' їх було 420–513 шт./м<sup>2</sup>, то завдяки внесенню N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> чисельність вдалося підвищити до 562–624 шт./м<sup>2</sup>. Кількість продуктивних стебел лінії 'Пріно' змінювалася від 209–432 до 277–613 шт./м<sup>2</sup> відповідно. Внесення повного мінерального добрива (N<sub>75</sub>P<sub>30</sub>K<sub>40</sub> і N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub>) сприяло збільшенню маси зерна в одному колосі до 1,46–1,47 ('КВС Еміл') та 1,73–1,83 г ('Пріно'), а кількості зерен – до 38,0–38,3 ('КВС Еміл') та 39,2–40,6 шт. ('Пріно'). Максимальну врожайність одержали внаслідок використання повного мінерального добрива N<sub>150</sub>P<sub>60</sub>K<sub>80</sub> – 7,76 т/га у сорту 'КВС Еміл' і 5,81 т/га у лінії 'Пріно'. Водночас варіанти з неповним поверненням фосфорних і калійних добрив та азотні системи найменше знижували показник урожайності, як порівняти з повним мінеральним добривом.

## References

- Gamayunova, V., Kovalenko, O., Smirnova, I., & Korkhova, M. (2022). The formation of the productivity of winter wheat depends on the predecessor, doses of mineral fertilizers and bio preparations. *Scientific Horizons*, 25(6), 65–74. doi: 10.48077/scihor.25(6).2022.65-74
- Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Burliai, O. L., & Prytuliak, R. M. (2022). Agrochemical properties of chernozem treated with different doses of nitrogen fertilizers and their combination with other types of mineral fertilizers. *Agrarian Innovations*, 14, 18–22. doi: 10.32848/agrar.innov.2022.14.3 [In Ukrainian]
- Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., & Prytuliak, R. M. (2022). Effectiveness of application of different types and doses of fertilizers in field crop rotation. *Taurian Scientific Bulletin*, 127, 27–32. doi: 10.32851/2226-0099.2022.127.3 [In Ukrainian]
- Soto-Gómez, D., & Pérez-Rodríguez, P. (2022). Sustainable agriculture through perennial grains: Wheat, rice, maize, and other species. A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 325, Article 10747. doi: 10.1016/j.agee.2021.107747
- Yan, F., Zhang, F., Fan, X., Fan, J., Wang, Y., Zou, H., Wang, H., & Li, G. (2021). Determining irrigation amount and fertilisation rate to simultaneously optimize grain yield, grain nitrogen accumulation and economic benefit of drip-fertigated spring maize in northwest China. *Agricultural Water Management*, 243, Article 106440. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106440
- Baimuratov, A., Bastaubayeva, S., Arslan, M., & Yerliyeva, Z. (2021). Effect of fertilizer application on winter wheat productivity under precision agriculture in Kazakhstan. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(3), 1558–1563. doi: 10.13057/biodiv/d220362
- Panfilova, A., & Mohlynytska, A. (2019). The impact of nutrition optimisation on crop yield of winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) and modeling of regularities of its dependence on structure indicators. *Agriculture and Forestry*, 65(3), 157–171. doi: 10.17707/AgricultForest.65.3.13
- Olkhovskiy, G., Bobro, M., & Chechui, O. (2019). The detailed method for determining the structure of winter wheat crops. *Bulletin of Agricultural Science*, 97(12), 22–29. doi: 10.31073/agrovisnyk201912-03 [In Ukrainian]
- Chugrii, G. A. (2020). The formation of the yield of winter wheat depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 111, 152–157. doi: 10.32851/2226-0099.2020.111.21 [In Ukrainian]
- Fanin, Y. S., & Lytvynenko, M. A. (2023). Yield and elements of plant productivity in modern domestic and foreign varieties of winter durum wheat. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*, 1, 70–77. doi: 10.37406/2706-9052-2023-1.10 [In Ukrainian]
- Yeschenko, V. O., Kopytko, P. G., Opryshko, V. P., & Kostogryz, P. V. (2014). *Fundamentals of scientific research in agronomy*. Vinnytsia: Edelweiss and K. [In Ukrainian]
- Zhang, R., Yang, Y., Dang, T., Zhu, Y., & Huang, M. (2022). Responses of Wheat Yield under Different Fertilization Treatments to Climate Change Based on a 35-Year *In Situ* Experiment. *Agriculture*, 12, Article 1498. doi:10.3390/agriculture12091498
- Shehab-Eldeen, M. T., Khedr, R. A., & Genedy, M. S. (2021). Studies on Morphophysiological Traits and their Relationships to Grain Yield and its Components of Six Bread Wheat Genotypes under Four Nitrogen Fertilization Levels. *Journal of Plant Production*, 12(1), 11–17. doi: 10.21608/jpp.2021.152011
- Hospodarenko, H. M., Chernov, O. D., Liubych, V. V., Riabovol, Y. S., & Kryzhanivskiy, V. G. (2020). Yield and baking properties of winter wheat grain at different doses and periods of nitrogen fertilizer application. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 21–31. doi: 10.31210/visnyk2021.01.03 [In Ukrainian]
- Yerashova, M. V. (2021). The formation of elements of the yield structure of different varieties of winter wheat depending on growing conditions. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 86–92. doi: 10.31210/visnyk2021.02.11 [In Ukrainian]
- Zhemela, G. P., & Herman, M. M. (2010). Yield of soft winter wheat depending on pre-sowing seed treatment. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 36–39. [In Ukrainian]

UDC 631.559-024:633.111:631.526.3:631.816

**Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., & Silifonov, T. V.** (2024). The influence of different types and doses of fertilizers on the formation of the structure of the yield of soft winter wheat variety 'KWS Emil' and line 'Prino'. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(2), 104–110. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.2.2024.304103>

Uman National University of Horticulture, 1 Instyutska St., Uman, Cherkasy region, 20301, Ukraine, \*e-mail: LyubichV@gmail.com

**Purpose.** To study the development of the yield structure of soft winter wheat varieties of different maturity under different types and doses of fertilizer. **Methods.** Studies on the development of the yield structure of soft winter wheat as a function of variety and fertilizer were carried out at the Uman National University of Horticulture in 2020–2022. **Results.** The soft winter wheat variety 'KWS Emil' formed the maximum number of stems in the phase of in all years of research –

693–948 pcs/m<sup>2</sup> depending on the experimental variant. The phase of BBCH 50 in 2020 was characterized by a decrease in the number of stems to 533–639 pcs/m<sup>2</sup> (or 1.5–1.6 times compared to BBCH 30), BBCH 93 – by an increase from 513 (in the control variant, without fertilizer) to 584–616 pcs/m<sup>2</sup> (with the introduction of 75–150 kg/ha of nitrogen fertilizer per year). In the control variant, the average (for three years of research) weight of grains per ear of the variety 'KWS Emil'



was 1.29 g. With the application of 75 kg/ha of nitrogen fertilizer, it increased to 1.39 g;  $N_{75}P_{30}K_{40}$  – to 1.47 g, or 14% compared to the control; double dose of complete mineral fertilizer – to the level of the variant with  $N_{75}P_{30}K_{40}$ ;  $N_{150}$  – to 1.37 g, or 6% compared to the control. The grain weight per ear of soft winter wheat 'Prino' varied on average during the research from 1.62 to 1.83 g and was significantly higher than that of the variety 'KWS Emil'. **Conclusions.** The number of productive stems is highly dependent on the nitrogen content of the fertilizer. Thus, if in the control variety of 'KWS Emil' there were

420–513 stems/m<sup>2</sup>, the introduction of  $N_{150}P_{60}K_{80}$  increased the number to 562–624 stems/m<sup>2</sup>. The number of productive stems of the 'Prino' line varied from 209–432 to 277–613 pcs/m<sup>2</sup>. This line was also characterised by a higher weight and number of grains per ear than 'KWS Emil'. The use of nitrogen fertilizer systems for plants of 'KWS Emil' variety contributed to the formation of grain weight in one ear at the level of 1.37–1.39 g with the number of grains 35.7–36.1 pcs.

**Keywords:** variety; productivity; weather conditions; fertilizer system.

Надійшла / Received 11.05.2024  
Погоджено до друку / Accepted 19.06.2024

# Вплив передпосівної обробки насіння суспензією хлорели на продуктивність різних сортів *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf. та *T. spelta* L.

М. М. Корхова

Миколаївський національний аграрний університет, вул. Г. Гонгадзе, 9, м. Миколаїв, 41400, Україна,  
e-mail: korhovamm@mnau.edu

**Мета.** Визначити основні елементи продуктивності колосу, врожайність та масову частку білка в зерні досліджуваних видів і сортів пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння біологічним препаратом «Суспензія хлорели». **Методи.** Польові дослідження різних сортів пшениці озимої (*T. aestivum*, *T. spelta* та *T. durum*) проводили у 2020–2022 рр. на дослідному полі Навчального науково-практичного центру МНАУ. Перед сівбою насіння обробляли біологічним препаратом «Суспензія хлорели». **Результати.** Вдалося встановити сортову реакцію на погодні умови в роки досліджень, що вплинуло на формування основних елементів продуктивності пшениці озимої. Так, максимальну чисельність продуктивних стебел (858 шт./м<sup>2</sup>) сформували рослини сорту 'Відрода' (*T. aestivum*) у варіанті з передпосівною обробкою насіння «Суспензією хлорели». Рослини пшениці спельти сорту 'Європа' у 2020 р. відзначилися найбільшою масою зерна з одного колоса (1,21 г), але найменшою кількістю продуктивних стебел (435 шт./м<sup>2</sup>). 'Шестопалівка' (*T. aestivum*) та 'Європа' (*T. spelta*) сформували максимальну врожайність зерна у 2021 р. (6,92 та 5,75 т/га відповідно), 'Босфор' (*T. durum*) – у 2022 р. (5,71 т/га). В середньому за три роки досліджень найвищу врожайність мали рослини пшениці м'якої озимої сорту 'Шестопалівка' у варіанті з передпосівною обробкою насіння «Суспензією хлорели» – 6,01 т/га, що на 0,22–2,48 т/га більше, ніж в інших варіантах дослідів. Найнижчий рівень урожайності спостерігали в рослин пшениці спельти сорту 'Зоря України' за обробки насіння водою (контрольний варіант) – від 2,74 т/га у 2020 р. до 4,12 т/га у 2022 р. За масовою часткою білка в зерні у варіанті з використанням «Суспензії хлорели» серед сортів *T. aestivum* і *T. durum* вирізнялися 'Відрода' (15,8–15,9%) та 'Лінкор' (14,6%), серед сортів *T. spelta* – 'Зоря України' (20,2%). **Висновки.** Розроблені елементи технології вирощування пшениці озимої дають змогу підвищити врожайність та якість зерна в умовах Південного Степу України, що підтверджує актуальність цього напрямку досліджень.

**Ключові слова:** сорти; пшениця м'яка; пшениця тверда; спельта; врожайність зерна; масова частка білка в насінні.

## Вступ

Зміна клімату, від якої залежить реакція пшениці озимої на використання хімічних засобів захисту, а також підвищення світових цін на газ спричиняють переорієнтацію сільськогосподарського виробництва на застосування органічних стимуляторів росту рослин. Останні призначено для підвищення родючості ґрунту, зниження норм мінеральних добрив, зростання продуктивності рослин та поліпшення якості продукції [1–3].

Дослідженнями Р. Parmar та ін. [4], А. L. Alvarez та ін. [5], В. Ramakrishnan та ін. [6] встановлено, що біопрепарати на основі мікроводоростей можна успішно застосовувати в сільському господарстві. Зокрема, мікроводорості з роду *Chlorella* здатні сприяти фіксації азоту, розвитку рослин та інфекцій завдяки виробленню відповідних речовин, поліпшувати фізичні та хімічні властивості

ґрунту. Все це створює переваги для сільськогосподарського виробництва та навколишнього середовища [7].

У дослідженні М. Y. Sido та ін. [8] продемонстровано, що штами мікроводоростей M9V (живий) та S3 (мертвий) істотноше, ніж сечовина (мінеральне добриво), стимулювали ріст рослин пшениці озимої (*T. aestivum*). Крім того, обробка добривами з мікроводоростей зумовила збільшення вмісту органічної речовини у ґрунті на 1,77–23,1%, кількості загального вуглецю – на 7,14–14,46%, співвідношення C : N – на 2,99–11,73%, як порівняти з контролем.

Доведено, що потенціал урожайності пшениці озимої істотно залежить від виду та використовуваного сорту [9–12]. Згідно з Solomon S. і Daniel K. [13], використання старих, неадаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов сортів спричиняє низьку продуктивність пшениці твердої в Ефіопії. На думку Wang та ін. [14], продуктивний потенціал *T. durum* і *T. spelta* залишається не повністю розкритим.

Під час досліджень, проведених у Лісостепу України з трьома сортами пшениці спель-

Margaryta Korkhova

<https://orcid.org/0000-0001-6713-5098>

ти, найбільшу врожайність сформували вітчизняні 'Зоря України' (5,90 т/га) та 'Європа' (5,89 т/га), найменшу – австрійський сорт 'Аттергауер Дінкель' (4,85 т/га) [15]. Серед одинадцяти сортів пшениці м'якої озимої селекції Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла НААН найурожайнішими виявилися 'МІП Дарунок', 'МІП Відзнака', 'МІП Ауріка' та 'МІП Аеліта' [16].

За результатами здійснених під час державного сортопробування дворічних досліджень у різних ґрунтово-кліматичних зонах України визначили найбільш практично цінні сорти пшениці м'якої озимої, які добре реагували на поліпшення умов вирощування та демонстрували середню врожайність зерна на рівні 7,20 т/га [17].

Трирічними дослідженнями (2015–2017 рр.) у Люблінській губернії (Польща) встановлено, що навіть вирощувана за інтенсивною технологією пшениця спельта формує на 30–56% нижчу врожайність, як порівняти з м'якою та твердою, але натомість характеризується вищим вмістом білка [18].

У наукових працях є достатньо даних про застосування «Суспензії хлорели» в сільському господарстві [19, 20], але замало про її вплив на продуктивність різних сортів пшениці м'якої, твердої та спельти озимих форм [21].

*Мета досліджень* – визначити основні елементи продуктивності різних видів та сортів пшениці озимої під впливом передпосівної обробки насіння препаратом «Суспензія хлорели».

## Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2020–2022 рр. в умовах дослідного поля Миколаївського національного аграрного університету (с. Благодарівка, Миколаївський р-н, Миколаївська обл.), розташованого в зоні Південного Степу України.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий південний, залишковий слабкосолонцюватий важкосуглинковий на лесі; вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) – 3,1–3,3%; реакція ґрунтового розчину нейтральна (рН – 6,8–7,2). В орному шарі в середньому містилося 15–25 мг/кг рухомих форм нітратів (низький рівень), 41–46 мг/кг рухомого фосфору (середній рівень) та 389–425 мг/кг обмінного калію (середній рівень).

Погодні умови різнилися за роками досліджень. Так, 2019/2020 р. був помірно вологим за умовами зволоження та сухим за температурним режимом (рис. 1).

Весняний період 2020 р. був посушливим: у березні та квітні випало лише 9,8 та 9,3 мм атмосферної вологи, а в травні та червні – 49,2 та 90,2 мм. Температурні показники мали значення +7,0 (березень) та +9,3 °С (квітень), що також вище, ніж в інші досліджувані роки (рис. 2). Найліпшим за вологозабезпеченням був 2020/2021 р. Зокрема, впродовж березня – травня випало 135,4 мм атмосферної вологи. Максимальну кількість опадів упродовж вегетаційного періоду 2020/2021 року спостерігали в червні – 104,8 мм.

2021/2022 р. був посушливим. Якщо протягом весняно-літнього періоду (березень – ли-

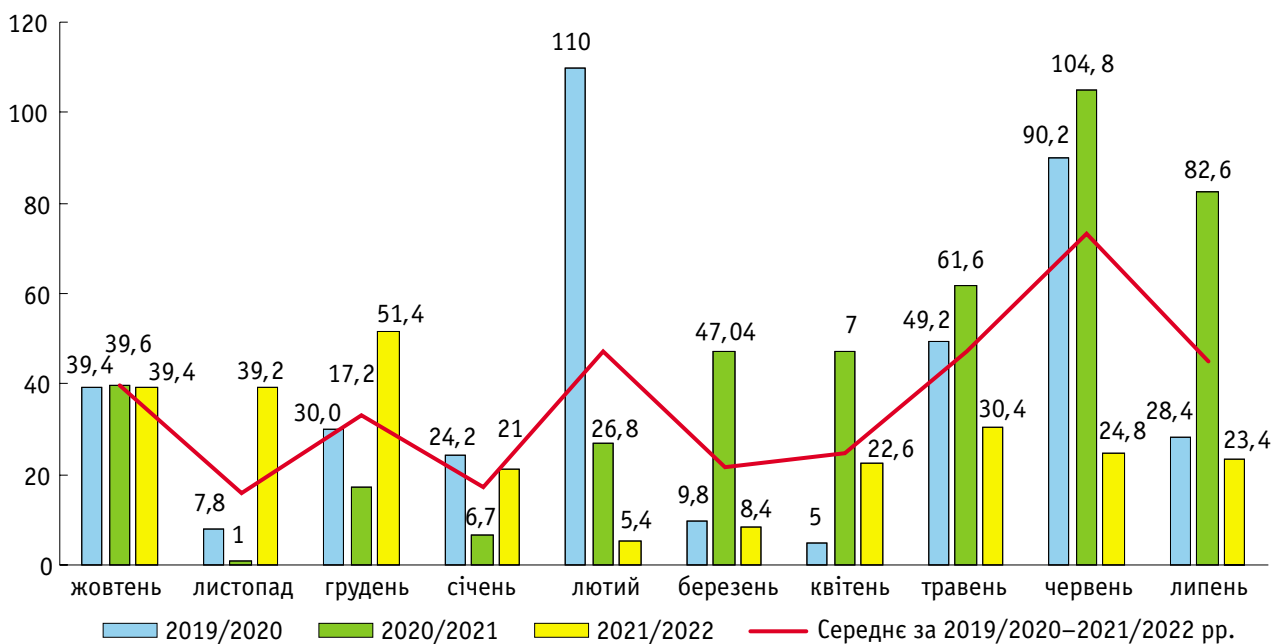


Рис. 1. Сума опадів (мм) за вегетаційний період пшениці озимої (2019/2020–2021/2022 рр.)

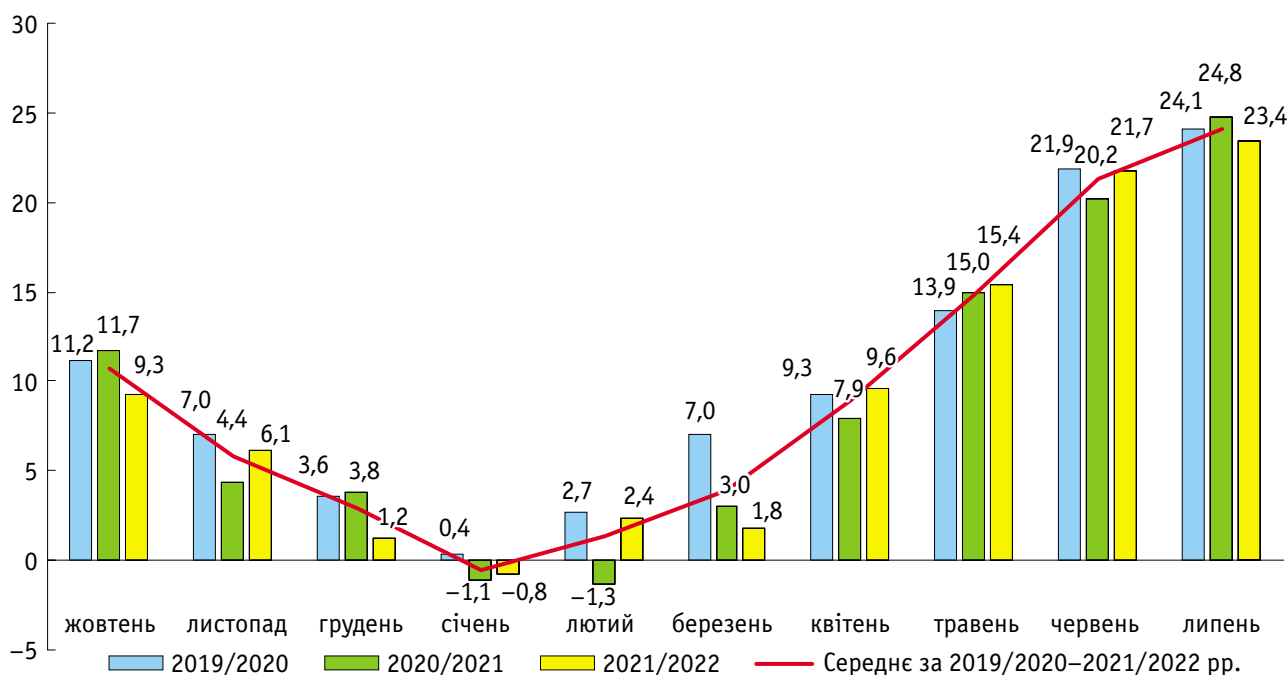


Рис. 2. Середньомісячна температура повітря (°C) за вегетаційний період пшениці озимої (2019/2020–2021/2022 р.)

пень) у 2020/2021 р. випало 321,8 мм атмосферної вологи, у 2019/2020 р. – 182,6 мм, то у 2020/2021 р. – лише 90,6 мм (рис. 2).

У досліді висівали насіння різних сортів таких видів пшениці озимої, як *T. aestivum*, *T. spelta* та *T. durum*, за схемою:

*фактор А* (сорт): *T. aestivum* – ‘Шестопалівка’, ‘Відрада’; *T. spelta* – ‘Зоря України’, ‘Європа’; *T. durum* – ‘Лінкор’, ‘Босфор’;

*фактор В* (передпосівна обробка насіння): 1) контроль – вода (12,0 л/т); 2) органічне добриво – «Суспензія хлорели» (3,0 л/т), робочий розчин – 12,0 л/т насіння.

Коротку характеристику досліджуваних сортів пшениці озимої наведено згідно з [21].

*‘Шестопалівка’* – ранньостиглий сорт, що за якістю зерна належить до групи сильних. До Держреєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні (далі – Держреєстр), внесено у 2007 р. Зони поширення – Степ та Лісостеп. Власник – ПССДП «Бор» (Україна). Середня врожайність зерна за роки випробування в зоні Степу становила 5,95 т/га, Лісостепу – 6,55 т/га; маса 1000 зерен – 42,6–44,1 г; масова частка білка в зерні – 14,2–14,3%.

*‘Відрада’* – середньостиглий сорт, придатний до органічного землеробства. До Держреєстру внесено у 2010 р., зони поширення – Лісостеп та Полісся. Власник – Білоцерківська ДСС Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (Україна). Середня врожайність за роки Державного сорто випробування на Первомайській ДСДС Миколаїв-

ського ОДЦЕСР становила 7,56 т/га, що на 25,4% перевищило стандарт. Сильна пшениця, відмінний поліпшувач зерна. Масова частка білка в зерні – 19,2%. Сорт є середньорезистентним проти основних хвороб.

*‘Зоря України’* – пізньостиглий сорт екстенсивного типу, придатний до органічного землеробства. До Держреєстру внесено у 2012 р., зони поширення – Степ, Лісостеп та Полісся. Власник – Всеукраїнський науковий інститут селекції (Україна). Середня врожайність за роки державного сорто випробування – 5,50 т/га. Масова частка білка в зерні – 15–22%. Сорт є стійким проти основних хвороб.

*‘Європа’* – пізньостиглий сорт екстенсивного типу, придатний до органічного землеробства. До Держреєстру внесено у 2015 р., зони поширення – Степ, Лісостеп та Полісся. Власник – Всеукраїнський науковий інститут селекції (Україна). Середня врожайність за роки державного сорто випробування – 5,86 т/га. Масова частка білка в зерні – 14–20%. Сорт є стійким проти основних хвороб.

*‘Лінкор’* – середньоранній сорт універсального напряму використання. До Держреєстру внесено у 2010 р., зони поширення – Лісостеп та Степ. Власник – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН (Україна). Середня врожайність за роки державного сорто випробування в зоні Степу України – 5,56 т/га. Масова частка білка в зерні – 12,5–14,0%. Сорт є середньостійким проти основних хвороб.

‘Босфор’ – середньоранній сорт інтенсивного типу, універсального напрямку використання. До Держреєстру внесено у 2011 р., зони поширення – Степ та Лісостеп. Власник – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН (Україна). Середня врожайність за роки державного сортовипробування в зоні Степу України – 6,0 т/га. Масова частка білка в зерні – 13,6–14,1%. Має підвищену стійкість проти основних хвороб.

«Суспензія хлорели» – це органічне, екологічно безпечне добриво та біостимулятор для передпосівної обробки насіння й розсади. Виробник – ФГ «У Самвела» (Одеська обл., Україна). Основний компонент препарату – живі клітини планктонної мікробіоти хлорели (*Chlorella vulgaris*, штам – С111) кількістю від 20 до 22 млн/мл. Також він містить вітаміни, мінерали та мікроелементи, хлорофіл, біотин, бета-каротин, каротиноїди, ауксини, гібереліни, фенольні сполуки, природні стероїди, амінокислоти, активатори клітинного ділення (цитокініни), природний антибіотик хлорелін.

Насіння обробляли за 12 год до сівби. Площа посівної ділянки становила 70 м<sup>2</sup>, облікової – 35 м<sup>2</sup>; повторність чотирикратна, розміщення ділянок рендомізоване, попередник – горох посівний.

Пшеницю озиму щороку висівали в першій декаді жовтня (норма – 4,5 млн насінин/га, ширина міжрядь – 15 см). Насіння завчасно обробляли фунгіцидним протруйником Іншур Перформ, к. с. (піраклостробін, 40 г/л + тритіконазол, 80 г/л; норма витрати – 0,5 л/т).

Під час сівби одночасно вносили комплексне мінеральне добриво нітроамофоска (НРК<sub>(16)</sub>); норма – 175 кг/га. Дослідні ділянки підживлювали тричі: вперше – на мерзлоталому ґрунті (ВВСН 21–23) аміачною селітрою кількістю 145 кг/га (N<sub>50</sub>); вдруге – у фазі виходу в трубку (ВВСН 30–31), використовуючи карбамід [130 кг/га (N<sub>60</sub>)]; втретє – у фазі колосіння (ВВСН 59–61), вносячи карбамід [22 кг/га (N<sub>10</sub>)].

Догляд за посівами впродовж вегетації передбачав обприскування проти бур'янів гербіцидом Квелекс 200 ВГ (д. р. галауоксифенметил, 100 г/кг + флорасулам, 100 г/кг + клоквінтосет-кислоти, 70,8 г/кг; норма витрати – 50 г/га) у фазі виходу в трубку (ВВСН 30–31), а також комбіновану обробку проти хвороб і шкідників інсектицидом Децис 100 ЕС, к. е. (дельтаметрин, 100 г/л; 0,1–0,15 кг/га) разом із фунгіцидом Імпакт К, к. с. (флутріяфол, 117,5 г/л + карбендазим, 250 г/л; 0,5 л/га) у фазі колосіння – цвітіння (ВВСН 59–61).

Кількість продуктивних стебел на одиниці площі, врожайність зерна та його масу з одного колоса визначали відповідно до [22].

Масову частку білка та клейковини в зерні встановлювали методом інфрачервоної спектроскопії, застосовуючи аналізатор Infratec 1225, згідно з [23].

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали методом дисперсійного аналізу за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel та Agrostat.

### Результати досліджень

Визначено, що погодні умови років досліджень залежно від факторів, які вивчали, впливали на формування кількості продуктивних стебел на одиниці площі. Так, найбільше їх утворено в сприятливому 2021 р. (832 шт./м<sup>2</sup>), а найменше – у 2020 р. (566 шт./м<sup>2</sup>) (табл. 1).

Залежно від погодних умов років досліджень та передпосівної обробки насіння «Суспензією хлорели» сорти по-різному формували густоту продуктивного стеблостою. Зокрема, усереднена кількість продуктивних стебел, сформованих сортом ‘Шестопапівка’ за 2020–2022 рр., становила 716 і 726 шт./м<sup>2</sup>, що на 20–23 шт./м<sup>2</sup> перевищувало показники ‘Відради’. Серед сортів пшениці спельти найбільшу кількість продуктивних стебел у середньому за роки досліджень утворив сорт ‘Зоря України’ – 555 (контроль) і 559 шт./м<sup>2</sup> (обробка насіння препаратом «Суспензія хлорели»), що на 31 і 27 шт./м<sup>2</sup> більше, ніж в ‘Європі’.

Найбільш щільним продуктивний стеблостій рослин пшениці спельти був у 2021 р. [625 і 631 шт./м<sup>2</sup> (‘Зоря України’) та 600 і 617 шт./м<sup>2</sup> (‘Європа’)], найменш (480 і 482 та 435 і 437 шт./м<sup>2</sup> відповідно) – у 2020 році.

Меншу кількість продуктивних стебел серед рослин пшениці озимої (475–700 шт./м<sup>2</sup>) сформували рослини *T. durum* залежно від сорту та року досліджень. У середньому за досліджуваними факторами (А і В) найбільше продуктивних стебел (695 шт./м<sup>2</sup>) рослини пшениці твердої утворили у 2021-му, найменше (483 шт./м<sup>2</sup>) – у 2020 році.

Передпосівна обробка насіння сприяла формуванню на 2–32 шт./м<sup>2</sup> більшої кількості продуктивних стебел, як порівняти з контрольним варіантом. Встановлено сортову реакцію на використання «Суспензії хлорели» залежно від погодних умов року. Зокрема, сорти рослин пшениці м'якої у 2022 р. ліпше, ніж у 2020 та 2021 рр., реагували на передпосівну обробку насіння вказаним біо-

Таблиця 1

**Вплив передпосівної обробки насіння органічним добривом  
«Суспензія хлорели» на кількість продуктивних стебел  
різних сортів пшениці озимої, шт./м<sup>2</sup> (2020–2022 рр.)**

Сорти (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Роки			Середнє за 2020–2022 рр.
		2020	2021	2022	
<i>Triticum aestivum</i>					
‘Шестопа́лівка’	Контроль	572	853	724	716
	«Суспензія хлорели»	575	858	746	726
‘Відрада’	Контроль	557	805	716	693
	«Суспензія хлорели»	560	811	748	706
Середнє за факторами А і В		566	832	734	710
НІР <sub>0,05</sub> (шт./колос) за фактором А		5,8	5,2	3,5	–
НІР <sub>0,05</sub> (шт./колос) за фактором В		3,7	6,1	5,3	–
<i>Triticum spelta</i>					
‘Зоря України’	Контроль	480	625	561	555
	«Суспензія хлорели»	482	631	565	559
‘Європа’	Контроль	435	600	537	524
	«Суспензія хлорели»	437	617	541	532
Середнє за факторами А і В		459	618	551	543
НІР <sub>0,05</sub> (шт./колос) за фактором А		11,6	16,5	6,2	–
НІР <sub>0,05</sub> (шт./колос) за фактором В		5,1	2,9	9,7	–
<i>Triticum durum</i>					
‘Босфор’	Контроль	486	694	611	597
	«Суспензія хлорели»	489	700	635	608
‘Лінкор’	Контроль	475	690	600	588
	«Суспензія хлорели»	480	697	629	602
Середнє за факторами А і В		483	695	619	599
НІР <sub>0,05</sub> (шт./колос) за фактором А		11,4	4,6	6,7	–
НІР <sub>0,05</sub> (шт./колос) за фактором В		6,8	2,8	5,7	–

препаратом, завдяки чому утворили на 24 (‘Шестопа́лівка’) та 32 шт./м<sup>2</sup> (‘Відрада’) більшу кількість продуктивних стебел, порівнюючи з контролем.

Маса зерна з одного колоса має значний вплив на формування врожаїв пшениці озимої та залежить від погодних умов і генетичних особливостей сорту [25, 26]. Згідно з

Таблиця 2

**Вплив передпосівної обробки насіння органічним добривом  
«Суспензія хлорели» на масу зерна з одного колоса пшениці озимої, г  
(2020–2022 рр.)**

Сорти (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Роки			Середнє за 2020–2022 рр.
		2020	2021	2022	
<i>Triticum aestivum</i>					
‘Шестопа́лівка’	Контроль	0,94	1,00	0,80	0,91
	«Суспензія хлорели»	0,92	0,95	0,78	0,88
‘Відрада’	Контроль	0,91	1,04	0,83	0,93
	«Суспензія хлорели»	0,90	1,00	0,80	0,90
Середнє за факторами А і В		0,92	1,00	0,80	0,91
НІР <sub>0,05</sub> (г/колос) за фактором А		0,01	0,02	0,01	–
НІР <sub>0,05</sub> (г/колос) за фактором В		0,01	0,02	0,01	–
<i>Triticum spelta</i>					
‘Зоря України’	Контроль	1,03	1,11	0,98	1,04
	«Суспензія хлорели»	1,00	1,08	0,95	1,01
‘Європа’	Контроль	1,21	1,02	1,00	1,08
	«Суспензія хлорели»	1,18	1,00	0,98	1,05
Середнє за факторами А і В		1,11	1,05	0,98	1,05
НІР <sub>0,05</sub> (г/колос) за фактором А		0,01	0,02	0,02	–
НІР <sub>0,05</sub> (г/колос) за фактором В		0,02	0,01	0,01	–
<i>Triticum durum</i>					
‘Босфор’	Контроль	0,93	1,17	0,92	1,01
	«Суспензія хлорели»	0,91	1,14	0,90	0,98
‘Лінкор’	Контроль	0,88	1,11	0,90	0,96
	«Суспензія хлорели»	0,85	1,09	0,88	0,94
Середнє за факторами А і В		0,89	1,13	0,90	0,97
НІР <sub>0,05</sub> (г/колос) за фактором А		0,04	0,03	0,02	–
НІР <sub>0,05</sub> (г/колос) за фактором В		0,03	0,03	0,03	–

попередніми дослідженнями, найвищі її показники серед сортів пшениці спельти в середньому за три роки (2016–2018) були в ‘Європі’ – 1,22 г, що на 16,2% більше, ніж у ‘Зорі України’ [27].

За результатами проведених трирічних досліджень (2020–2022) в середньому за факторами А і В найбільшу масу зерна з одного колоса сформував вид *T. spelta* – 1,05 г, тоді як *T. aestivum* – 0,91, *T. durum* – 0,97 г, що менше на 13,3 та 7,6% відповідно (табл. 2).

У варіантах із передпосівною обробкою насіння «Суспензією хлорели» маса зерна з одного колоса неістотно знижувалася (на 0,01–0,05 г) залежно від року досліджень та сорту. Це спричинено закономірностями у формуванні зерна в колосі та його маси, яка може ставати меншою зі збільшенням густоти продуктивного стеблостою. Максимальні показники маси зерна з одного колоса серед досліджуваних сортів пшениці м'якої були у ‘Відради’ в контрольному варіанті (0,93 г, що в середньому за роки досліджень на 2,2% більше, ніж у ‘Шестопапівки’); пшениці спельти – в ‘Європі’ (на 3,8 та 4,0% більше, ніж у ‘Зорі України’); пшениці твердої – в ‘Босфору’ (1,01 г, що на 0,06 г, або 5,9%, більше, ніж у ‘Лінкора’).

Визначено, що маса зерна з одного колоса залежала й від погодних умов року. Так, найбільші її показники для пшениці спель-

ти сорту ‘Європа’ сформовано у 2020 р. [1,21 г (контроль)], а для пшениці твердої сорту ‘Босфор’ [1,17 г (контроль)] та пшениці м'якої сорту ‘Відрада’ [1,04 г (контроль)] – у 2021 р. Найменшими значеннями характеризувалися рослини *T. aestivum* і *T. spelta* (0,80 і 0,98 г) у 2022 р. та *T. durum* (0,89 г) у 2020 р.

Найвищу врожайність зерна спостерігали в пшениці м'якої у варіанті з обробкою насіння «Суспензією хлорели». А саме: 6,01 (‘Шестопапівка’) та 5,97 т/га (‘Відрада’) в середньому за сортами протягом 2020–2022 рр. Це на 0,93–0,97 та 0,85–2,24 т/га більше, ніж у пшениці твердої та спельти відповідно (табл. 3).

Якщо у 2021 р. в середньому за факторами А і В сформовано максимальну врожайність зерна пшениці м'якої озимої (6,64 т/га, що на 1,55 і 0,76 т/га більше, ніж у 2020 та 2022 рр. відповідно) та спельти (4,75 т/га, що на 1,09 та 0,21 т/га більше, ніж у 2020 та 2022 рр.), то у 2022-му найбільшими врожайностями відзначилася пшениця твердої (5,57 т/га, що на 1,43 та 0,50 т/га більше, ніж у 2020 та 2021 рр. відповідно).

Урожайність зерна пшениці озимої істотно залежала й від передпосівної обробки насіння біопрепаратом «Суспензія хлорели». Так, найвищі врожаї після його використання сформував сорт ‘Шестопапівка’ у 2021 р. – 6,92 т/га, що на 0,41 та 0,02 т/га переважало

Таблиця 3

**Вплив передпосівної обробки насіння органічним добривом «Суспензія хлорели» на врожайність зерна різних сортів пшениці озимої, т/га (2020–2022 рр.)**

Сорти (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Роки			Середнє за 2020–2022 рр.
		2020	2021	2022	
<i>Triticum aestivum</i>					
‘Шестопапівка’	Контроль	5,07	6,51	5,79	5,79
	«Суспензія хлорели»	5,29	6,92	5,82	6,01
‘Відрада’	Контроль	4,97	6,21	5,94	5,71
	«Суспензія хлорели»	5,04	6,90	5,97	5,97
Середнє за факторами А і В		5,09	6,64	5,88	5,87
НІР <sub>0,05</sub> (т/га) за фактором А		0,07	0,08	0,07	–
НІР <sub>0,05</sub> (т/га) за фактором В		0,06	0,05	0,04	–
<i>Triticum spelta</i>					
‘Зоря України’	Контроль	2,74	3,73	4,12	3,53
	«Суспензія хлорели»	3,16	3,85	4,31	3,77
‘Європа’	Контроль	4,02	5,66	4,83	4,84
	«Суспензія хлорели»	4,71	5,75	4,91	5,12
Середнє за факторами А і В		3,66	4,75	4,54	4,32
НІР <sub>0,05</sub> (т/га) за фактором А		0,09	0,23	0,05	–
НІР <sub>0,05</sub> (т/га) за фактором В		0,07	0,16	0,13	–
<i>Triticum durum</i>					
‘Босфор’	Контроль	4,15	4,84	5,62	4,87
	«Суспензія хлорели»	4,45	5,07	5,71	5,08
‘Лінкор’	Контроль	3,73	5,12	5,40	4,75
	«Суспензія хлорели»	4,22	5,24	5,53	5,00
Середнє за факторами А і В		4,14	5,07	5,57	4,93
НІР <sub>0,05</sub> (т/га) за фактором А		0,14	0,09	0,11	–
НІР <sub>0,05</sub> (т/га) за фактором В		0,11	0,12	0,08	–

показники контролю та сорту 'Відрада' відповідно. В середньому за роки досліджень завдяки передпосівній обробці насіння «Суспензією хлорели» вдалося збільшити врожай пшениці м'якої на 0,22 ('Шестопалівка') та 0,26 т/га ('Відрада'), пшениці твердої – на 0,21 ('Босфор') та 0,25 т/га ('Лінкор'), спельти – на 0,24 ('Зоря України') та 0,28 т/га ('Європа').

Меншу врожайність зерна сформували рослини пшениці спельти в контрольному варіанті (обробка насіння водою) – від 2,74 т/га ('Зоря України') у 2020-му до 4,12 т/га у 2022 р. Це можна пояснити відмінними біологічними особливостями сортів, які потрапляли в різні метеорологічні умови.

У посушливому 2020 р. врожайність зерна всіх досліджуваних сортів була найменшою та становила 4,97–5,07 т/га в пшениці м'якої,

3,73–4,15 – у пшениці твердої, 2,74–4,02 т/га – в пшениці спельти.

У зерні *T. spelta* міститься найбільше білка [28], що підтверджено й проведеними дослідженнями. Зокрема, впродовж 2020–2022 рр. його масова частка для цього виду пшениці озимої становила 17,9% у середньому за факторами А і В, що на 3,5% перевищувало показники пшениці твердої та на 3,0–3,1% – пшениці м'якої (табл. 4).

Серед досліджуваних сортів пшениці твердої озимої найбільшою масовою часткою білка в зерні в середньому за 2020–2022 рр. характеризувався 'Лінкор' (14,6%, що на 0,5% більше, ніж у сорту 'Босфор'); пшениці м'якої – 'Відрада' (15,8–15,9%, що на 2,3% більше, ніж у сорту 'Шестопалівка'); пшениці спельти – 'Зоря України' (20,1%, що на 4,3–4,4% більше, ніж у сорту 'Європа').

Таблиця 4

**Вплив передпосівної обробки насіння органічним добривом «Суспензія хлорели» на масову частку білка в зерні різних сортів пшениці озимої, % (2020–2022 рр.)**

Сорти (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Роки			Середнє за 2020–2022 рр.
		2020	2021	2022	
<i>Triticum aestivum</i>					
'Шестопалівка'	Контроль	13,8	14,0	12,8	13,5
	«Суспензія хлорели»	13,9	14,1	12,9	13,6
'Відрада'	Контроль	15,7	16,7	14,9	15,8
	«Суспензія хлорели»	15,9	16,8	14,9	15,9
Середнє за факторами А і В		14,8	15,4	13,9	14,7
НІР <sub>0,05</sub> (%) за фактором А		0,19	0,28	0,15	–
НІР <sub>0,05</sub> (%) за фактором В		0,11	0,08	0,10	–
<i>Triticum spelta</i>					
'Зоря України'	Контроль	22,9	19,2	18,1	20,1
	«Суспензія хлорели»	22,9	19,3	18,3	20,2
'Європа'	Контроль	16,5	15,3	14,9	15,6
	«Суспензія хлорели»	16,7	15,4	14,9	15,7
Середнє за факторами А і В		19,8	17,3	16,6	17,9
НІР <sub>0,05</sub> (%) за фактором А		0,15	0,06	0,17	–
НІР <sub>0,05</sub> (%) за фактором В		0,17	0,16	0,13	–
<i>Triticum durum</i>					
'Босфор'	Контроль	14,3	14,8	13,2	14,1
	«Суспензія хлорели»	14,4	14,9	13,3	14,2
'Лінкор'	Контроль	15,0	15,0	13,7	14,6
	«Суспензія хлорели»	15,1	15,0	13,8	14,6
Середнє за факторами А і В		14,7	14,9	13,5	14,4
НІР <sub>0,05</sub> (%) за фактором А		0,24	0,19	0,39	–
НІР <sub>0,05</sub> (%) за фактором В		0,14	0,12	0,12	–

Дослідженнями встановлено, що погодні умови впливають на частку білка в зерні пшениці озимої. Так, у 2021 р. більшу кількість цієї речовини сформували сорти пшениці м'якої та твердої (14,9–15,4%), тоді як у 2020 р. – пшениці спельти (16,5–22,9%).

А от від фактора В (передпосівна обробка насіння) формування масової частки білка істотно не залежало. За використання «Суспензії хлорели» усереднені показники його вмісту (2020–2022 рр.) або залишалися без

змін (сорт 'Лінкор'), або збільшувалися на 0,1%, як порівняти з контрольним варіантом (обробка водою).

### Висновки

За результатами проведених трирічних досліджень у зоні Південного Степу України визначено, що передпосівна обробка насіння органічним добривом «Суспензія хлорели» сприяла збільшенню кількості продуктивних стебел на 0,7–2,4%; врожайності



зерна – на 3,8–6,8%; масової частки білка в зерні досліджуваних сортів пшениці озимої (*T. aestivum*, *T. spelta* і *T. durum*) – на 0,1%, як порівняти з контрольним варіантом (обробка насіння водою). Найліпше на внесення «Суспензії хлорели» реагували сорти 'Відрада', 'Європа' та 'Лінкор', врожайність зерна яких підвищувалася на 0,26; 0,28 та 0,25 т/га відповідно, порівнюючи з контрольним варіантом.

## References

- Almashova, V. S., & Skok, S. V. (2022). Effectiveness of application of biological preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the Southern Steppe zone of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 47(1), 11–17. doi: 10.32845/agro-bio.2022.1.2
- Alvarez, A. L., Weyers, S. L., Goemann, H. M., Peyton, B. M., & Gardner, R. D. (2021). Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. *Algal Research*, 54, Article 102200. doi: 10.1016/j.algal.2021.102200
- Garbzhii, K. S., & Karunskii, O. J. (2019). The effect of *Chlorella* suspension on productivity of chickens. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 21(90), 63–67. doi: 10.32718/nvlvet-a9011
- Geisslitz, S., Longin, C. F., Scherf, K. A., & Koehler, P. (2019). Comparative Study on Gluten Protein Composition of Ancient (Einkorn, Emmer and Spelt) and Modern Wheat Species (Durum and Common Wheat). *Foods*, 8(9), Article 409. doi: 10.3390/foods8090409
- Sani, Md. N. H., & Yong, J. W. H. (2021). Harnessing Synergistic Biostimulatory Processes: A Plausible Approach for Enhanced Crop Growth and Resilience in Organic Farming. *Biology*, 11(1), Article 41. doi: 10.3390/biology11010041
- Korkhova, M. M., & Panfilova, A. V. (2023). The influx of weather influences on the graininess of the ear and the grain yield of varieties of wheat and winter wheat. *Taurian Scientific Herald*, 133, 38–46. doi: 10.32782/2226-0099.2023.133.6 [In Ukrainian]
- Korkhova, M., Panfilova, A., Chernova, A., & Rozhok, O. (2019). The effect of pre-sowing seed treatment with biopreparations on productivity of cultivars of *Triticum spelta* L. *AgroLife Scientific Journal*, 8(1), 120–127.
- Korkhova, M. M., Smirnova, I., Nikonchuk, N., & Makarchuk, B. M. (2023). Productivity of the soft winter wheat cultivar 'Duma Odeska' depending on the characteristics of stubble tillage. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(4), 247–253. doi: 10.21498/2518-1017.19.4.2023.291230 [In Ukrainian]
- Kolev, T., & Todorov, Z. (2023). Productivity of durum wheat varieties in the soil and climate conditions of Plovdiv region. *Scientific Papers-series A-Agronomy*, 66(2), 280–285.
- Kolev, T., Todorov, Z., & Mangova, M. (2021). The variety – main factor for increasing yield and quality of durum wheat grain. *Scientific Papers-series A-Agronomy*, 64(1), 411–416.
- Kyrylchuk, A. M., Dutova, H. A., Hruniv, S. M., Orlenko, O. B., Bezprozvana, I. V., Kulyk, T. Ye., & Makarchuk, B. M. (2024). Yield plasticity of new varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in different soil and climatic conditions of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(1), 58–68. doi: 10.21498/2518-1017.20.1.2024.297224
- Lozinskiy, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskiy, M., Lozinska, T., Sabadyn, V., Sidorova, I., Panchenko, ... Kumanska, Y. (2021). Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*, 19(2), 540–551. doi: 10.15159/AR.21.071
- Ortiz-Moreno, M. L., Sandoval-Parra, K. X., & Solarte-Murillo, L. V. (2019). *Chlorella*, a potential biofertilizer? *Revista Orinoquia*, 23(2), 71–78. doi: 10.22579/issn.2011-2629.
- Panfilova, A., Gamayunova, V., & Smirnova, I. (2020). Influence of fertilizing with modern complex organic-mineral fertilizers to grain yield and quality of winter wheat in the southern steppe of Ukraine. *Agraarteadus*, 31(2), 196–201. doi: 10.15159/JAS.20.28
- Parmar, P., Kumar, R., Neha, Y., & Srivatsan, V. (2023). Microalgae as next generation plant growth additives: Functions, applications, challenges and circular bioeconomy based solutions. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1–37. doi: 10.3389/fpls.2023.1073546
- Rachoń, L., Bobryk-Mamczarz, A., & Kiełtyka-Dadasiewicz, A. (2020). Hulled wheat productivity and quality in modern agriculture against conventional wheat species. *Agriculture*, 10(275), Article 275. doi: 10.3390/agriculture10070275
- Ramakrishnan, B., Maddela, N. R., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2023). Potential of microalgae and cyanobacteria to improve soil health and agricultural productivity: a critical view. *Environmental Science: Advances*, 2(4), 586–611. doi: 10.1039/D2VA00158F
- Ratajczak, K., Sulewska, H., Grazyna, S., & Matysik, P. (2020). Agronomic traits and grain quality of selected spelt wheat varieties versus common wheat. *Journal of Crop Improvement*, 34(5), 654–675. doi: 10.1080/15427528.2020.1761921
- Sido, M. Y., Tian, Y., Wang, X., & Wang, X. (2022). Application of microalgae *Chlamydomonas applanata* M9V and *Chlorella vulgaris* S3 for wheat growth promotion and as urea alternatives. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 1035791. doi: 10.3389/fmicb.2022.1035791
- Solomon, S., & Daniel, K. (2021). Evaluation of Durum wheat varieties for yield related traits in highland areas of Southern Ethiopia. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), 80–83. doi: 10.15421/2021\_81
- Tian, S. L., Khan A., Zheng, W.-N., Song, L., Liu, J.-H., Wang, X.-Q., & Li, L. (2022). Effects of *Chlorella* extracts on growth of *Capsicum annuum* L. seedlings. *Scientific Reports*, 12, Article 15455. doi: 10.1038/s41598-022-19846-6
- Tkachyk, S. O. (Eds.). (2014). *Methodology for examination of plant varieties of the cereal, cereal and leguminous groups for suitability for distribution in Ukraine*. Kyiv: Niland-LTD. [In Ukrainian]
- Information and reference system «Sort». Retrieved from <http://sort.sops.gov.ua/search/search>
- Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators*. (2021). Kyiv. Retrieved from <https://sops.gov.ua/uploads/page/615574837d47e.pdf>
- Wang Wang, J., Chatzidimitriou, E., Wood, L., Hasanalieva, G., Markelou, E., Iversen, P. O., ... Rempelos, L. (2020). Effect of wheat species (*Triticum aestivum* vs *T. spelta*), farming system (organic vs conventional) and flour species (wholegrain vs white) on composition of wheat flour – Results of a retail survey in the UK and Germany – 2. Antioxidant activity, and phenolic and mineral content. *Food Chemistry*, X, 6, Article 100091. doi: 10.1016/j.fochx.2020.100091
- Zayka, N. V., & Karpuk, L. M. (2023). Yield and quality of spelled grain (*Triticum spelta* L.) in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine. *Agrobiology*, 1, 114–122. doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-114-122 [In Ukrainian]
- Zaima, O. A., Derhachov, O. L., Siroshtan, A. A., Pravdziva, I. V., & Khomenko, T. M. (2023). Yield and quality of winter wheat grain under different cultivation technologies. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(1), 51–57. doi: 10.21498/2518-1017.20.1.2024.300136
- Zelenianska, N., Ishchenko, I., Kundilovska, T., & Mandych, O. (2023). The effect of live chlorella suspension on the growth and development of grafted seedlings of Cabernet Sauvignon grapes. *Scientific Horizons*, 26(12), 32–41. doi: 10.48077/sci-hor12.2023.32

UDC 633.11 «324» (477.7)

**Korkhova, M. M.** (2024). The effect of pre-sowing seed treatment with chlorella suspension on the productivity of different varieties of *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf. and *T. spelta* L. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(2), 111–119. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.2.2024.304101>

*Mykolaiv National Agrarian University, 9 Heorhii Honhadze St., Mykolaiv, 41400, Ukraine, e-mail: korhovamm@mnau.edu*

**Purpose.** To determine the main elements of ear productivity, yield and mass fraction of protein in the grain of the studied species and varieties of winter wheat, depending on the pre-sowing treatment of seeds with “Chlorella suspension”. **Methods.** Field trials with different varieties of winter wheat (*T. aestivum*, *T. spelta* and *T. durum*) were carried out in 2020–2022 at the experimental field of the MNAU’s Educational, Scientific and Practical Centre. Before sowing, the seeds of the varieties studied were treated with the biological preparation “Chlorella suspension”. **Results.** During the years of research, it was possible to determine the varietal response to weather conditions that influenced the formation of the main elements of winter wheat productivity. For example, the highest number of productive stems (858 pcs/m<sup>2</sup>) was produced by plants of the variety ‘Vidrada’ (*T. aestivum*) in the variant with pre-sowing seed treatment with “Chlorella suspension”. In 2020, spelt plants of the ‘Evropa’ variety had the highest grain weight per ear (1.21 g), but the lowest number of productive stems (435 pcs/m<sup>2</sup>). ‘Shestopalivka’ (*T. aestivum*) and ‘Evropa’ (*T. spelta*)

produced the maximum grain yield in 2021 (6.92 and 5.75 t/ha, respectively), ‘Bosfor’ (*T. durum*) – in 2022 (5.71 t/ha). On average over the three years of the trial, the highest yield was observed in the ‘Shestopalivka’ soft winter wheat plants in the variant with pre-sowing seed treatment with “Chlorella suspension” – 6.01 t/ha, which is 0.22–2.48 t/ha more than in other variants of the trial. The lowest yield level was observed in spelt plants of variety ‘Zoria Ukrainy’ in the seed treatment with water (control variant) – from 2.74 t/ha in 2020 to 4.12 t/ha in 2022. The mass fraction of protein in grain in the variant with the use of “Chlorella suspension” among *T. aestivum* and *T. durum* varieties was distinguished by ‘Vidrada’ (15.8–15.9%) and ‘Lincor’ (14.6%), among *T. spelta* varieties – ‘Zoria Ukrainy’ (20.2%). **Conclusions.** The developed elements of the technology of winter wheat cultivation allow to increase the yield and quality of grain in the Southern Steppe of Ukraine, which confirms the relevance of this field of research.

**Keywords:** varieties; soft wheat; durum wheat; spelt; grain yield; protein mass fraction in seeds.

Надійшла / Received 11.03.2024

Погоджено до друку / Accepted 22.05.2024

# Урожайність та якість зерна нових сортів жита посівного озимого (*Secale cereale* L.) у різних ґрунтово-кліматичних зонах України

О. В. Топчій, І. В. Смульська\*, О. С. Житомирць, Л. М. Присяжнюк,  
С. М. Гринів, С. М. Михайлик, Т. Є. Кулик

Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Горіхуватський шлях, 15, м. Київ, 03041, Україна,  
\*e-mail: ivanna1973@i.ua

**Мета.** Здійснити комплексне вивчення та оцінювання нових сортів жита посівного озимого (*Secale cereale* L.) за основними господарсько-цінними показниками: врожайністю, масою 1000 зерен, вмістом білка та числом падіння. **Методи.** Кваліфікаційну експертизу на придатність сортів до поширення в Україні здійснювали впродовж 2022–2023 рр. у пунктах досліджень Українського інституту експертизи сортів рослин у межах ґрунтово-кліматичних зон Лісостепу та Полісся, послуговуючись «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (Загальна частина)» та «Методикою проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні». Лабораторні дослідження виконували відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва». **Результати.** Досліджено господарсько-цінні ознаки нових сортів жита посівного озимого ('SU Baresi', 'SU Perspectiv', 'Lunator', 'Reflektor', 'KWS Gilmor', 'KWS Pulsor'), внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Проаналізовано їхній потенціал за врожайністю та вмістом білка. Так, у зоні Лісостепу в усі роки експертизи формувалися вищі, ніж на Поліссі, врожаї. Максимальні значення зафіксовано в сортів 'SU Perspectiv' (7,87–9,98 т/га), 'KWS Gilmor' (7,85–9,19 т/га) і 'KWS Pulsor' (7,78–9,55 т/га). За кількістю білка (показник якості) мали перевагу над іншими 'Lunator' (11,0 і 10,3%) та 'Reflektor' (10,0 і 9,6%). **Висновки.** За результатами кваліфікаційної експертизи на ПСП досліджувані сорти рекомендовано для вирощування у зонах Лісостепу та Полісся. Максимальним числом падіння, яке вважає стан вуглеводно-амілазного комплексу (активністю альфа-амілази), відзначився сорт 'Lunator' (198,4 с).

**Ключові слова:** кваліфікаційна експертиза; врожайність; маса 1000 зерен; вміст білка; число падіння.

## Вступ

Жито озиме – друга за важливістю (після пшениці) культура в нашій країні та одна з найпоширеніших зернових у більшості агро-кліматичних зон Європи. З погляду вирощування органічної продукції жито озиме є дуже перспективним для Полісся [1] насамперед через його високу здатність формувати врожаї на досить бідних ґрунтах [2–4]. Воно

більш морозостійке, як порівняти з іншими озимими, менш вимогливе до вологи, ефективно використовує осінньо-зимові опади та ліпше витримує весняні посухи завдяки добре розвиненій кореневій системі [5, 6]. Врожаї жита досягають раніше, ніж пшениці озимої, тому звільнені поля можна використовувати під озимі культури, а в районах з достатнім зволоженням – під післяукісні на зелений корм [7].

Найліпшими попередниками для жита озимого є зернові бобові культури (горох, кормові боби, вика), кормові суміші (вико-овес, горохо-овес, вико-горохо-овес), гречка, ранні сорти картоплі, кукурудза на зелений корм і силос.

Продовольча цінність визначається значним вмістом протеїну (9–17%), вуглеводів (69,1%) і таких важливих вітамінів, як А, В1, В2, В3, В6, РР, С, у зерні [9, 10]. Останнє є сировиною для хлібобулочної та кондитерської промисловості, спиртової, пивоварної та медичної галузей. Житні висівки та кормове борошно з 11–12% білків завдяки доброму засвоєнню використовують як концентрований

Oksana Topchii  
<https://orcid.org/0000-0003-2797-2566>

Ivanna Smulska  
<https://orcid.org/0000-0001-9675-0620>

Oksana Zhytomyrets  
<https://orcid.org/0000-0003-1729-8838>

Larysa Prysiazhniuk  
<https://orcid.org/0000-0003-4388-0485>

Svitlana Hryniv  
<https://orcid.org/0000-0002-2044-4528>

Svitlana Mykhailyk  
<https://orcid.org/0000-0001-9981-0545>

Tetiana Kulyk  
<https://orcid.org/0000-0001-9945-996X>

корм для тварин. Наявність у житньому хлібі повноцінних білків, багатих на незамінні для людей амінокислоти й вітаміни, а також велика кількість калорій свідчать про високу поживність цього харчового продукту [5, 8].

За даними FAOSTAT, площі жита посівного озимого в Україні зменшилися від 297,8 тис. га у 2012-му до 101,5 тис. га у 2022 р., коли було зібрано 314 тис. т зерна за середньої врожайності 3,1 т/га. Під урожай 2023 року висіяно 79,2 тис. га, 2024-го – 77,2 тис. гектарів.

На думку низки вчених, сорт – основний фактор, що впливає на рівень врожайності; друге та третє місця посідають добрива й технології вирощування (зокрема, захисту від хвороб, шкідників і бур'янів) відповідно [5]. Найповніше потенціал продуктивності зернових культур реалізується, коли агротехніку поєднують із біологічними особливостями сорту, пріоритетне значення якого доведено й для одержання високих і сталих урожаїв [11–13]. Є певні вимоги до врожайності, стійкості проти біотичних та абіотичних факторів середовища, до стабільності, пластичності та якості зерна, яким повинні відповідати сорти жита посівного озимого [14, 15].

*Мета досліджень* – здійснити комплексне вивчення та оцінювання нових сортів жита посівного озимого (*Secale cereale* L.) за основними господарсько-цінними показниками: врожайністю, масою 1000 зерен, вмістом білка та числом падіння.

### Матеріали та методика досліджень

Кваліфікаційну експертизу сортів жита посівного озимого на придатність для поширення (далі – ПСП) проводили впродовж двох років (2022–2023) у пунктах досліджень Українського інституту експертизи сортів рослин в межах ґрунтово-кліматичних зон Лісостепу [Сумська (с. Лікарське, Сумський р-н, Сумська обл.), Тернопільська (с. Плотича, Тернопільський р-н, Тернопільська обл.), Хмельницька (с. Требухівці, Лeticівський р-н, Хмельницька обл.), Чернівецька (с. Ошихлібки, Кіцманський р-н, Чернівецька обл.) філії УІЕСР] та Полісся [Житомирська (с. Високе, Черняхівський р-н, Житомирська обл.), Закарпатська (с. Великі Лучки, Мукачівський р-н, Закарпатська обл.), Івано-Франківська (с. Котиківка, Городенківський р-н, Івано-Франківська обл.), Чернігівська (с. Халявин, Чернігівський р-н, Чернігівська обл.) філії УІЕСР; Любашівський відділ Волинської філії (с. Деревок, Любашівський р-н, Волинська обл.), Іванківський сектор польових досліджень Хмельницької філії (с. Іванівка, Шепетівський р-н, Хмельницька обл.)].

Середній показник врожайності заявленого сорту порівнювали з умовним стандартом (усередненим показником врожайності сортів, що пройшли державну реєстрацію за попередніх п'ять років), який розраховували щороку для різних ґрунтово-кліматичних зон України [16, 17]. Вірогідність результатів експертизи забезпечували щонайменше трьома пунктами досліджень у межах однієї ґрунтово-кліматичної зони.

У процесі досліджень послуговувалися «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (Загальна частина)» [16] та «Методикою проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні» [17].

Погодно-кліматичні умови останніх років були доволі сприятливими для вирощування жита посівного озимого, особливо в зимовий і весняно-літній періоди, що характеризувалися підвищеними температурами та достатньою кількістю опадів. Виняток становили лише 2021–2022 рр., коли на фоні оптимального гідротермічного режиму впродовж зими та березня – квітня вже в травні зафіксували перші прояви посухи, яка посилилась протягом червня. На початку літа запаси продуктивної вологи під посівами в метровому шарі ґрунту знизилися до 33–35 мм і менше, що негативно (хоча й неістотно) вплинуло на кількісні показники майбутнього врожаю.

У середині вересня 2022 року за настання оптимальних кліматичних строків сівби озимих культур, зокрема й жита посівного, склалися нетипові погодні умови. Впродовж сівби та осінньої вегетації під урожай 2023 року в багатьох областях спостерігали значну кількість опадів (дощів), що призвело до нехарактерного осіннього перезволоження верхніх шарів ґрунту.

Загалом, стан посівів жита озимого в Україні оцінювали як добрий. Вони повністю збереглися, адже протягом перезимівлі не було жодних несприятливих явищ. Достатня кількість опадів взимку 2022–2023 рр. за незначного промерзання ґрунту сприяла формуванню його оптимального зволоження під озиминою в період відновлення вегетації.

Зима 2022–2023 рр. виявилася однією з найтепліших за останні 20 років. Усереднена температура повітря в грудні – лютому перевищувала норму в середньому на 2–3 °С. Найнижчі показники становили –9–15 °С, на сході та північному сході – –16–20 °С. Промерзання ґрунту було незначним або відсутнім; не зафіксовано стійкого снігового покриву, який

би залягав тривалий час. Опади – переважно мокрий сніг і дощ. Жодних загрозливих явищ для жита посівного озимого не спостерігали.

Завдяки помірному температурному режиму навесні 2023 року відбулось успішне відновлення вегетації (14–15 березня), середні показники термометра впродовж якої (березень – червень) були близькими або нижчими за норму на 1°C (майже ідеально для розвитку рослин), а запаси продуктивної вологи в ґрунті під переважною кількістю посівів – достатніми та оптимальними. Формування репродуктивних органів озимих зернових культур відбувалося за сприятливих умов тепла та вологозабезпечення, і станом на 27 червня на більшості площ відмічено молочну стиглість; у південних та місцями центральних і східних областях зерно жита озимого досягло воскової стиглості; на окремих посівах у західних, північних та східних областях ще тривало цвітіння колосу.

Вміст білка в сортах жита посівного озимого визначали експрес-методом, використовуючи інфрачервоний аналізатор зерна Infratec 1241 (Foss, Данія), число падіння – за Хагбергом – Пертемом на приладі

ALPHATEK FN (Foss, Данія). У кожному з випадків послуговувалися «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [18]. Дослідження проводили в лабораторії показників якості сортів рослин УІЕСР.

### Результати досліджень

Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, станом на травень 2024 року налічує 67 сортів / гібридів жита посівного озимого, з яких 31 (46,3%) іноземної та 36 (53,7%) вітчизняної селекції.

Чисельність сортів в експертизі впродовж останніх п'яти років змінювалася від 18 до 32. Найбільшу кількість жита посівного озимого досліджували 2019 року [19].

Усього у 2021–2022 рр. кваліфікаційну експертизу на ПСП проходили 24 сорти жита посівного озимого [9 (37%) вітчизняної та 15 шт. (63%) іноземної селекції]; у 2022–2023 рр. – на 29% менше, тобто 17 сортів [11 (65%) іноземної та 6 шт. (35%) вітчизняної селекції] (табл. 1).

Таблиця 1

Аналіз програми кваліфікаційної експертизи на ПСП жита посівного озимого

Всього	Сорти				Всього	Сорти 2–3 років експертизи			
	Вітчизняної селекції		Іноземної селекції			Вітчизняної селекції		Іноземної селекції	
	Кількість, шт.	%	Кількість, шт.	%	Кількість, шт.	%	Кількість, шт.	%	
2022									
24	9	37	15	63	10	4	40	6	60
2023									
17	6	35	11	65	14	4	29	10	71

Середня врожайність 2022 року в зоні Лісостепу становила 8,46 т/га, максимальна – 12,43 (Тернопільська філія УІЕСР), мінімальна – 3,54 т/га (Хмельницька філія УІЕСР). Усереднений показник на Поліссі – 6,85 т/га, найвищий – 9,69 (Івано-Франківська філія УІЕСР), найнижчий – 3,56 т/га (Чернігівська філія УІЕСР).

Середня врожайність 2023 року в зоні Лісостепу становила 8,03 т/га, максимальна – 12,29 (Тернопільська філія УІЕСР), мінімальна – 4,6 т/га (Хмельницька філія УІЕСР). Усереднений показник на Поліссі – 6,39 т/га, найвищий – 11,77 (Чернігівська філія УІЕСР), найнижчий – 2,65 т/га (Закарпатська філія УІЕСР).

Найбільші середні врожаї жита в усі роки досліджень формувалися в Тернопільській філії (10,0–10,6 т/га), найменші – 2022 року в Чернігівській (4,9 т/га). Стабільними, хоча й невисокими, вони були у Хмельницькій філії в обидва роки (6,6–6,7 т/га) (рис. 1).

У 2023 р., як порівняти з попереднім, врожайність переважної кількості сортів зростала від 0,03 до 1,30 т/га. Її зниження спостерігали лише в 'KWS Gilmor' (на 1,35 у лісостеповій і 0,1 т/га в поліській зоні) та 'Lunator' (на 1,27 т/га в лісостеповій зоні). Найбільшим приростом характеризувався 'KWS Pulsor' – на 1,30 (Полісся) та 0,94 т/га (Лісостеп) (рис. 2). В Лісостепу врожаї збільшились на 0,43 т/га, або 5% (з 8,03 до 8,46 т/га); на Поліссі – на 0,46 т/га, або 7% (з 6,39 до 6,85 т/га). Найбільше їх сформували сорти 'SU Perspectiv' (Лісостеп – 9,98 т/га, Полісся – 7,87 т/га) і 'KWS Pulsor' (Лісостеп – 9,55 т/га, Полісся – 7,78 т/га) (табл. 2).

Сорти 'SU Baresi', 'SU Perspectiv', 'KWS Gilmor' і 'KWS Pulsor' з тривалістю періоду вегетації 259–279 дів за показниками врожайності перевищили умовний стандарт. Так, 'SU Baresi' – на 1,87 т/га, або 25,2%, у Лісостепу та на 1,54 т/га, або 22,6%, на Поліссі; 'SU Perspectiv' – на 2,59 т/га, або 35,0%,

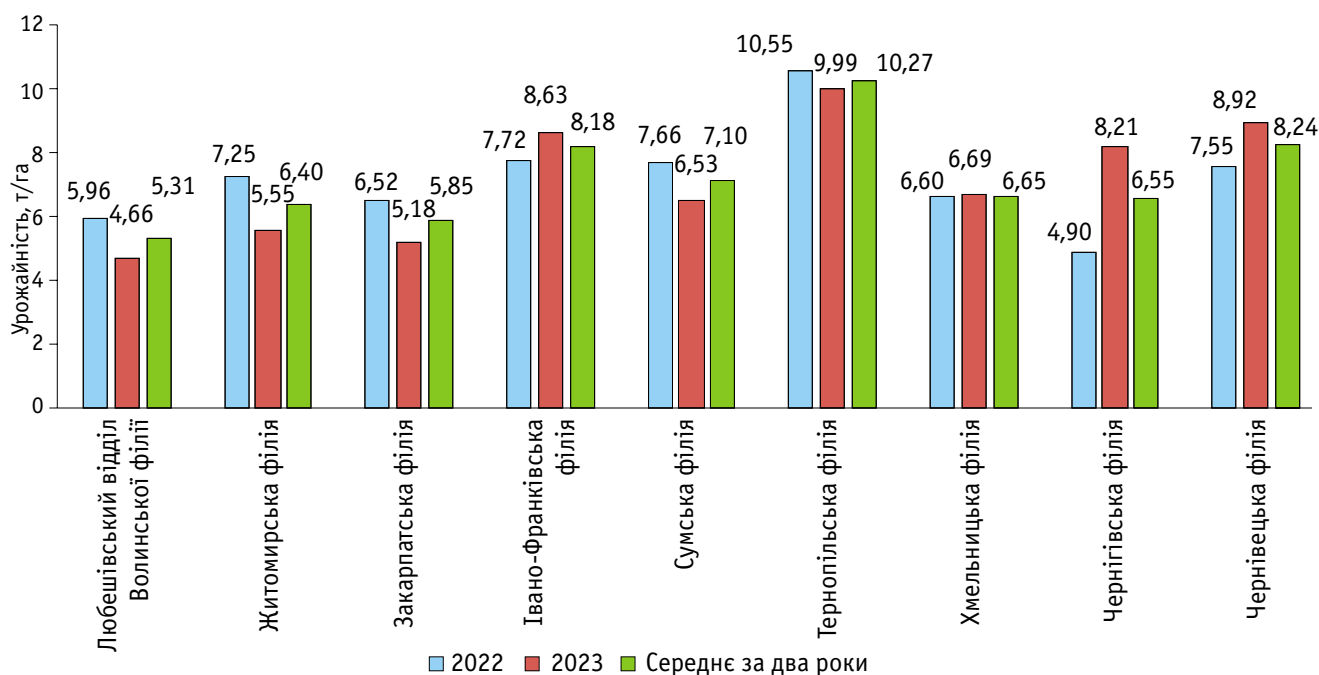


Рис. 1. Середня врожайність сортів жита посівного озимого впродовж випробувань у різних філіях УІЕСР (2022–2023 рр.)

Таблиця 2

Урожайність сортів жита посівного озимого залежно від ґрунтово-кліматичних зон, т/га (2022–2023 рр.)

Сорт	Лісостеп				Полісся			
	УС*	2022	2023	Середня	УС*	2022	2023	Середня
'SU Baresi'	7,39	8,90	9,61	9,26	6,80	8,34	8,34	8,34
'SU Perspectiv'	7,39	9,78	10,17	9,98	6,80	8,11	7,63	7,87
'Lunator'	7,39	7,47	6,20	6,84	6,80	5,11	5,35	5,23
'Reflektor'	7,39	7,54	8,44	7,99	6,80	6,14	6,17	6,16
'KWS Gilmor'	7,39	9,86	8,51	9,19	6,80	7,9	7,80	7,85
'KWS Pulsor'	7,39	8,9	10,20	9,55	6,80	7,31	8,25	7,78
HIP <sub>0,05</sub>	–	0,40	0,85	0,75	–	0,89	0,81	0,81

\* умовний стандарт (УС) – усереднена врожайність сортів, що пройшли державну реєстрацію за п'ять попередніх років.

у лісостеповій зоні та на 1,07 т/га, або 15,7%, у поліській; 'Reflektor' – на 0,60 т/га, або 8,1%, в Лісостепу; 'KWS Gilmor' – на 1,80 т/га, або 24,3%, в лісостеповій зоні та на 1,05 т/га, або 15,4%, в поліській; 'KWS Pulsor' – на 2,16 т/га, або 29,2%, в Лісостепу та на 0,98 т/га, або 14,4%, на Поліссі.

Маса 1000 зерен у досліджуваних сортів змінювалася в межах 32,2–38,8 г залежно від ґрунтово-кліматичної зони (рис. 3). Найвищими показниками в Лісостепу відзначились 'KWS Pulsor' (38,5 г) і 'KWS Gilmor' (38,0 г), на Поліссі – 'SU Baresi' та 'Lunator' (34,6 г). Мінімальні значення продемонстрували 'Lunator' (36,0 г) і 'SU Baresi' (36,5 г) у лісостеповій та 'KWS Gilmor' (32,2 г) і 'Reflektor' (32,6 г) у поліській зоні.

Вміст білка в зерні залежно від року та ґрунтово-кліматичної зони варіювався від 8,1 до 11,5%. Найбільшою його кількістю відзна-

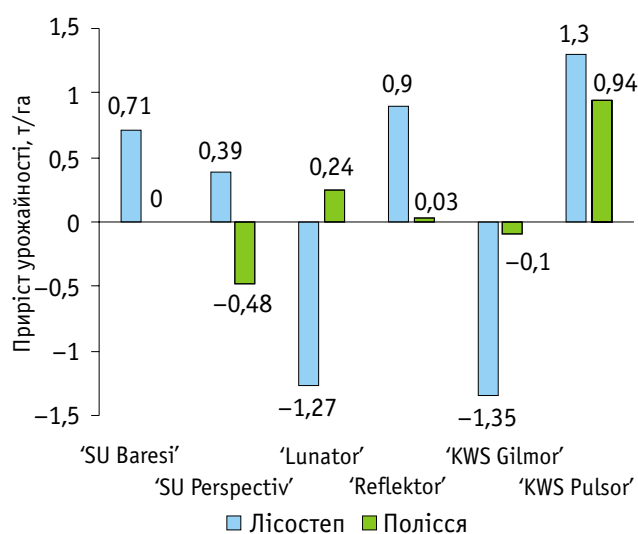


Рис. 2. Зміна врожайності сортів жита посівного озимого у 2023 р., як порівняти з 2022 р., за результатами експертизи на ПСП у різних ґрунтово-кліматичних зонах

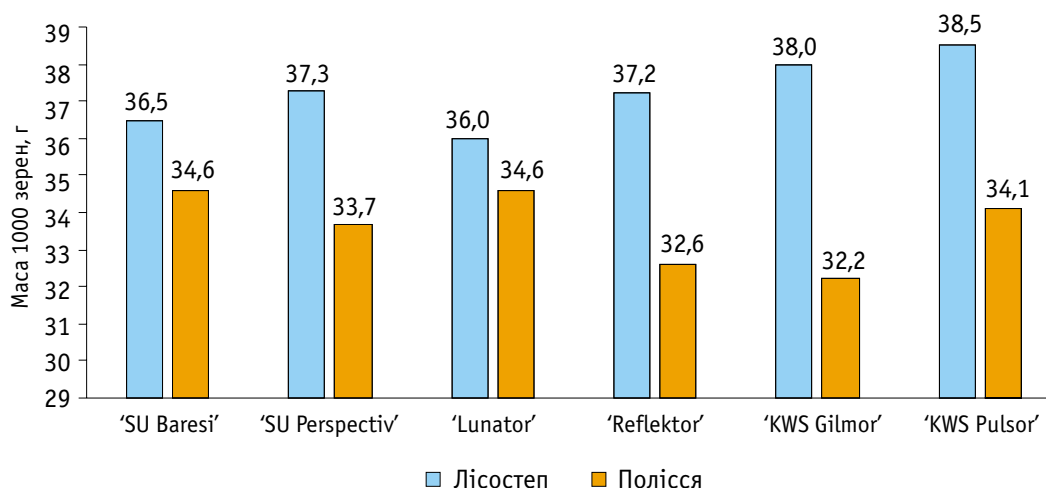


Рис. 3. Маса 1000 зерен сортів жита посівного озимого за даними випробувань у різних ґрунтово-кліматичних зонах (середнє за 2022–2023 рр.)

чилися 'Lunator' (11,0% в Лісостепу та 10,3% на Поліссі) і 'Reflektor' (10,0% в Лісостепу та 9,6% на Поліссі). Усереднений вміст білка в решти сортів був на рівні 9,2–9,3% в лісостеповій та 8,4–8,7% у поліській зоні (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст білка в зерні сортів жита посівного озимого за даними випробувань у різних ґрунтово-кліматичних зонах, % (2022–2023 рр.)

Сорт	Лісостеп			Полісся		
	2022	2023	Середнє	2022	2023	Середнє
'SU Baresi'	9,8	8,6	9,2	8,7	8,1	8,4
'SU Perspectiv'	9,8	8,8	9,3	8,9	8,5	8,7
'Lunator'	10,6	11,5	11,0	10,4	10,1	10,3
'Reflektor'	10,4	9,7	10,0	9,6	9,5	9,6
'KWS Gilmor'	9,6	8,9	9,2	8,8	8,7	8,7
'KWS Pulsor'	9,3	9,3	9,3	8,7	8,7	8,7
HP <sub>0,05</sub>	0,64	1,4	0,9	0,9	1,0	1,0

Відповідно до Класифікатора показників якості ботанічних таксонів, сорти яких проходять експертизу на придатність до поширення [20], більшість досліджуваних сортів характеризувалися низьким вмістом білка (< 9,9%), середні значення (10,0–12,9%) продемонстрували 'Lunator' (в обох ґрунтово-кліматичних зонах) і 'Reflektor' (у Лісостепу).

Загалом, у 2023 р., як порівняти з попереднім, в зерні переважної кількості сортів фіксували зменшення вмісту білка. Найвагомим воно було в 'SU Baresi' – на 1,2% в лісостеповій та на 0,6% в поліській зоні. Виняток становив лише сорт 'Lunator', що у 2023 р. поліпшив свої показники на 0,9%. Значення були сталими в 'KWS Pulsor' протягом обох років – 9,3% в Лісостепу та 8,7% на Поліссі (рис. 4).

Одним з основних показників якості жита посівного озимого є число падіння, яке забезпечує ферментативну активність тіста, необ-

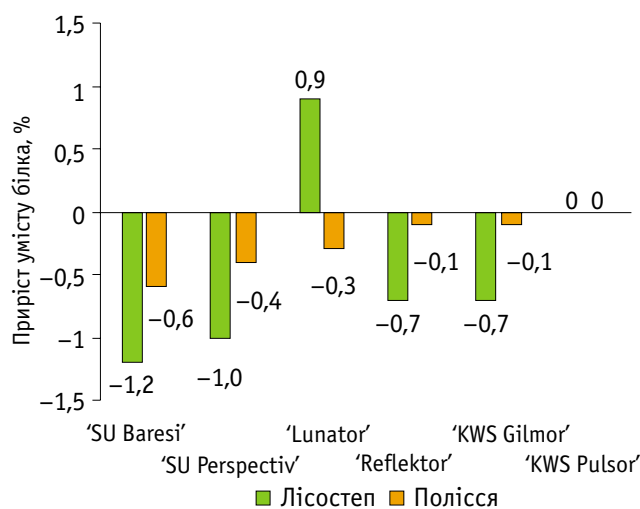


Рис. 4. Варіювання вмісту білка в зерні сортів жита посівного озимого у 2023 р., як порівняти з 2022 р., за результатами експертизи на ПСП у різних ґрунтово-кліматичних зонах

хідну для добрих хлібопекарських властивостей. Розпад крохмалю та зниження якості хліба (липкий м'якуш) відбуваються через підвищену концентрацію ферменту альфа-амілази. Втім за повної відсутності таких ферментів хліб виходить надмірно сухим.

Встановлення числа падіння дає змогу тестувати ступінь ушкодження зерна, а також визначати ензимну активність борошна для випічки, в солоді та інших продуктах; з'ясувати стан вуглеводно-амілазного комплексу зерна чи борошна, судячи про активність альфа-амілази. Відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [18], активність альфа-амілази залежно від числа падіння умовно можна схарактеризувати як

високу (< 80 с), середню (80–120 с) та низьку (> 200 с). Високу спостерігають у пророслому зерні. Хліб, випечений з такого борошна, буде з липким м'якушем, меншого розміру, темного кольору, з крупними порожнинами. Середня активність є оптимальною, а от за низької хлібний м'якуш вийде сухим, з малим об'ємом хлібини, що може призвести до швидкого псування.

Зерно, яке дослідили під час експертизи на ПСП, характеризувалося низькою активністю альфа-амілази: в середньому – 198,4–311,3 с (табл. 4). Найменші значення числа падіння мав сорт 'Lunator' – 198,4 (Лісостеп) та 213,8 с (Полісся).

Таблиця 4

**Число падіння зерна сортів жита посівного озимого, які випробували у різних ґрунтово-кліматичних зонах, с (2022–2023 рр.)**

Сорт	Лісостеп			Полісся		
	2022	2023	Середнє	2022	2023	Середнє
'SU Baresi'	241,5	250,3	245,9	314,8	288,0	301,4
'SU Perspectiv'	265,0	257,	261,3	320,3	284,5	302,4
'Lunator'	233,5	163,3	198,4	216,3	211,3	213,8
'Reflektor'	237,8	207,0	222,4	291,8	245,8	268,8
'KWS Gilmor'	298,0	261,3	279,7	331,0	291,5	311,3
'KWS Pulsor'	288,0	239,7	263,8	298,0	294,3	296,1
НІР <sub>0,05</sub>	36,1	49,7	39,3	54,1	43,9	47,8

## Висновки

Отже, сорти жита посівного озимого 'SU Baresi', 'SU Perspectiv', 'Reflektor', 'KWS Gilmor' і 'KWS Pulsor', які випробували протягом 2022–2023 рр. у різних екологічних пунктах Лісостепу та Полісся, сформували середню врожайність на рівні 8,80; 8,92; 7,08; 8,52 та 8,67 т/га відповідно й перевищили за цим показником умовний стандарт. Всі вищевказані зразки внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Найбільшим вмістом білка в зерні (показник якості) відзначилися 'Lunator' (10,3% на Поліссі та 11,0% у Лісостепу) та 'Reflektor' (9,6% на Поліссі та 10,0% у Лісостепу). Найменші значення числа падіння мав сорт 'Lunator' – 198,4 (Лісостеп) та 213,8 с (Полісся).

Впровадження нових сортів жита посівного озимого сприяє відродженню його виробництва до попередніх обсягів як хлібної, круп'яної та кормової культури.

## References

- Melnychuk, D., Khofman, D., & Horodnii, M. (Eds.). (2004). *Soil quality and modern strategies fertilizer*. Kyiv: Aristei. [In Ukrainian]
- Hrytsenko, O. Yu. (2020). Yield of winter rye varieties for or-

- ganic production in Ukraine. *Scientific Horizons*, 2, 38–42. doi: 10.33249/2663-2144-2020-87-02-38-42 [In Ukrainian]
- Panchyshyn, V. Z., Yaremenko, O. V., Mozharovskiy, S. V., Kravchuk, A. V., & Shafarchuk, S. P. (2023). Grain productivity of winter rye (*Secale cereale*) depending on the elements of cultivation technology in the forest-steppe of Ukraine. *Modern Equipment and Innovative Technologies*, 30(3), 69–74. [In Ukrainian]
- Zhuravel, S. V. (2023). Modern organic technologies for growing winter rye in short-rotation crop rotation in the Polissia zone. *Sciences of Europe*, 109, 3–8. doi: 10.5281/zenodo.7560267 [In Ukrainian]
- Yarosh, A., & Relina, L. (2022). Winter rye collection of the National Center of plant genetic resources of Ukraine as a basis for the creation of selection valuable and stable genotypes. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 62–68. doi: 10.31073/agrovysnyk202209-07 [In Ukrainian]
- Borovyk, S. O. (2023). Scientific basis of winter rye growing technology. *Agrarian Innovations*, 21, 22–28. doi: 10.32848/agrar.innov.2023.21.3 [In Ukrainian]
- Orobchuk, M., & Marchenko, O. (2023). On the revival of agricultural traditions in the context of Ukraine food security. *Visnyk of the Lviv University. Series Economics*, 64, 218–221. doi: 10.30970/ves.2023.64.0.6417 [In Ukrainian]
- Hizetdinov, E. R., & Chukhlib, A. V. (2023). Statistical analysis of rye yield in Ukraine. *SWorld Journal*, 2, 17–21. doi: 10.30888/2663-5712.2022-16-02-027 [In Ukrainian]
- Biliavska, L. H., & Biliavskiy, Yu. V. (2021). Current state of winter rye seed production in Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 2, 68–73. doi: 10.31210/visnyk2021.02.08 [In Ukrainian]
- Hospodarenko, H. M., & Ptashnyk, M. M. (2013). Content of protein and starch in the grain of winter rye depending on the kinds, norms and terms of fertilization. *Advanced Agritechnologies*, 1, 5–10. doi: 10.21498/na.1(1).2013.119316 [In Ukrainian]
- Derecha, O. A., Master, A. A., Hodovany, A. O., Malinovsky, A. S., Rybak, M. F., Chepikov, M. S., ... Dazhuk, M. A. (2005). *Resource-saving technologies for growing grain crops for farms of various forms of ownership*. Zhytomyr: Polissia. [In Ukrainian]
- Mykhailyk, S. M., Kyienko, Z. B., Sonets T. D., & Smulska I. V. (2023). The results of the assessment of new varieties of *Solanum tuberosum* L. according to the main economic and valuable characteristics depending on the soil and climatic zones of cultivation. *Plant Varieties Study and Protection*, 19(1), 52–57. doi: 10.21498/2518-1017.19.1.2023.277771. [In Ukrainian]
- Smulska, I. V., Topchii, O. V., Mykhailyk, S. M., Khomenko, T. M., Shcherbynina, N. P., & Skubii, O. A. (2023). The influence of soil and climatic conditions on the manifestation of economically valuable traits in different varieties of *Helianthus annuus* L. *Plant Varieties Studying and Protection*, 19(2), 118–125. doi: 10.21498/2518-1017.19.2.2023.282553. [In Ukrainian]
- Popov, S. I. (Ed.). (2022). *Technological features of harvesting grain and sowing winter crops in the farms of the Kharkiv region in the conditions of 2022*. Kharkiv: N. p. [In Ukrainian]
- Symonenko, N. V. (2022). Protein content in grains of winter rye varieties (*Secale cereale* L.) and its inheritance by hybrids. *Colloquium Journal. Agricultural Sciences*, 1, 31–35. [In Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Methods of conducting qualification tests of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part* (4th ed., rev.). Vinnytsya: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Ed.). (2017). *Methodology for examination of plant varieties of the cereal, cereal and leguminous groups for suitability for distribution in Ukraine (SFD)*. Vinnytsya: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Methods of conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators*. Vinnytsya: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]



19. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2024). *State register of plant varieties suitable for distribution Ukraine in 2024 (the register is valid as of May 01, 2024)*. Kyiv: N. p. Retrieved from <https://minagro.gov.ua/file-storage/rejestr-sortiv-roslin> [In Ukrainian]
20. *Classifier of quality indicators of botanical taxa, the varieties of which undergo examination for suitability for distribution*. (2019). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. Retrieved from <https://sops.gov.ua/uploads/page/vidanna/2019/1.pdf> [In Ukrainian]

UDC 633.1:631.559:631.53.01

**Topchii, O. V., Smulska, I. V.\*, Zhytomyrets, O. S., Prysiashniuk, L. M., Hryniv, S. M., Mykhailyk, S. M., & Kulyk, T. E.** (2024). Yield and grain quality of new varieties of winter rye (*Secale cereale* L.) in different soil and climatic zones of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(2), 120–126. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.2.2024.304100>

*Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Horikhuvatskyi Shliakh St., Kyiv, 03041, Ukraine, \*e-mail: ivanna1973@i.ua*

**Purpose.** To carry out a comprehensive study and evaluation of new varieties of winter rye (*Secale cereale* L.) according to the main economic and quality indicators: yield, weight of 1000 grains, protein content and falling number.

**Methods.** The qualification examination on the suitability of varieties for distribution in Ukraine was carried out in 2022–2023 at the research stations of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination in the soil-climatic zones of the Forest-Steppe and Polissia, using the “Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine (General part)” and “Methodology for examination of plant varieties of the group of cereals, grains and legumes for suitability for distribution in Ukraine”. Laboratory studies were carried out in accordance with the “Methodology for qualification examination of plant varieties for suitability for distribution. Methods of determining quality indicators of plant production”. **Results.** The economically valuable characteristics

of new varieties of winter rye (‘SU Baresi’, ‘SU Perspective’, ‘Lunator’, ‘Reflektor’, ‘KWS Gilmor’, ‘KWS Pulsor’), included in the State Register of Varieties Suitable for Distribution in Ukraine, were studied. Their potential for yield and protein content was analysed. Yields were higher in the Forest-Steppe zone than in Polissya in all years of the study. The highest values were recorded for the varieties ‘SU Perspective’ (7.87–9.98 t/ha), ‘KWS Gilmor’ (7.85–9.19 t/ha) and ‘KWS Pulsor’ (7.78–9.55 t/ha). Lunator’ (11.0 and 10.3%) and ‘Reflektor’ (10.0 and 9.6%) had an advantage in protein content (quality indicator). **Conclusions.** According to the results of the SVD qualification test, the investigated varieties are recommended for cultivation in the Forest-Steppe and Polissia zones. The maximum falling number, which determines the state of the carbohydrate-amylase complex (alpha-amylase activity), was recorded for ‘Lunator’ (198.4 s).

**Keywords:** *qualification examination; yield; weight of 1000 grains; protein content; falling number.*

*Надійшла / Received 21.04.2024  
Погоджено до друку / Accepted 10.06.2024*

## Удосконалення практики сортовипробування в Україні з огляду на міжнародний досвід

О. В. Захарчук<sup>1</sup>, С. О. Ткачик<sup>2\*</sup>, Н. О. Сиплива<sup>2</sup>, Н. Б. Голіченко<sup>2</sup>, Н. Б. Линчак<sup>2</sup>, Є. С. Ковальчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ННЦ «Інститут аграрної економіки», вул. Героїв Оборони, 10, м. Київ, 03127, Україна

<sup>2</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Горіхуватський шлях, 15, м. Київ, 03041, Україна,

\*e-mail: s-s-tk@ukr.net

**Мета.** Дослідити проблеми системи сортовипробування в Україні, вивчити шляхи й обґрунтувати напрями її удосконалення з огляду на практику різних країн. **Методи.** Під час досліджень використовували загальнонаукові методи, зокрема гіпотези, спостереження, пошуку з елементами екстраполяції джерелознавчої бази даних, аналізу, порівняльної оцінки та синтезу для формування висновків. **Результати.** Досліджено практики сортовипробування в Україні, Сполучених Штатах Америки та країнах Європейського Союзу (Королівстві Нідерландів і Республіці Польща). Встановлено, що Загальний каталог сортів рослин ЄС складається з сортів, які пройшли експертизу на загальних засадах та внесені до національних каталогів країн ЄС. Для інших держав (не членів ЄС) відсутні спеціальні умови реєстрації без експертизи. Реєстрацію базовано на результатах офіційних випробувань національних агентств, уповноважених державними органами (бюро). Щоб провести експертизу для допуску сорту на ринок, необхідно встановити значну кількість єдиних критеріїв та мінімальних вимог, водночас зважаючи на міжнародні правила щодо певних положень. Сорти, внесені до Загального каталогу ЄС, є допущеними до сертифікації та продажу насіння на території всіх держав-членів Європейської Спільноти. Водночас у США діє інша національна система обігу та реєстрації, в якій державна реєстрація є необов'язковою для комерційного поширення сортів. За інформацію про них та їхню цінність несе відповідальність власник, який і проводить сортовипробування. Цей принцип поширюється як на національні компанії, так і на нерезидентів. Відповідно до вимог чинного Закону України «Про охорону прав на сорти рослин», зареєстровані в ЄС та/або США сорти можна поширювати на території нашої держави без проведення кваліфікаційної експертизи. Також не здійснюють офіційних післяреєстраційних досліджень визнаних і розповсюджених в Україні сортів. Втім більшість сортів вітчизняних заявників не зареєстровані в ЄС та/або США, а тому до них застосовують вимогу про проходження щонайменше дворічного циклу досліджень з метою підтвердження придатності для поширення в Україні. Таке трактування умов реєстрації сортів на території країни-учасниці суперечить Міжнародній конвенції з охорони нових сортів рослин (Конвенції UPOV), вимогам СОТ (угоді ГАТТ про недискримінаційний режим торгівлі), статті 6 Директиви Ради 2002/53ЄС та порушує конституційні права вітчизняних селекціонерів, оскільки ставить у нерівні конкурентні умови національних заявників та їхні сорти. **Висновки.** Вдосконалення національного законодавства, зокрема усунення спрощеної реєстрації (без проведення офіційних досліджень в ґрунтово-кліматичних зонах України), дасть змогу створити єдиний підхід та рівні умови комерційного обігу сортів і торгівлі насінням для вітчизняних та іноземних селекціонерів. Безальтернативно українські норми та стандарти не повинні суперечити тим, що діють у відповідних міжнародних та європейських організаціях. Це сприятиме виконанню вимог щодо обміну результатами експертизи між державами-членами Конвенції UPOV.

**Ключові слова:** сорт; кваліфікаційна експертиза; післяреєстраційне дослідження; заявник; насіння; власник сорту; володілець патенту.

### Вступ

У кожному конкретному регіоні сорти використовують з огляду на експертну оцінку

їхньої врожайності, стійкості проти абіотичних факторів середовища та збудників патогенів, придатності до класичних технологій вирощування, інших господарсько-цінних

Oleksandr Zakharchuk

<https://orcid.org/0000-0002-1734-1130>

Svitlana Tkachyk

<https://orcid.org/0000-0002-2402-079X>

Nataliia Syplyva

<https://orcid.org/0000-0003-0921-6321>

Nataliia Holichenko

<https://orcid.org/0000-0002-0382-318X>

Nadiia Lynchak

<https://orcid.org/0000-0003-3963-7319>

Yevheniia Kovalchuk

<https://orcid.org/0009-0008-2931-3541>

характеристик, що визначають економічну доцільність вирощування у визначених умовах [1, 2]. За результатами кваліфікаційної експертизи сорти рослин визнають придатними для поширення в Україні та набувають прав інтелектуальної власності на них.

Сортовипробування завдяки порівнянню та ретельному вивченню мотивує на створення нових сортів і гібридів, забезпечує інформаційний обмін між власником і користувачем сорту, регулює внутрішні й міжнародні правила торгівлі насінням, захищає право товаровиробника на використання сортів, які відповідають необхідним характеристикам, на підставі нормативних актів національного та міжнародного законодавств [3].

Угода про асоціацію між Україною з одного боку та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії та їхніми державами-членами з іншого (далі – Угода про асоціацію), ратифікована нашою державою 16 вересня 2014 р., вимагає адаптації національного законодавства у сфері охорони прав на сорти рослин до відповідного законодавства Європейського Союзу, гармонізації з нормами та стандартами міжнародних та європейських організацій [4, 5].

Законом України від 16 листопада 2022 р. №2763-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо приведення законодавства у сфері охорони прав на сорти рослин та насінництва і розсадництва у відповідність із положеннями законодавства Європейського Союзу» внесено зміни до Законів України «Про охорону прав на сорти рослин» [6] і «Про насіння та садивний матеріал» [7].

На жаль, останнім часом у вітчизняній нормотворчій практиці, зокрема й у сфері охорони прав на сорти рослин, спостерігають вже стабільну тенденцію до ігнорування суб'єктами законодавчої ініціативи численних наукових рекомендацій та вимог методології дослідної справи, через що прийняті закони та нормативні акти не завжди відповідають вимогам міжнародних та європейських організацій.

Найбільш одіозною зміною в новому Законі України «Про охорону прав на сорти рослин» є частина третя статті 12, яка регламентує обіг на вітчизняному ринку сортів, зареєстрованих у країнах ЄС та США, без проведення в ґрунтово-кліматичних зонах нашої держави офіційних випробувань з визначення показників господарської придатності для поширення. Таке трактування умов реєстрації суперечить Конвенції UPOV, порушує конституційні права вітчизняних селекціонерів, вимоги СОТ (угоду ГАТТ про недискримінаційний режим торгівлі), статтю 6 Директиви

Ради 2002/53/ЄС, якою чітко визначено обов'язок держав забезпечувати, щоб до сортів, які надходять з інших країн, ставили ті самі вимоги, що й до внутрішньодержавних, зокрема в частині процедури схвалення до національного каталогу [8–11].

Згідно з Конвенцією UPOV, Регламенту Ради 2100/94/ЄС, установи для цілей експертизи мають вирощувати сорт або виконувати будь-які інші необхідні дослідження [8, 11].

Україна як член Міжнародного союзу з охорони прав на сорти рослин ратифікувала Конвенцію UPOV [12], а тому повинна керуватися її методиками для проведення експертизи на відмінність однорідність та стабільність. Це забезпечує виконання вимог щодо одержання уніфікованих результатів експертизи та обміну ними між країнами-учасницями Конвенції [13–15]. Передумовою для рівноправного членства є створення досконалої системи, адаптованої до норм європейського законодавства, та незалежного компетентного органу у сфері охорони прав на сорти рослин, а також ефективного експертного органу європейського зразка з експертизи сортів рослин [16]. Втім, окрім відповідної адаптації та гармонізації законодавства, методології та методики дослідної справи, важливо також визначити напрями вдосконалення системи сортовивчення, щоб забезпечити її корисність та важливість для нашої держави й конкурентоздатність на рівні ЄС.

*Мета роботи* – дослідити проблеми системи сортовипробування в Україні, вивчити шляхи й обґрунтувати напрями її удосконалення з огляду на практику різних країн.

### Матеріали та методика досліджень

Матеріалами досліджень слугували нормативно-правові документи UPOV, CPVO та країн ЄС, національні нормативно-правові акти у сфері експертизи, реєстрації та комерційного використання сортів [8, 10, 11, 16].

Застосовуючи методи системного аналізу та наукового узагальнення, розглянули й систематизували інформацію щодо ризиків та викликів, які постали перед національним сортовивченням. У процесі досліджень використовували загальнонаукові методи, зокрема гіпотези, спостереження, пошуку з елементами екстраполяції джерелознавчої бази даних, аналізу, порівняльної оцінки та синтезу для формування висновків.

*Об'єкт дослідження* – проблеми галузі сортовипробування в Україні, встановлення еквівалента відповідності та підготовка пропозицій щодо вдосконалення сортовивчення відповідно до європейських і міжнародних норм.

## Результати

Сортові рослинні ресурси України налічують орієнтовно 15 тис. сортів, з них приблизно 40% вітчизняної селекції. Останніми роками чітко простежується тенденція до зменшення чисельності заявок від національних заявників, а відповідно й кількості сортів, що ними

реєструються [17, 18]. Водночас, згідно з даними UPOV, наша держава посідає третє місце у світі за заявками від нерезидентів, поступаючись лише США та ЄС, та шосте за їхньою загальною кількістю (рис.). Це свідчить про те, що на український ринок найближчим часом потрапить ще більше сортів іноземної селекції, які конкуруватимуть з вітчизняними.

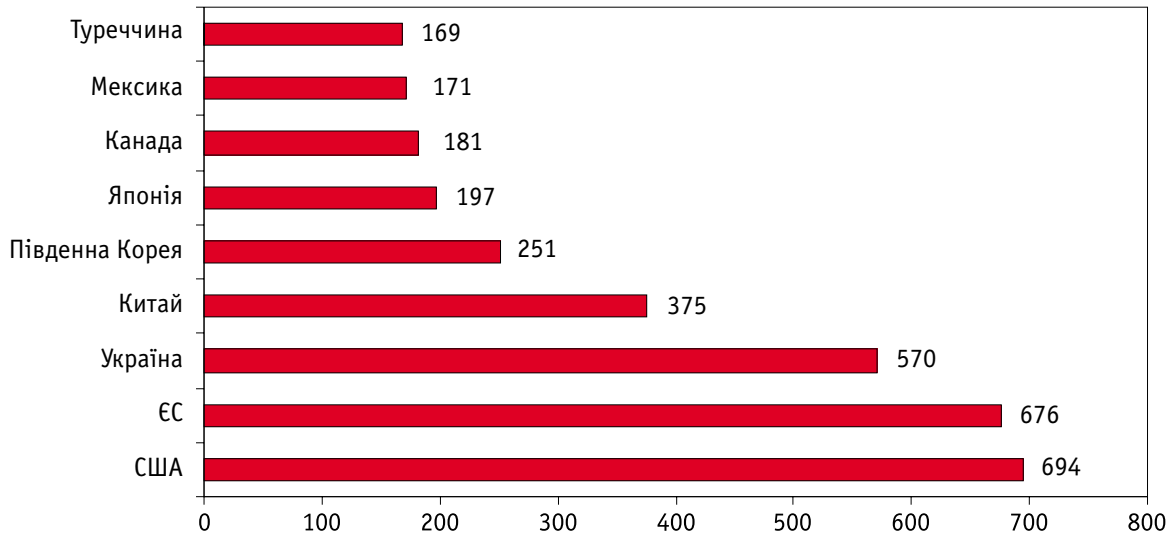


Рис. Лідери серед країн-учасниць UPOV за кількістю поданих заявок на сорти рослин щодо отримання правової охорони від нерезидентів [19]

Реєстрація та комерційний обіг сортів, зареєстрованих у країнах ЄС та США, в Україні відбуваються за спрощеною системою без проведення офіційних випробувань у ґрунтово-кліматичних зонах нашої держави. Зважаючи на норми Закону, у 2023 р. було подано 195 заявок (19,0% від загальної кількості за рік) на реєстрацію сортів за спрощеною системою.

У 2023 р. до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, внесено 1232 сорти, або 13,3% від загальної кількості [17]. 210 нових сортів (17,0%) зареєстровано без проведення офіційних досліджень з кваліфікаційної експертизи в ґрунтово-кліматичних зонах країни.

Щорічна потреба нашої держави в насінні стратегічних ботанічних таксонів груп зернових, бобових, олійних та нішевих сільськогосподарських культур становить 2,8–3 млн т [20]. Нині спостерігають стабільну тенденцію до зменшення виробництва насіння української селекції. Зокрема, у 2023 р. його частка становила 25,1% (72,6 тис. т) від загального сертифікованого обсягу. У грошовому еквіваленті це 5% від вартості всього кондиційного насіння, придбаного фермерами в Україні (таблиця).

Вищевказані проблеми спричинено скороченням українськими селекціонерами селек-

ційної практики стратегічних видів (соняшнику однорічного, кукурудзи звичайної, ріпаку), проблемами в насінництві та маркетингу сортів національної селекції, неефективним використанням сортових рослинних ресурсів через недостатній рівень їх дослідження (зокрема і тих, які реєструють за спрощеною системою) на придатність до поширення в Україні.

Сорти рослин реалізують свій потенціал у різних природно-кліматичних зонах залежно від біологічних особливостей, групи стиглості, напряму використання та сортової агротехніки. Їхню реакцію на ґрунтові та погодні умови необхідно оцінити принаймні в Поліссі, Лісостепу та Степу перед можливим застосуванням у виробництві. Особливо актуальними є дослідження в тих зонах, які охоплюють значні площі в різних географічних широтах. Відсутність такої перевірки спричинить дезінформування щодо властивостей сорту, оскільки його оцінили не в усіх умовах. Щоб надати товаровиробнику вірогідну інформацію, важливо в польових умовах дослідити, наскільки змінюються врожайність та інші характеристики й властивості сорту залежно від зміни клімату за роками.

Географічне місце створення, а точніше – екологічні умови, в яких відбувається селекція [кількість опадів, температурний режим

**Виробництво кондиційного насіння основних сільськогосподарських культур  
в Україні у 2023 р.**

Ботанічний таксон	Вироблено насіння				Сертифіковано насіння	
	української селекції, тис. т	іноземної селекції, тис. т			всього, тис. т	зокрема української селекції, %
		імпортовано	вироблено в Україні	всього		
Пшениця озимого типу розвитку	37,9	0,8	40,1	40,9	78,8	48,1
Ячмінь ярого типу розвитку	3,8	0,1	6,8	6,9	10,7	35,5
Ячмінь озимого типу розвитку	2,5	0,1	9,6	9,7	12,2	20,5
Кукурудза звичайна	18,5	7,8	76,7	84,5	103,0	18,0
Жито озимого типу розвитку	0,7	0,1	5,1	5,2	5,9	11,9
Соя культурна	1,5	0,6	20,5	21,1	22,6	6,6
Ріпак озимого типу розвитку	0,5	4,4	0,2	4,6	5,1	9,8
Соняшник однорічний	2,4	22,3	11,0	33,3	35,7	6,7
Гречка їстівна	0,7	–	–	–	0,7	100
Просо посівне	0,6	–	–	–	0,6	100
Овес	0,9	–	–	–	0,9	100
Тритикале	0,4	–	–	–	0,4	100
Пшениця ярого типу розвитку	1,2	0,1	4,0	4,1	5,3	22,6
Горox посівний	1,0	0,1	5,0	5,1	6,1	16,4
Усього	72,6	36,4	179,0	215,4	288,0	25,1

за період вегетації (САТ, СЕТ), ГТК, агрохімічні характеристики ґрунтів, тривалість дня тощо], значною мірою визначають агробіологічну характеристику й, особливо, адаптивні властивості сортів та гібридів. У країнах Західної Європи переважає м'який клімат, з малою річною амплітудою температури, теплим на півдні та прохолодним на півночі літом, м'якою зимою без стійкого снігового покриву на рівнинах, зі значною кількістю атмосферної вологи в усі сезони, особливо взимку, достатнім і надлишковим зволоженням (не менше ніж 600 мм опадів). Створені в таких умовах сорти сумнівно комерціалізувати в Україні без випробування, зокрема на півдні країни, в зоні ризикованого землеробства, де випадає 350 мм атмосферної вологи, а посухи є звичайним явищем.

Щоб одержати вірогідні експериментальні дані про випробування сортів, необхідно забезпечити однакові умови вирощування впродовж щонайменше двох вегетаційних циклів та дотримуватися всіх вимог методики дослідної справи, основними з яких є правильне розміщення полів у сівозміні та сортів у досліді, репрезентативність вибірки, своєчасність спостережень, обліків і робіт із догляду за посівами в максимально наближених до виробничих умовах [21].

Держави-члени ЄС можуть заборонити використання сорту на всій або частині своєї території, якщо офіційні дослідження продемонструють, що «...сорт не є придатним для вирощування на будь-якій частині їхньої території» [10].

Дотримання принципів, закладених у методиках UPOV, є незмінною вимогою для за-

безпечення уніфікованості процесу експертизи на ВОС в усіх державах-членах Конвенції та ефективного захисту сортів через створення їхніх гармонізованих міжнародно визнаних описів. Прийняття нормативно-правових актів, які забороняють використання батьківських компонентів під час кваліфікаційної експертизи гібридів на ВОС, унеможливує створення описів відповідно до вимог методик UPOV та подальший обмін результатами досліджень між компетентними органами держав-учасниць Конвенції.

Приєднання України до схем сортової сертифікації насіння (зернових, кукурудзи, сорго, хрестоцвітих, олійних і луб'яних культур, цукрового та кормового буряку) Організації економічного співробітництва та розвитку (далі – ОЕСР) накладає зобов'язання щодо виконання їхніх правил, а також проведення експертизи на ВОС за встановленими вимогами таких міжнародних та європейських організацій, як CPVO та UPOV.

Законодавча база України, що регулює питання, пов'язані з реєстрацією сортів та прав на них, потребує суттєвого вдосконалення. Прийняті нормативні акти обмежують можливість експертного закладу під час проведення досліджень, через що споживачі не мають змоги отримати вірогідну інформацію про всі сорти, внесені до Реєстру сортів, та їхню поведінку в ґрунтово-кліматичних зонах нашої держави.

Рішення щодо спрощеної реєстрації сортів в Україні обґрунтовують існуванням аналогічної процедури в ЄС та США. Втім їхні моделі реєстраційних та післяреєстраційних досліджень все ж суттєво відрізняються від

української. Натепер наша держава, відповідно до чинної редакції Закону, реєструє за спрощеною системою сорти з каталогів ЄС та/або США, проте не має у цих країнах таких самих умов для власних сортів, внесених до Реєстру сортів рослин України.

Європейську модель реєстрації сортів базовано на результатах офіційних випробувань національних агентств, уповноважених державними органами (бюро). Загальний каталог польових культур та окремі каталоги для овочевих і декоративних видів укладають на основі національних каталогів держав-членів ЄС.

Унесення сортів до Загального каталогу ЄС свідчить про їхній допуск до сертифікації та продажу насіння на території всіх держав-членів Європейської Спільноти. Відповідно до Директиви Ради 2002/53/ЄС, для проведення експертиз з метою реєстрації сорту потрібно встановити велику кількість єдиних критеріїв та мінімальних вимог, водночас зважаючи на міжнародні правила щодо певних положень стосовно схвалення сорту на національному рівні.

На прикладі двох країн ЄС – Королівства Нідерландів та Республіки Польща – розглянуто системи рекомендації сортів для національного споживача.

Система рекомендації в Королівстві Нідерландів передбачає в середньому три роки (для кормових трав – чотири) післяреєстраційних досліджень сорту з вивченням його цінності для культивування й використання. За їхніми результатами формують Рекомендований перелік, залучаючи до цього процесу фермерів, CSAR (Комітет з питань Рекомендованого переліку), асоціацію селекціонерів (Plantum) і профільну організацію, що проводить післяреєстраційні дослідження польових культур (Naktuinbouw). Загалом, вимоги для внесення сортів до Рекомендованого переліку, де за результатами післяреєстраційного сортовивчення публікують всі їхні характеристики, зокрема й господарські показники, є вищими, як порівняти з вимогами для внесення сортів до Національного каталогу Королівства Нідерландів (National List NL), в якому вказують лише ухвалені назви та підтримувачів.

Для сталого розвитку та збереження екосистем, створених людиною, європейські держави на основі проведених у них офіційних досліджень активно впроваджують систему інтегрованого виробництва продуктів рослинництва (далі – IP). Основний її напрям – використання в сільському господарстві сортів, які є стійкими або толерантними до шкід-

ників і збудників хвороб в умовах конкретного регіону, області та місцевості.

Науково-дослідний центр експертизи сортів рослин Польщі (COBORU) працює над списком сортів, рекомендованих для системи IP. Добір здійснюють з сортів Національного реєстру, які пройшли ретельну перевірку в межах Республіки Польща, а їхні реакції на найпоширеніші патогени більш-менш відомі. Також доречними є Рекомендовані списки сортів всіх ботанічних таксонів, розроблені COBORU для воєводств. У воєводствах, які не мають таких списків, за інтегрованого виробництва можна використовувати сорти, рекомендовані для сусідніх, через схожі ґрунтово-кліматичні умови й подібний склад патогенів.

Інформацію про врожайність та інші важливі агротехнічні й господарські характеристики, зокрема стійкість проти основних збудників хвороб, щороку публікують у Рекомендованому переліку сортів сільськогосподарських рослин, який містить найліпші сорти зі щорічно оновлюваного Національного каталогу Республіки Польща та сорти із Загального каталогу ЄС, що пройшли післяреєстраційне вивчення.

В Україні законодавством також передбачено проведення післяреєстраційного сортовивчення, однак воно, як і інші види сільськогосподарського дорадництва, наразі не отримало широкого поширення.

Дослідженнями FAO встановлено, що в Україні великі агрохолдинги та середні сільськогосподарські підприємства площею понад 500 га отримують консалтингові послуги майже повністю від міжнародних та іноземних компаній; 33 164 сімейні фермерські господарства площею від 20 до 500 га переважно (90%) користуються інформацією постачальників насіння, чия неупередженість береться під сумнів, і лише 10% – професійних незалежних радників. До того ж 4 млн дрібних фермерів із господарствами площею 2–20 га взагалі планують свою виробничу діяльність, здебільшого не маючи перевіреної інформації про рекомендовані для їхніх умов сорти [23].

У США для комерційного поширення сортів їхня державна реєстрація є не обов'язковою, втім у цій країні, на відміну від нашої, як для національних компаній, так і для нерезидентів діє єдиний принцип комерціалізації. Майже всі сорти українських заявників не відповідають умовам пункту третього статті 12 Закону України (зареєстровані в ЄС та/або США, а тому їх можна поширювати без кваліфікаційної експертизи на території України), тож мають проходити щонайменше дворічний цикл досліджень. Такий підхід дає

переваги іноземним компаніям і створює несприятливі конкурентні умови для вітчизняних заявників та їхніх сортів.

У США активно поєднують різні системи захисту інтелектуальної власності на інновації рослинництва, а саме: реєстрації прав селекціонера за принципами UPOV з одного боку та охорони прав на сорти рослин патентного типу (надає більше охорони, ніж передбачено системами, побудованими відповідно до принципів UPOV) з іншого [24]. Угода про торговельні аспекти прав інтелектуальної власності (Угода ТРІПС) дає змогу країнам Світової організації торгівлі (СОТ) приймати системи захисту сортів рослин *sui generis* як альтернативу або в поєднанні з патентним захистом інновацій рослин [25].

Впроваджуючи в Україні реєстрацію сортів за американською моделлю, важливо не забувати, що за достовірність інформації про них у США несуть відповідальність власники компаній, а не держава. Крім того, американська правова система є однією з найдосконаліших у світі: у відповідь на рух проти зловживань у сфері торгівлі та послуг прийнято сотні правових актів на рівні законодавства федерації та штатів, які, серед іншого, дають змогу споживачам і державним органам обирати між кримінальним переслідуванням і пред'явленням цивільного позову до торгових фірм, які здійснили обман [26].

В Україні теж створено спеціалізований суд з інтелектуальної власності, до компетенції якого належить розгляд питань про визнання недійсною державної реєстрації об'єктів інтелектуальної власності селекційних досягнень. Втім сорти рослин, процедуру та терміни засідань не визначено.

Законом України «Про охорону прав на сорти рослин» встановлено, що за вірогідність інформації, наведеної у матеріалах заявки на сорт, несе відповідальність заявник. Проте адміністративних стягнень, юридичних наслідків чи кримінального покарання за поширення та продаж невідповідних сортів не передбачено, що спричинює ризики для середніх і дрібних фермерів, які не мають змоги самостійно проводити дослідження.

Український інститут експертизи сортів рослин як експертний заклад з охорони прав на сорти рослин створив для суб'єктів господарювання різних форм власності у галузі насінництва інформаційно-довідкову систему «Сорт», де офіційно оприлюднює результати досліджень загальновідомих сортів у відповідних ґрунтово-кліматичних зонах України, однак через відсутність інформації про поведінку сортів, які реєструються за спроще-

ною системою, є ризик не отримати запланований урожай відповідної якості.

Чинний Закон України «Про охорону прав на сорти рослин» не може гарантувати єдині умови та підходи до реєстрації в нашій державі сортів – як схвалених в ЄС та/або США (але не досліджених в Україні), так і тих, які наразі реєструють на загальних підставах. Тому існують ризики порушення вимог міжнародного законодавства, а це своєю чергою загрожує Україні втратою членства в міжнародних організаціях, що матиме негативні наслідки для країни на фоні здійснення євроінтеграційної політики.

Поступове зменшення кількості сортів національної селекції, зареєстрованих та сертифікованих в Україні, дисбаланс на ринку через відсутність вірогідної інформації про характеристики та властивості сортів, зареєстрованих за спрощеною системою без проведення кваліфікаційної експертизи, невідповідність національного законодавства, що регулює обіг сортів, вимогам міжнародних та європейських організацій – все це вимагає удосконалення системи експертизи для здійснення фахової оцінки придатності сорту до правової охорони та поширення на території України й забезпечення надійною інформацією про його характеристики та властивості суб'єктів господарювання різних форм власності.

Один із можливих варіантів розв'язання вищевказаних проблем – впровадження американської моделі поширення сортів (без офіційних державних випробувань на території України для всіх сортів – як зареєстрованих в ЄС та/або США, так і тих, що не мають такої реєстрації) та доповнення її обов'язковим післяреєстраційним моніторингом із наступним виключенням з обігу тих сортів, що не відповідають заявленим критеріям. Однак, зважаючи на наміри набуття Україною повноправного членства в ЄС, актуальним є введення саме європейської моделі реєстраційних та післяреєстраційних досліджень.

## Висновки

Європейську модель реєстрації сортів базовано на результатах офіційних випробувань національних агентств, уповноважених державними органами (бюро). Загальний каталог польових культур та окремі каталоги для овочевих, плодових, декоративних видів укладають на основі національних каталогів держав-членів Європейської Спільноти.

Законодавча база України, що регулює питання, пов'язані з реєстрацією сортів та прав на них, потребує суттєвого вдосконалення. Прийняті нормативні акти обмежують мож-

ливості експертного закладу під час проведення досліджень, через що споживачі не мають змоги отримати достовірну інформацію про всі сорти, внесені до Реєстру сортів, та їхню поведінку в ґрунтово-кліматичних зонах нашої держави.

Внесення змін до законодавства України з огляду на міжнародний досвід у сфері охорони прав на сорти рослин та сортовипробування забезпечить єдині умови для вітчизняних та іноземних селекціонерів, сорти яких заявлено з метою реєстрації на території нашої держави та подальшого комерційного обігу на внутрішньому й зовнішньому ринках.

Впровадження у вітчизняне сортовипробування норм та стандартів, які відповідають міжнародним та європейським, сприятиме виконанню положень Конвенції UPOV, насамперед в частині обміну між державами, що є її учасницями, результатами експертизи.

## References

- Zakharchuk, O. V. (2009). *Theoretical, methodological and practical foundations of the functioning of the market of plant varieties*. Kyiv: Alefa. [In Ukrainian]
- Melnyk, S. I. (2019). Scientific and practical principles of the national varietal resources formation: current state and prospects. In *Theoretical analysis and natural science research in the XXI century* (pp. 141–157). Lviv; Torun: Liha-Pres. doi: 10.36059/978-966-397-187-2/141-157
- Concept of formation of national plant varietal resources for 2006–2011. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine 02.08.2005. No 302. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/19570403> [In Ukrainian]
- Association Agreement between the European Union and the European Atomic Energy Community and their member states, of the one part, and Ukraine, of the other part. Retrieved from [http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/984_011) [In Ukrainian]
- On the implementation of the Association Agreement between Ukraine, on the one hand, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their member states, on the other hand. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated October 25, 2017 No 1106. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/go/1106-2017-%D0%BF> [In Ukrainian]
- On Protection of Rights to Plant Varieties: Law of Ukraine of 21.04.1993 No. 3116-XII. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3116-12> [In Ukrainian]
- About seeds and planting material: Law of Ukraine No 411-IV of 26.12.2002. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/411-15#Text> [In Ukrainian]
- International Convention for the Protection of New Varieties of Plants. Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/go/995\\_856](https://zakon.rada.gov.ua/go/995_856) [In Ukrainian]
- The General Agreement on Tariffs and Trade (GATT). Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/go/995\\_264](https://zakon.rada.gov.ua/go/995_264) [In Ukrainian]
- Council Directive 2002/53/EC of 13 June 2002 on the common catalogue of varieties of agricultural plant species. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32002L0053>
- Council Regulation (EC) №2100/94 of 27 July 1994 on Community plant variety rights (OJ L 227 of 01.09.94, P. 1). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A31994R2100>
- On the accession of Ukraine to the International Convention for the Protection of New Varieties of Plants: Law of Ukraine dated June 2, 1995 No 209/95-BP. Retrieved from <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/209/95-%D0%B2%D1%80> [In Ukrainian]
- TGP/7 Development of test guidelines. Retrieved from [http://www.upov.int/edocs/tgpdocs/en/tgp\\_7.pdf](http://www.upov.int/edocs/tgpdocs/en/tgp_7.pdf)
- TGP/8 Trial design and techniques used in the examination of distinctness, uniformity and stability. Retrieved from [https://www.upov.int/edocs/tgpdocs/en/tgp\\_8.pdf](https://www.upov.int/edocs/tgpdocs/en/tgp_8.pdf)
- General introduction to the examination of distinctness uniformity and stability and the development of harmonized descriptions of new varieties of plants. Retrieved from [https://www.upov.int/publications/en/tg\\_rom/pdf/tg\\_1\\_3.pdf/](https://www.upov.int/publications/en/tg_rom/pdf/tg_1_3.pdf/)
- Yakubenko, N. B., Fediai, M. V., Lynchak, N. B., & Skoblikova, S. M. (2015). Plant varieties protection in the European Union: legal aspects. *Plant Varieties Studying and Protection*, 1–2, 94–100. doi: 10.21498/2518-1017.1-2(26-27).2015.55984 [In Ukrainian]
- Council Directive 2002/55/EC of 13 June 2002 on the marketing of vegetable seed. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32002L0055>.
- Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2023). *State Register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2023*. Kyiv. Retrieved from <https://sops.gov.ua/ua/derzavnij-reestr> [In Ukrainian]
- Zakharchuk, O. V., Vyshnevetska, O. V., Tkachyk, S. O., & Zavalniuk, O. I. (2023). State regulation of rights protection to plant varieties in Ukraine. *Science and Technology Today*, 11, 274–295. doi: 10.52058/2786-6025-2023-11(25)-274-295 [In Ukrainian]
- Plant Variety Protection Data and Statistics. Retrieved from <https://www.upov.int/databases/en>
- Zakharchuk, O., Matsyhora, T., Melnyk, S., Tkachyk, S., & Kovalov, S. (2024). Seed production system in Ukraine: Trends, challenges, and threats. *Scientific Horizons*, 27(3), 107–116. doi: 10.48077/scihor3.2024.107
- Tkachyk, S. O., Leschuk, N. V., & Prysiazhniuk, O. I. (2016). *Methodology for the qualification examination of plant varieties for suitability for dissemination in Ukraine* (4<sup>th</sup> ed., rev. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
- Agreement on trade aspects of intellectual property rights. Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/go/981\\_018](https://zakon.rada.gov.ua/go/981_018) [In Ukrainian]
- Guseinov, F. (2021). Good advice: how to bring extension services back into the agricultural production chain. *Agravery*. Retrieved from <https://agravery.com/uk/posts/show/vdalaporada-ak-povernuti-doradci-službi-u-lancug-agrovirobnictva> [In Ukrainian]
- Fediai, M. V. (2012). The scope of protection of plant varieties rights within the framework of the Law of Ukraine "On Protection of Plant Varieties Rights": perspectives of comparative analysis. *Plant Varieties Studying and Protection*, 1, 67–71. doi: 10.21498/2518-1017.1(15).2012.60226 [In Ukrainian]
- Janis, M. D., & Kesan, J. P. (2002). "U.S. Plant Variety Protection: Sound and Fury...?". *Houston Law Review*, 39, Article 727.
- Kravchuk, M. V. (2004). *The US legal system*. Kyiv: Nora-Druk. [In Ukrainian]



UDC 633:635, 631.52:631.526.32

Zakharchuk, O. V.<sup>1</sup>, Tkachyk, S. O.<sup>2\*</sup>, Syplyva, N. O.<sup>2</sup>, Holichenko N. B.<sup>2</sup>, Lynchak, N. B.<sup>2</sup>, & Kovalchuk, Ye. S.<sup>2</sup> (2024). Improvement of the practice of plant variety testing in Ukraine on the basis of international experience. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(2), 127–134. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.2.2024.304091>

<sup>1</sup>NSC "The Institute of Agrarian Economics", 10 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03127, Ukraine

<sup>2</sup>Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Horikhuvatskyi Shliakh St., Kyiv, 03041, Ukraine, \*e-mail: s-s-tk@ukr.net

**Purpose.** To study the problems of the system of variety testing in Ukraine, to study the ways and to justify the directions of its improvement, taking into account the practice of different countries. **Methods.** The researchers used general scientific methods including hypothesis, observation, search with elements of extrapolation from the source database, analysis, comparative evaluation and synthesis to draw conclusions. **Results.** The practices of variety testing in Ukraine, the United States of America and the countries of the European Union (the Kingdom of the Netherlands and the Republic of Poland) were studied. It has been noted that the EU Common Catalogue of Plant Varieties consists of varieties which were tested on a common basis and included in the national catalogues of the EU countries. For other countries (non-EU members) there are no special conditions for registration without examination. Registration is based on the results of official examinations carried out by national offices authorised by state authorities (bureaus). In order to conduct an examination to allow a variety to be marketed, a significant number of uniform criteria and minimum requirements must be established, taking into account international rules for certain provisions. The varieties listed in the EU General Catalogue are authorised for certification and sale as seed in all Member States of the European Community. At the same time, the United States has a different national system of distribution and registration, where state registration is not required for commercial distribution of varieties. Information about them and their value is the responsibility of the owner who conducts variety trials. This principle applies to both domestic companies and non-residents. In accordance with the requirements of the current

Law of Ukraine "On Protection of Rights to Plant Varieties", varieties registered in the EU and/or the USA can be marketed in Ukraine without a qualification examination. Also, there are no official post-registration studies for varieties accepted and distributed in Ukraine. However, the majority of varieties from domestic applicants are not registered in the EU and/or the US and are therefore subject to the requirement to undergo at least a two-year cycle of research to confirm their suitability for distribution in Ukraine. Such an interpretation of the conditions for registration of varieties in the territory of a Member State is contrary to the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV Convention), WTO requirements (GATT Agreement on Non-Discriminatory Trade Treatment), Article 6 of Council Directive 2002/53/EC, and violates the constitutional rights of domestic breeders, as it places national applicants and their varieties on an unequal competitive footing. **Conclusions.** The improvement of the national legislation, in particular the elimination of the simplified registration (without conducting official research in the soil and climatic zones of Ukraine), will make it possible to create a uniform approach and equal conditions for the commercial circulation of varieties and seed trade for domestic and foreign breeders. Without any alternative, Ukrainian norms and standards should not contradict those in force in the relevant international and European organisations. This will facilitate the fulfilment of the requirements for the exchange of examination results between the member states of the UPOV Convention.

**Keywords:** variety; qualification examination; post-registration study; applicant; seeds; variety owner; patent holder.

Надійшла / Received 18.03.2024

Погоджено до друку / Accepted 20.05.2024

# Українському інституту експертизи сортів рослин – 22 роки!

Відлік прожитих років починається з дати народження людини, а автобіографія складається з подій, що запам'яталися. В когось вона займає багато сторінок, у когось – менше, але всі разом як суспільство однієї держави – України – ми творимо на землі спільну справу.

Історія Українського інституту експертизи сортів рослин бере свій початок від 1 червня 2002 року – дати прийняття Постанови Кабінету Міністрів України №714. У розрізі часу 22 роки – можливо, й небагато, але зроблено за цей період чимало.

З Державного центру сертифікації, ідентифікації та якості сортів рослин заклад став Інститутом – бюджетною установою, яка багато разів підтвердила статус наукової та отримала державну цільову підтримку. У 2003 р. в Інституті започаткували бюлетень «Охорона прав на сорти рослин», який дотепер наповнюють і видають щомісячно.

У 2006 р. за активної участі УІЕСР відбулося приєднання України до Акта 1991 року Конвенції UPOV (Закон України «Про приєднання України до Міжнародної конвенції з охорони нових сортів рослин» від 2 серпня 2006 р. №60-V), що дало змогу охороняти

сорти всіх родів і видів рослин. Важливу роль відіграв Інститут і у приєднанні України до Схем сортової сертифікації насіння Міжнародної організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСД): зернових культур, кукурудзи та сорго – у 2009 р.; цукрового та кормового буряку, хрестоцвітних та інших олійних і прядивних культур – у 2020 році.

У 2010 р. УІЕСР визначено установою, яка здійснює ґрунтовий та лабораторний сортовий контроль для ботанічних таксонів, внесених до схем ОЕСД, учасником яких є наша держава. Велику вагу мала діяльність Інституту й для визнання Європейським Союзом еквівалентності системи сертифікації та насіння, виробленого в Україні (рішення Європейського парламенту від 7 жовтня 2020 року).

У 2022 р. на свою 20-ту річницю Український інститут експертизи сортів рослин пройшов державну атестацію Міністерства освіти та науки України як установа, що належить до другої кваліфікаційної групи (строком на 3 роки) і має державну підтримку.

29 вересня 2023 року організовано Міжнародну науково-практичну конференцію





«100-річчя формування національних сортових рослинних ресурсів», присвячену ювілею сортовипробування в нашій державі.

У структурі Інституту – 13 відділів та 21 філія (Луганська перебуває під окупацією); загалом понад 700 працівників забезпечують проведення науково-технічної експертизи сортів рослин; майже кожен третій науковий співробітник має науковий ступінь та вчене звання.

Щороку до кваліфікаційної експертизи сортів рослин приймають понад 1,5 тис. нових сортів та гібридів. Комплекс польових і лабораторних досліджень проводять філії УІЕСР.

З року в рік Інститут зміцнює матеріально-технічну базу як головної установи, так і своїх філій; забезпечує високий рівень проведення досліджень із використанням сучасного обладнання, інформаційних технологій та інноваційних розробок. За сприяння Мініс-

терства аграрної політики та продовольства України УІЕСР бере участь у донорських проектах, які дають змогу отримати передове технологічне устаткування.

Український інститут експертизи сортів рослин визнають і поважають; його співробітники оформляють свої досягнення та дослідження в наукових працях і публікаціях, беруть участь у міжнародних конференціях і тренінгах.

У 2021 р. УІЕСР став лауреатом рейтингу кращих підприємств України у сфері наукової діяльності, а колектив неодноразово отримував відзнаки Уряду та Міністерства аграрної політики та продовольства України.

Для багатьох Інститут став наче рідна домівка, тут вирости династії – на заміну працівникам, що вийшли на пенсію, прийшли їхні діти. Серед наукових співробітників установи є ті, хто працюють від самого її створення й донині. А саме: Іваницька Алла Петрівна, Шкляр Віктор Дем'янович, Стадніченко Ольга Анатоліївна, Ткачик Світлана Олександрівна, Лещук Надія Василівна, Чухлеб Лідія Іванівна, Таганцова Марина Миколаївна, Симоненко Наталія Володимирівна, Васківська Світлана Василівна, Киенко Зінаїда Богданівна, Папушой Людмила Іванівна, Михайлова Олена Миколаївна.

Звичайно, в історії УІЕСР були злети та падіння, відверті ігнорування й навіть намагання руйнації. Але колектив зумів здолати труднощі та підійти до 22-річчя установи, успішно виконуючи всі завдання, які в цей нелегкий час ставить перед ним Міністерство аграрної політики та продовольства України як компетентний орган у сфері охорони прав на сорти рослин.

Вітаю зі святом весь колектив Українського інституту експертизи сортів рослин! Дякую за працю та розум, вкладені в розвиток і процвітання нашої наукової установи, а також за змогу разом творити її історію! Низький уклін сортовипробувачам, які сьогодні захищають нас на фронті. Перемоги, миру і добра. Все буде Україна!

**Директор  
Українського інституту  
експертизи сортів рослин,  
доктор економічних наук, професор  
Сергій Мельник**

