

JOURNAL OF APPLIED RESEARCH Vol. 17, No 4 '2021

PLANT VARIETIES STUDYING

AND PROTECTION

PRINT ISSN 2518-1017
ONLINE ISSN 2518-7457

VARIETY STUDYING
AND VARIETY SCIENCE

GENETICS

PLANT PRODUCTION

DIGITAL TECHNOLOGIES
IN AGRONOMY
AND BIOLOGY

BREEDING AND SEED
PRODUCTION

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)

Н. В. Грюнвальд (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

З. Б. Києнко

Є. Л. Кордюм

В. М. Меженський

В. В. Моргун

О. І. Моргунов (Туреччина)

Л. М. Присяжнюк

О. І. Присяжнюк

О. І. Рибалка

В. М. Соколов

Б. В. Сорочинський

С. О. Ткачик

С. М. Хоменко

Л. В. Хотильова (Республіка Білорусь)

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.

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ 21882-11782ПР
від 23.02.2016 р.

За достовірність викладених
у публікаціях фактів відповідають
автори

Рекомендовано до друку
Вченою радою Українського інституту
експертизи сортів рослин
(Протокол № 16 від 24.12.2021)

Адреса редакційної колегії:

Український інститут
експертизи сортів рослин
вул. Генерала Родимцева, 15
м. Київ, Україна, 03041

<http://journal.sops.gov.ua/>
e-mail: journal@sops.gov.ua
тел.: +38 044 258-34-56

Наукові
редактори: Сорочинський Б. В.

Технічний редактор Половинчук О. Ю.
Комп'ютерне
верстання Бойко А. І.

Підписано до друку 29.12.2021
Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.
Ум.-др. арк.
Наклад 100 прим. Зам.

Друкарня
ТОВ «ТВОРИ»
вул. Немирівське шосе, 62а,
м. Вінниця, Україна, 21034
Тел.: 0(800) 33-00-90
e-mail: 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, 2021

© Селекційно-генетичний інститут –
Національний центр насіннєзнавства
та сортівивчення, 2021

© Інститут фізіології рослин і генетики
НАН України, 2021

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)

N. Hriunvald (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

Z. Kyienko

Y. Kordium

V. Mezhenskyi

V. Morhun

A. Morgunov (Turkey)

L. Prysiazhniuk

O. Prysiazhniuk

O. Rybalka

V. Sokolov

B. Sorochynskyi

S. Tkachyk

S. Khomenko

L. Khotylova (Republic of Belarus)

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

Founded in 2005

State registration certificate
KB 21882–11782П of 23.02.2016

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. 16, 24 December, 2021)

Editorial Board contacts:
Ukrainian Institute for Plant Variety
Examination

15 Henerala Rodymtseva St.,
03041 Kyiv, Ukraine

<http://journal.sops.gov.ua/>
e-mail: journal@sops.gov.ua
tel.: +38 044 258-34-56

Science
editors: B. V. Sorochynskyi

Technical editor O. Yu. Polovynchuk
Computer-aided
makeup A. I. Boyko

Signed to print 29.12.2021
Format 60×84 1/8. Offset Paper.
Conventional printed sheet.
100 numbers of copies.

Printing office
LLC «TVORY»
62a Nemyrivske shose St.
Vinnytsia, 21034 Ukraine
tel.: 0(800) 33-00-90
e-mail: 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, 2021

© Plant Breeding & Genetics Institute –
National Center of Seeds and Cultivar
Investigation, 2021

© Institute of Plant Physiology and
Genetics, National Academy of Sciences
of Ukraine, 2021

ЗМІСТ

СОРТОВИВЧЕННЯ ТА СОРТОЗНАВСТВО

Кучер І. О.

Адаптивна мінливість сортів васильків справжніх (*Ocimum basilicum* L.)

Рахметов Д. Б., Шиманська О. В., Бондарчук О. П., Вергун О. М., Корабльова О. А., Рахметова С. О., Фіщенко В. В.

Продуктивність сортів рослин видів роду *Galega* L. у Правобережному Лісостепу України

Котюк Л. А., Трофімова Г. В.

Особливості введення в культуру *Lavandula vera* D.C. в Центральному Поліссі України

ГЕНЕТИКА

Бабич В. О., Боровська І. Ю., Шарипіна Я. Ю., Парій Я. Ф., Симоненко Ю. В.

Адаптивність гібридів F_1 соняшника, створених за комплексною системою добору ліній з господарсько-цінними ознаками, у різних агрокліматичних зонах

РОСЛИННИЦТВО

Лешчук Н. В., Башкатова О. П., Симоненко Н. В., Дидів О. Й.

Екологічна пластичність сортів салату посівного (*Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish) у Західному Лісостепу України

Войтовська В. І., Сторожик Л. І., Любич В. В., Романов С. М.

Уміст амінокислот у зерні різних сортів гороху озимого та продуктах його перероблення

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОНОМІЇ ТА БІОЛОГІЇ

Орленко Н. С., Якобчук О. В., Мажуга К. М., Шкапенко Є. А.

Інтеграція інформаційних систем, що використовуються в процесі охорони прав на сорти рослин

CONTENTS

VARIETY STUDYING AND VARIETY SCIENCE

Kucher I. O.

267 Adaptive variability of basil (*Ocimum basilicum* L.) varieties

Rakhmetov D. B., Shymanska O. V., Bondarchuk O. P., Vergun O. M., Korablova O. A., Rakhmetova S. O., Fishchenko V. V.

274 Productivity of plant varieties of species of the genus *Galega* L. in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Kotyuk L. A., Trofimova A. V.

282 Peculiarities of introduction of *Lavandula vera* D.C. into the culture in the Central Polissia of Ukraine

GENETICS

Babych V. O., Borovska I. Yu., Sharypina Ya. Yu., Parii Ya. F., Symonenko Yu. V.

290 Adaptability of F_1 sunflower hybrids, created according to an integrated system of line selection for economically valuable traits in various agroclimatic zones

PLANT PRODUCTION

Leshchuk N. V., Bashkatova O. P., Symonenko N. V., Dydiv O. Y.

305 Ecological plasticity of lettuce varieties (*Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish) in the Western Forest-Steppe of Ukraine

Voitovska V. I., Storozhyk L. I., Liubych V. V., Romanov S. M.

312 Amino acid content in grain of different winter pea varieties and products of its processing

DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGRONOMY AND BIOLOGY

Orlenko N. S., Yakobchuk O. V., Mazhuha K. M., Shkapenko Ye. A.

319 Features of integration of information systems in the field of protection of plant variety rights

СЕЛЕКЦІЯ ТА НАСІННИЦТВО

Яценко В. В., Полторецький С. П., Яценко А. О.
Агробіологічне оцінювання колекційних сортів
сої овочевої в умовах Лісостепу України

**Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Лисенко А. А.,
Худолій Л. В., Бабенко А. І., Мандровська С. М.**
Рівень прояву та варіабельність кількості зерен
у колосі ячменю ярого

BREEDING AND SEED PRODUCTION

Yatsenko V. V., Poltoretskyi S. P., Yatsenko A. O.
327 Agrobiological evaluation of collection of vegetable
soybean varieties in the Forest-Steppe of Ukraine

**Hudzenko V. M., Polishchuk T. P., Lysenko A. A.,
Khudolii L. V., Babenko A. I., Mandrovska S. M.**
335 Level of manifestation and variability
of grain number per spike in spring barley

Adaptive variability of basil (*Ocimum basilicum* L.) varieties

I. O. Kucher

Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska St., Uman, Cherkasy region, 20305, Ukraine,
e-mail: inna.kucher95@gmail.com

Purpose of the research was to estimate the state of varietal resources and adaptive-and-productive potential of basil plants. **Methods.** Field, laboratory, statistical and calculation-analytical. The field work included marking out of the experimental plot and field work. The laboratory method was used to analyze plants, assess the quality of the crop, and study physical, chemical and microbiological properties of the soil. Statistical and analytical calculation methods were used to calculate the results. **Results.** The varieties of 'Temnyi Opal', 'MFI-2', 'Siaivo' and 'Badioryi' where the regression coefficient was in the range of 0.57–0.78 can be included to the group of highly plastic varieties by the "commodity yield" feature according to the results of research. The highest rate of breeding value by the "plant weight" trait was observed in the variety of 'Temnyi Opal', $Sc = 347.22$. The group of highly plastic varieties on the basis of "plant weight" trait included the varieties 'Mister Barns', 'MFI-2', 'Rutan', 'Siaivo' and 'Badioryi', where the regression coefficient was in the range of 0.91–0.99. The varieties 'Temnyi Opal', 'Yerevanskyi', 'Ametyst' and 'Lymonnyi Aromat' were classified as intensive. The regression coefficient of these varieties was in the range of 1.03–1.16. The analysis of the combination of high productivity, quantitative characteristics of the crop structure with the level of ecological plasticity and stability indicates different ways of these indicators formation in separate varieties. It was revealed that a high level of plasticity and yield stability did not guarantee a similar result on some quantitative features of its structure. **Conclusions.** The degree of adaptability of basil varieties can also be assessed by the value of the parameters of features variation. The obtained results will allow more objectively assessing the adaptive-and-productive potential of varieties and qualitatively selecting initial forms for further breeding for adaptability.

Keywords: adaptive ability; stability; plasticity; morphometric parameters; yielding capacity.

Introduction

The rate of consumption of spicy-aromatic vegetables per year per person in Ukraine should be 1.7 kg [1]. According to other data, in the average annual norm of vegetable consumption of 161 kg per capita, the share of spicy-aromatic vegetables should be about 2.4 kg, including about 1.0 kg in the off-season period [2]. Other authors also support the consumption rate of 1.7 kg per year, including 0.4 kg from greenhouses [3]. At the advice of the medical doctor, a person should consume 2 kg of spicy-aromatic vegetables per year, of which 1.5 kg should be grown in open ground, and 0.5 kg in greenhouses [4].

In view of the prospects of using and the efficiency of cultivation, basil (*Ocimum basilicum* L.) deserves special attention, although

now its plantings are very few [5]. Cultivation of the genus *Ocimum* L. is growing all over the world due to its pharmaceutical and nutraceutical value, as well as easy adaptation to different soil and climatic conditions [6].

An important feature of basil is their unpretentiousness to agro-climatic growing conditions. However, basil in Ukraine occupy insignificant areas. Usually they are grown by amateurs and certain processing enterprises [7]. In recent years, there has been a positive trend towards an increase in the species and varietal composition of basil to fill the market with their own high-quality plant raw materials and products [8]. Extension of the existing assortment of basil is constrained by insufficient knowledge of varietal diversity, the biology of new and less common varieties, and the lack of the required amount of seed and planting material [9].

Therefore, the analysis of the prospects for basil species growing, the study of their varietal diversity is relevant and important both

Inna Kucher
<https://orcid.org/0000-0002-2864-5252>

for the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, since this soil-climatic zone is one of the most promising for growing aromatic plants, and for Ukraine as a whole.

The aim of the research was a comprehensive assessment of the state of varietal resources and the potential of basil in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Materials and methods

The research was conducted in 2019–2021 on the experimental field of Uman National University of Horticulture. The relief of the experimental field was flat with a slope in the southern direction. The soil of the experimental plot is chernozem podzolic hard loam with a well-developed humus horizon (about 3%). The following varieties of basil were studied: 'Badioryi', 'Temnyi Opal', 'Yerevanskyi', 'Ametyst', 'Mister Barns', 'Lymonnyi Aromat', 'MFI-2', 'Rutan', 'Siaivo'. 'Badioryi' variety served as a control, as at the time of the research it was the most tested and for the longest time was in the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine. Varieties 'Badioryi', 'Siaivo' and 'Rutan' are included in the Register of Plant Varieties of Ukraine. The originator of 'Badioryi' variety is «Nasko» agricultural company; «Maiak» Experimental Station of the Institute of Vegetable and Melon Growing is the originator of 'Rutan' and 'Siaivo' varieties. Given biometric parameters of basil plants were studied: plant height, leaf area, number of leaves, number of first order tillers. A randomized field experiment was conducted. The experiment was performed in four repetitions. The experimental plot measured 10 m², with 67 basil plants on it. The cassette method of growing seedlings was used with a cell size of 6 × 6 cm. Seedlings were planted with a spacing of 50 × 30 cm. Morphological parameters were measured in 40 marked plants, 10 plants in repetition.

Statistical processing of results. Mathematical processing was carried out by the method of dispersion analysis. The coefficient of linear regression of the yield of a variety shows its response to changing growing conditions. The higher was the value of the coefficient (*bi*), the better was the response of the variety. In the case of *bi* < 1, the variety reacted poorly to changing environmental conditions. When *bi* = 1, there was a complete correspondence between the change in the yield of the variety in accordance with the change in growing conditions [10].

The total homeostaticity of varieties (H_{om}) was calculated according to the method of V. V. Khangildin [11, 12].

The variation of the yield trait (H_{om}) was determined by the formula:

$$H_{om} = \frac{\bar{X}^2}{\sigma}, \quad (1)$$

Where

$\bar{X}$ – arithmetic mean value of the feature;

σ – generalized standard deviation.

Breeding value of the variety:

$$(S_c) = \bar{X} \times \frac{\bar{X}_{lim}}{\bar{X}_{opt}} \quad (2)$$

$\bar{X}$ – arithmetic mean value of the feature;

$\bar{X}_{lim}$ – arithmetic mean limited;

$\bar{X}_{opt}$ – arithmetic mean is optimal.

Multiplication coefficient (MC). In order to avoid a linear artifact of the regression coefficient, V. A. Dragavtsev introduced a new parameter in 1981 – the multiplication coefficient, which allows comparing the variability of a trait [13]. The higher the numerical value of this coefficient, the more the sign changes:

$$MC = \frac{X_i + bi \times yi}{x_i} \quad (3)$$

Where:

x_i – average value of the studied trait in the *i* variety;

bi – coefficient of linear regression of the *i*-variety;

yi – average value for all averages for all varieties *yi* for each *j* point of the experiment.

Index of ecological plasticity (according to the method of A. O. Gryaznov):

$$IEP = \frac{\left(\frac{YB_1}{CYO_1} \frac{YB_2}{CYO_2} + \dots + \frac{YB_n}{CYO_n} \right)}{n} \quad (4)$$

YB_1, YB_2, YB_n are the value of the trait in the variety in different years of testing;

CYO_1, CYO_2, CYO_n are the average value of variety trait for each of the variants of the experiment [14].

To determine the adaptive capacity, the variety coefficient of adaptability (CA) was used.

The annual coefficient of adaptability (CA) was calculated using the formula [15]:

$$CA = (X_{ij} \times 100 : X) : 100, \quad (5)$$

where:

X_{ij} – characteristic of a certain variety in the year of testing; X – average varietal value of the trait in a particular year.

The absolute average coefficient of adaptability (CAA) was calculated for the variety by the formula:

$$CAA = (X_i C) \times 100 : X_b : 100 \quad (6)$$

where:

$X_i C$ – average value of the variety trait over the years of testing; X_b – long-term average varietal value of the trait.

Stress resistance and compensatory ability of varieties were determined according to A. A. Rossielle and S. Hemblin [16]:

$$SR = Y_{min} - Y_{max} \quad (7)$$

$$CA = \frac{Y_{min} - Y_{max}}{2} \quad (8)$$

where:

Y_{min}, Y_{max} – the minimum and maximum value of the variety trait.

The coefficient of variation is a relative value that serves to characterize the dispersion (variability) of a trait. It is the ratio of the standard deviation SD to the arithmetic mean, expressed as a percentage:

$$CV = \frac{SD}{\bar{X}} \quad (9)$$

The coefficient of variation is used when it is necessary to compare the variability of the features of an object, expressed in different units of measurement [17]. It has meaning exclusively for quantities measured in ratio scales:

$CV < 10\%$ – weak variation;

$CV 11-25\%$ – average;

$CV > 25\%$ – significant.

Statistical processing of the obtained results was performed with the calculation of the arithmetic mean ($\bar{x}$) of the standard deviation (SD), calculated using Microsoft Excel 2016.

Results and discussion

Such morphological features of basils as plant height, leaf area and bush density not on-

ly have a direct impact on crop productivity, but are also used in breeding to create varieties suitable for mechanized harvesting (the higher and denser the bush, the greater its suitability for high-quality mechanized harvesting). For some crops, including basils, a compact (compressed) type of bush branching is preferable, which facilitates inter-row cultivation [18]. Low-growing plants can be used in breeding to create ornamental varieties and varieties intended for growing in confined spaces. Medium-sized and low-growing basil varieties also have greater resistance to lodging, which can be used in breeding for this trait [19].

The dynamics of growth and development of basils (plant height, leaf area, number of leaves and number of first order tillers) at different stages is characterized by the data presented in Table 1. According to the results of the studies, plant height was the least variable sign. All the studied varieties were characterized by low variability of the trait; their indicator was at the level of 3–9%. In general, the intervarietal variation for this trait was 19%, indicating medium variability.

On the basis of the leaf area, the varieties ‘Ametyst’, ‘Yerevanskyi’ and ‘Temnyi Opal’ turned out to be slightly changing, which had an indicator in the range of 6–10%. Varieties ‘Badioryi’, ‘Mister Barns’, ‘Lymonnyi Aromat’, ‘MFI-2’, ‘Rutan’ and ‘Siaivo’ were moderately changing, where the coefficient of variation was in the range of 11–24%.

In terms of the leaf number, differences were noted between the varieties ‘Badioryi’, ‘Temnyi Opal’, ‘Ametyst’ and ‘Siaivo’, which were within 21–24%, what indicates the average variability of the trait. Varieties ‘Yerevanskyi’, ‘Mister Barns’, ‘Lymonnyi Aromat’, ‘MFI-2’ and ‘Rutan’ were characterized by strong variability

Table 1

Morphometric indicators of basil varieties and the degree of their variability
(mean for 2019–2021)

Variety	Plant height, cm		Leaf area, cm ²		Number of leaves, pcs.		Number of first order tillers, pcs.	
	$\bar{x} \pm Sd$	CV, %	$\bar{x} \pm Sd$	CV, %	$\bar{x} \pm Sd$	CV, %	$\bar{x} \pm Sd$	CV, %
‘Badioryi’*	58.2±1.7	3	17.78±2.0	12	277.83±58.3	21	9.99±1.63	16
‘Temnyi Opal’	59.4±1.6	3	26.69±2.3	9	301.81±73.2	24	10.66±0.95	9
‘Yerevanskyi’	46.6±2.5	6	22.69±2.1	10	231.19±69.4	30	9.33±0.94	10
‘Ametyst’	35.8±2.9	8	20.40±1.2	6	186.55±45.2	24	6.71±1.00	15
‘Mister Barns’	37.5±2.3	6	14.47±2.2	16	201.21±55.8	27	6.66±0.94	14
‘Lymonnyi Aromat’	36.3±3.2	9	14.10±2.7	19	200.87±56.2	28	6.66±0.94	14
‘MFI-2’	39.0±1.8	5	16.87±3.9	24	220.86±63.7	29	7.33±0.94	13
‘Rutan’	44.5±3.6	8	25.06±2.7	11	247.85±64.6	26	8.00±1.63	20
‘Siaivo’	53.0±2.3	4	22.43±2.95	13	258.84±62.8	24	8.66±0.94	11
Xmed.	45.6		20.1		236.7		8.2	
SD	8.80		4.27		36.03		1.43	
CV, %	19		21		15		17	

(CV = 26–30%). The most stable varieties ‘Temnyi Opal’, ‘Ametyst’ and ‘Siaivo’, with the coefficient of variation of 24% were among them.

According to the trait, the number of first order tillers ‘Temnyi Opal’ and ‘Yerevanskyi’ varieties, with the indicator of 9 and 10%, turned out to be slightly changing. Other varieties were characterized by medium variability and were at the level of 11–20%.

As a result of the analysis, the group of highly plastic varieties included: ‘Mister Barns’, ‘MFI-2’, ‘Rutan’, ‘Siaivo’ and ‘Badioryi’, where the regression coefficient was in the range of 0.91–0.99. Varieties ‘Temnyi Opal’, ‘Yerevanskyi’, ‘Ametyst’ and ‘Lymonnyi Aromat’ were classified as intensive, their regression coefficient was in the range of 1.03–1.16 (Table 2).

Table 2

**Parameters of adaptability of basil varieties depending on plant weight
(mean for 2019–2021)**

Variety	Xmed.	bi	Hom	Sc	MC	IEP	SR	CA
‘Badioryi’*	303.4	0.95	1206.11	336.64	1.84	1.14	–146.59	320.14
‘Temnyi Opal’	312.9	1.04	1283.11	347.22	1.89	1.17	–159.20	332.44
‘Yerevanskyi’	243.8	1.06	778.83	270.52	2.17	0.90	–160.70	265.23
‘Ametyst’	207.2	1.03	562.47	229.89	2.34	0.76	–158.80	226.31
‘Mister Barns’	279.4	0.91	1023.11	310.05	1.87	1.05	–141.66	294.69
‘Lymonnyi Aromat’	226.5	1.16	672.12	251.30	2.38	0.82	–177.71	248.75
‘MFI-2’	298.0	0.93	1164.16	330.73	1.83	1.12	–145.61	312.65
‘Rutan’	263.4	0.99	909.40	292.32	2.01	0.98	–152.67	281.21
‘Siaivo’	282.7	0.93	1047.62	313.75	1.88	1.06	–149.65	294.69

*Xmed. – mean value on the basis of plants; bi – coefficient of linear regression of the variety; Hom – general homeostaticity of the variety; SC – breeding value of the variety; MC – multiplication coefficient; IEP – index of ecological plasticity; SR – stress resistance; CA – compensatory ability of varieties.

Medium-plastic varieties were not revealed during the research. Varieties ‘Temnyi Opal’ (Hom – 1283.11; Sc – 347.22), ‘MFI-2’ (Hom – 1164.16; Sc – 330.73), were characterized by high homeostaticity (Hom) and breeding value (Sc); variety ‘Badioryi’ also had a high homeostasis (Hom – 1206.11; Sc – 336.64). The highest value of breeding value was noted in variety ‘Temnyi Opal’ – 347.22, which was significantly higher than the control and other studied varieties. The coefficient of adaptive capacity over the years of research in basil cultivars varied slightly (Table 3).

Table 3

**Coefficient of adaptability of basil varieties based
on plant weight (2019–2021)**

Variety	Annual coefficient of adaptability			Absolute coefficient of adaptability (CAA)
	2019	2020	2021	
‘Temnyi Opal’	1.17	1.21	1.13	1.16
‘Yerevanskyi’	0.86	0.89	0.95	0.91
‘Ametyst’	0.72	0.70	0.84	0.77
‘Mister Barns’	1.07	1.07	1.01	1.04
‘Lymonnyi Aromat’	0.78	0.77	0.93	0.84
‘MFI-2’	1.15	1.15	1.06	1.11
‘Rutan’	0.98	0.98	0.98	0.98
‘Siaivo’	1.11	1.05	1.02	1.05
‘Badioryi’*	1.16	1.18	1.08	1.13

So, on average, over the years of research, the most adaptive varieties were ‘MFI-2’ (CAA

= 1.11), ‘Badioryi’ (CAA = 1.13), ‘Temnyi Opal’ (CAA = 1.16).

Varieties ‘Yerevanskyi’, ‘Mister Barns’, ‘Rutan’ and ‘Siaivo’ were characterized as moderately adaptive and had an index in the range of 0.91–1.05. Varieties ‘Ametyst’ and ‘Lymonnyi Aromat’ proved to be low adaptive (CAA = 0.77–0.84).

As a result of statistical analysis, the group of highly plastic varieties included: ‘Temnyi Opal’, ‘MFI-2’, ‘Siaivo’ and ‘Badioryi’, where the regression coefficient was in the range of 0.57–0.78. Intensive varieties include: ‘Yerevanskyi’, ‘Ametyst’, ‘Mister Barns’, ‘Lymonnyi Aromat’ and ‘Rutan’, where the regression coefficient was in the range of 1.07–1.54. These varieties respond well to improved environmental conditions, so they are best used in intensive growing technologies that provide maximum early production. Medium-plastic varieties were not identified during the research (Table 4).

Varieties ‘Temnyi Opal’ (Hom – 96.23; Sc – 18.02), ‘MFI-2’ (Hom – 83.67; Sc – 16.80) were characterized by high homeostaticity (Hom) and breeding value (Sc). Variety ‘Badioryi’ also had a high homeostaticity (Hom – 89.55; Sc – 17.38). The highest value of breeding value was noted in ‘Temnyi opal’ variety – 18.02, which was significantly higher than the control and other studied varieties. On

Table 4

**Parameters of adaptability of basils depending on the variety
in terms of their marketable yield (mean for 2019–2021)**

Variety	Xmed.	bi	Hom	Sc	MC	IEP	SR	CA
'Badioryi'*	15.3	0.57	89.55	17.38	1.49	1.18	–2.27	15.43
'Temnyi Opal'	15.9	0.66	96.23	18.02	1.54	1.22	–2.55	16.08
'Yerevanskyi'	11.9	1.14	54.48	13.56	2.25	0.91	–4.25	12.43
'Ametyst'	9.7	1.38	36.07	11.03	2.85	0.74	–5.07	10.34
'Mister Barns'	12.9	1.07	63.94	14.69	2.08	0.99	–3.99	13.40
'Lymonnyi Aromat'	10.7	1.54	43.44	12.11	2.88	0.81	–5.62	11.41
'MFI-2'	14.8	0.66	83.67	16.80	1.59	1.14	–2.73	14.87
'Rutan'	12.4	1.19	58.51	14.05	2.26	0.95	–4.56	12.78
'Siaivo'	13.8	0.78	72.50	15.64	1.74	1.06	–2.96	14.08

average, over the years of research, the most adaptive varieties were 'MFI-2' (CAA = 1.13), 'Badioryi' (CAA = 1.17), 'Temnyi Opal' (CAA = 1.22). Varieties 'Yerevanskyi', 'Mister Barns', 'Rutan' and 'Siaivo' were characterized as medium adaptive and had an index in the range of 0.92–1.06. Varieties 'Ametyst' and 'Lymonnyi Aromat' proved to be low adaptive (CAA = 0.74–0.82) (Table 5).

Table 5

**Coefficient of adaptability of basil varieties
based on marketable yield (2019–2021)**

Variety	Annual coefficient of adaptability			Absolute coefficient of adaptability (CAA)
	2019	2020	2021	
'Badioryi'*	1.23	1.24	1.08	1.17
'Temnyi Opal'	1.26	1.28	1.13	1.22
'Yerevanskyi'	0.89	0.89	0.95	0.92
'Ametyst'	0.69	0.68	0.84	0.74
'Mister Barns'	0.98	0.99	1.01	0.99
'Lymonnyi Aromat'	0.75	0.75	0.93	0.82
'MFI-2'	1.19	1.17	1.06	1.13
'Rutan'	0.94	0.91	0.98	0.95
'Siaivo'	1.07	1.09	1.02	1.06

Conclusions

The study of productivity, variability of morphometric parameters, adaptive properties of basil varieties made it possible to identify the best of them for the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. According to the results of the research, the following varieties can be attributed to the group of highly plastic ones on the basis of «commercial yield» trait: 'Temnyi Opal', 'MFI-2', 'Siaivo' and 'Badioryi', for which the regression coefficient was in the range of 0.57–0.78. Varieties 'MFI-2' (CAA = 1.11), 'Badioryi' (CAA = 1.13), 'Temnyi Opal' (CAA = 1.16) turned out to be the most adaptive based on the trait «plant weight»; varieties 'Badioryi' (CAA = 1.17), 'Temnyi Opal' (CAA = 1.16), and 'MFI-2' (CAA = 1.13) – according to the trait «com-

mercial yield». An analysis of the combination of high productivity, quantitative characteristics of the crop structure with the level of ecological plasticity and stability indicates different ways of forming these indicators in individual varieties. It was revealed that a high level of plasticity and yield stability does not give a similar result in terms of individual quantitative characteristics of its structure.

References

1. Teliban, G., Stoleru, V., Marian, B., Andrei, L., Munteanu, N., Popa, L., & Caruso, G. (2020). Biochemical, Physiological and Yield Characteristics of Red Basil as Affected by Cultivar and Fertilization. *Agriculture*, 10, Article 48. doi: 10.3390/agriculture10020048
2. Cavar Zeljkovic, S., Komzaková, K., Šišková, J., Karalija, E., Smealova, K., & Tarkowski, P. (2020). Phytochemical variability of selected basil genotypes. *Industrial Crops and Products*, 157, Article 112910. doi: 10.1016/j.indcrop.2020.112910
3. Ulianych, O., Kucher, I., & Rudiuk, V. (2020). Term of cultivation of cassette seedlings of cornflowers real. In *Nauka, tendentsii ta perspektyvy ovochivnytstva v Ukraini: VIII Vseukrainska naukovo-praktychna internet-konferentsiia* [Science, trends and prospects of vegetable growing in Ukraine: VIII All-Ukrainian scientific-practical Internet-conference] (pp. 18–20). Uman: N. p. [in Ukrainian]
4. Marian, B., Jeliakzov, V., Dincheva, I., Andrei, L., & Teliban, G. (2018). Fertilization modifies the essential oil and physiology of basil varieties. *Industrial Crops and Products*, 121, 282–293. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.05.021
5. Dzida, K. (2010). Biological value and essential oil content in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on calcium fertilization and cultivar. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 9(4), 153–161.
6. Mahmoudi, H., Marzouki, M., Mrabet, Y., Mezni, M., Ait Ouazou, A., & Hosni, K. (2020). Enzyme pretreatment improves the recovery of bioactive phytochemicals from sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves and their hydrodistilled residue by-products, and potentiates their biological activities. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(8), 6451–6460. doi: 10.1016/j.arab-jc.2020.06.003
7. Shirazi, M., Gholami, H., Kavousi, G., Rowshan, V., & Tafsiry, A. (2014). Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of *Tagetes minuta* and *Ocimum basilicum* essential oils. *Food Science & Nutrition*, 2(2), 146–155. doi: 10.1002/fsn.3.85
8. Saude, C., Westerveld, S., Filotas, M., & McDonald, M. (2013). Comparison of basil varieties and fungicides for management of basil downy mildew in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 35, 124–124.

9. Kucher, I., Ulianich, O., & Yatsenko, V. (2021). Efficiency of application of different forms of superabsorbents in crops of basil. *Scientific Horizons*, 24(1), 45–53. doi: 10.48077/sci-hor.24(1).2021.45-53
 10. Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1), 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
 11. Khangildin, V. V. (1978). On the principles of modeling varieties of intensive type. In *Genetika kachestvennykh priznakov sel'skohozyaystvennykh rasteniy* [Genetics of qualitative traits of agricultural plants] (pp. 111–116). Moscow: Nauka. [in Russian]
 12. Khangildin, V. V. (1984). Problems of breeding for homeostasis and problems of the theory of the breeding process in plants. In *Seleksiya, semenovodstvo i sortovaya agrotehnika v Bashkirii* [Selection, seed production and varietal agricultural technology in Bashkiria] (pp. 111–116). Ufa: N. p. [in Russian]
 13. Dragavtsev, V. A., Tsilke, V. A., & Reiter, B. G. (1984). *Genetika priznakov produktivnosti yarovoy pshenitsy v Zapadnoy Sibiri* [Genetics of productivity traits of spring wheat in Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka. [in Russian]
 14. Gryaznov, A. A. (1996). *Karabal'skiy yachmen* [Karabal barley]. Kustanay: Pechatnyy dvor. [in Russian]
 15. Zhivotkov, L. A., Morozova, Z. A., & Sekatyeva, L. I. (1994). Methods for identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of yield. *Seleksiya i semenovodstvo* [Plant Breeding and Seed Production], 2, 3–6. [in Russian]
 16. Rossielle, A. A., & Hemblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21(6), 27–29. doi: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
 17. Gorova, T. K., & Yakovenko, K. I. (Eds.). (2001). *Suchasni metody seleksii ovochevykh i bаштанnykh kultur* [Modern methods of selection of vegetable and melon crops]. Kharkiv: Osnova. [in Ukrainian]
 18. Chisnicean, L. (2019). Some results selection of basil (*Ocimum basilicum* L.) in the conditions of the republic of Moldova. *Ovoshchi Rossii* [Vegetable Crops of Russia], 3, 18–20. doi: 10.18619/2072-9146-2019-3-18-20 [in Russian]
 19. Sachivko, T. V. (2014). *Otsenka iskhodnogo materiala bazilika (Ocimum L.) i ego ispol'zovanie v seleksii* [Evaluation of the source material of the basil (*Ocimum* L.) and its use in breeding] (Cand. Agric. Sci. Diss.). Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus. [in Russian]
- Використана література**
1. Teliban G., Stoleru V., Marian B. et al. Biochemical, Physiological and Yield Characteristics of Red Basil as Affected by Cultivar and Fertilization. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, Iss. 2. 48. doi: 10.3390/agriculture10020048
 2. Cavar Zeljkovic S., Komzaková K., Šišková J. et al. Phytochemical variability of selected basil genotypes. *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 157. 112910. doi: 10.1016/j.indcrop.2020.112910
 3. Улянич О. І., Кучер І. О., Рудюк В. М. Строк вирощування касетної розсади васильків справжніх. *Наука, тенденції та перспективи овочівництва в Україні : VIII Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція* (м. Умань, 12 червня 2020 р.). Умань, 2020. С. 18–20.
 4. Marian B., Jeliakov V., Dincheva I. et al. Fertilization modifies the essential oil and physiology of basil varieties. *Industrial Crops and Products*. 2018. Vol. 121. P. 282–293. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.05.021
 5. Dzida K. Biological value and essential oil content in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on calcium fertilization and cultivar. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2010. Vol 9, Iss. 4. P. 153–161.
 6. Mahmoudi H., Marzouki M., Mrabet Y. et al. Enzyme pretreatment improves the recovery of bioactive phytochemicals from sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves and their hydrodistilled residue by-products, and potentiates their biological activities. *Arabian Journal of Chemistry*. 2020. Vol. 13, Iss. 8. P. 6451–6460. doi: 10.1016/j.arabjc.2020.06.003
 7. Shirazi M. T., Gholami H., Kavooi G. et al. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of *Tagetes minuta* and *Ocimum basilicum* essential oils. *Food Science & Nutrition*. 2014. Vol. 2, Iss. 2. P. 146–155. doi: 10.1002/fsn3.85
 8. Saude C., Westerveld S., Filotas M. et al. Comparison of basil varieties and fungicides for management of basil downy mildew in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2013. Vol. 35. P. 124–124.
 9. Kucher I., Ulianich O., Yatsenko V. Efficiency of application of different forms of superabsorbents in crops of basil. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, Iss. 1. P. 45–53. doi: 10.48077/sci-hor.24(1).2021.45-53
 10. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966 Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
 11. Хангильдин В. В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа. *Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений*. Москва : Наука, 1978. С. 111–116.
 12. Хангильдин В. В. Проблемы селекции на гомеостаз и вопросы теории селекционного процесса у растений. *Селекция, семеноводство и сортовая агротехника в Башкирии*. Уфа, 1984. С. 102–123.
 13. Драгавцев В. А., Цильке В. А., Рейтер Б. Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1984. 229 с.
 14. Грязнов А. А. Карабальский ячмень. Кустанай : Печат. двор, 1996. 448 с.
 15. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности. *Селекция и семеноводство*. 1994. № 2. С. 3–6.
 16. Rossielle A. A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981. Vol. 21, Iss. 6. P. 27–29. doi: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
 17. Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур / Т. К. Горова, К. І. Яковенко. Харків : Основа, 2001. С. 287–302.
 18. Кисничан Л. Некоторые результаты селекции базилика (*Ocimum basilicum* L.) в условиях республики Молдова. *Овощи России*. 2019. № 3. С. 18–20. doi: 10.18619/2072-9146-2019-3-18-20
 19. Сачивко Т. В. Оценка исходного материала базилика (*Ocimum* L.) и его использование в селекции : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Белорус. гос. с.-х. акад. Горки, 2014. 143 с.

УДК 631.526.1/8:262:635.71(477.46)

Кучер І. О. Адаптивна мінливість сортів васильків справжніх (*Ocimum basilicum* L.). *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 4. С. 267–273. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.248975>

Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20301, Україна, e-mail: inna.kucher95@gmail.com

Мета. Оцінювання стану сортових ресурсів і адаптивно-продуктивного потенціалу рослин васильків справжніх (базиліку). **Методи.** Польові, лабораторні, статистичні і розрахунково-аналітичні. До польових належали розбивка дослідної ділянки та польові роботи. Лабораторний метод застосовували для аналізу рослин, оцінювання якості врожаю, дослідження фізичних, хімічних та мікробіологічних властивостей ґрунту. Статистичним та розрахунково-аналітичним методами обчислювали результати. **Результати.** За результатами досліджень до групи високопластичних сортів за ознакою «товарна врожайність» було віднесено сорти 'Темний опал', 'МФІ-2', 'Сяйво' та 'Бадьорій', де коефіцієнт регресії був у межах 0,57–0,78. Найвище значення селекційної цінності за ознакою «маса рослин» було відзначено у сорту 'Темний опал', $S_c = 347,22$. До групи високопластичних сортів за ознакою «маса рослин» було віднесено сорти 'Містер Барнс', 'МФІ-2', 'Рутан', 'Сяйво' та 'Бадьорій', для яких коефіцієнт

регресії був у межах 0,91–0,99. До інтенсивних віднесли сорти 'Темний опал', 'Єреванський', 'Аметист' та 'Лимонний аромат'. Показник коефіцієнту регресії для цих сортів знаходився у межах 1,03–1,16. Аналіз поєднання високої продуктивності, кількісних ознак структури врожаю з рівнем екологічної пластичності та стабільності свідчить про різні шляхи формування цих показників окремих сортів. Встановлено, що високий рівень пластичності та стабільності врожайності не гарантує аналогічного результату за окремими кількісними ознаками його структури. **Висновки.** За величиною параметрів варіювання ознак можна оцінювати ступінь адаптивності сортів васильків справжніх. Отримані результати дозволять об'єктивно оцінити адаптивно-продуктивний потенціал сортів та якісно провести добір вихідних форм для подальшої селекції на адаптивність.

Ключові слова: адаптивна здатність; стабільність; пластичність; морфометричні показники; урожайність.

Надійшла / Received 26.10.2021
Погоджено до друку / Accepted 23.11.2021

Продуктивність сортів рослин видів роду *Galega* L. у Правобережному Лісостепу України

Д. Б. Рахметов, О. В. Шиманська*, О. П. Бондарчук, О. М. Вергун,
О. А. Корабльова, С. О. Рахметова, В. В. Фіщенко

Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка НАН України, вул. Тимірязєвська, 1, м. Київ, 01014, Україна,
*e-mail: galega777@ukr.net

Мета. Встановити особливості формування елементів продуктивності рослин видів роду *Galega* залежно від сортових властивостей та умов вегетації за інтродукції в Правобережному Лісостепу України. **Методи.** Упродовж 2004–2020 рр. в лабораторних та польових умовах Національного ботанічного саду досліджували шість сортів рослин видів роду козлятника (*Galega*) власної селекції. Використано наступні методи: теоретичні (математична обробка), практичні (описові, порівняльні). Оцінювали такі морфометричні параметри, як: висота рослин; кількість пагонів, листків, суцвіть на рослину; розміри плодів; довжина кореневої системи, а також продуктивний потенціал; азотфіксуюча здатність рослин; маса продуктивних пагонів; теплоємність; урожайність надземної маси; вихід сухої речовини та енергії з одиниці площі. **Результати.** Встановлено, що сорти *G. orientalis* Lam. ('Кавказький бранець', 'Салют', 'НБС-75', 'Рябчик') та *G. officinalis* L. ('Гарант', 'Фламінго') за інтродукції в Правобережному Лісостепу України характеризувались високою продуктивністю надземної фітомаси (28,6–62,4 т/га), а також виходом сухого залишку (7,12–16,5 т/га). У структурі надземної маси досліджених сортів на долю стебел припадало 37,0–44,2%, листків – 40,9–51,4%, суцвіть – 11,6–14,9% від загальної маси рослин. Теплоємність сировини рослин *G. orientalis* становила 4051–4275 ккал/га. Загальний вихід енергії із надземної маси сягав 30,44–67,85 Гкал/га. **Висновки.** Рослини видів роду *Galega* з високим потенціалом біомаси здатні забезпечувати сировиною для виробництва біогазу. Найкраще серед досліджених шести сортів власної селекції зарекомендували себе 'Фламінго', 'НБС-75', 'Рябчик'.

Ключові слова: *Galega officinalis*; *Galega orientalis*; сорт; морфологія; азотфіксуюча активність; теплоємність; вихід надземної маси та енергії.

Вступ

Родина *Fabaceae* – рослини із високим вмістом поживних речовин, зокрема протеїну, а також біоактивними фітоестрогенами, що робить їх перспективними для використання у різних сферах господарювання [1]. Види роду *Galega* є одними із найцінніших й водночас маловивчених представників цієї родини [2].

Рослини виду *G. orientalis* досліджуються, зокрема, як кормові [3–7] завдяки їхній високій продуктивності [8], стійкості в різних кліматичних умовах, економічній рента-

бельності. Серед переваг цих рослин можна відмітити тривале життя агрофітоценозів [9]. За ранньостиглістю ці рослини переважають відомі аналоги, характеризуються підвищеною морозостійкістю, листки не осипаються в снізі, рослини не пошкоджуються шкідниками та хворобами [10]. За кормовими характеристиками *G. orientalis* не поступається іншим бобовим культурам, таким як *Trifolium pratense* та *Medicago sativa*. Використання її на корм можливе як у вигляді зеленої маси, так і в сухому. За вегетаційний період високоврожайний травостій може забезпечити вихід близько 3 т/га білка. Порівняльні дослідження *G. orientalis* та *Medicago sativa* показали, що ці культури характеризуються не тільки високою продуктивністю, а можуть використовуватись як відновлювальне джерело енергії [11–13]. Дослідження рослинної сировини у різних фазах вегетації дозволило з'ясувати, що зелена маса *G. orientalis* є цінною сировиною для заготівлі сіна за умови дотримання технологічних вимог [14].

В умовах помірного кліматичного поясу вегетаційний період рослин складає 85–114 днів залежно від року життя.

Використання на біопаливо *G. orientalis* рекомендовано після першого відчуження

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

Oksana Shymanska
<https://orcid.org/0000-0001-8482-5883>

Oleksandr Bondarchuk
<https://orcid.org/0000-0001-6367-9063>

Olena Vergun
<https://orcid.org/0000-0003-2924-1580>

Olha Korablova
<https://orcid.org/0000-0001-6656-4640>

Svitlana Rakhmetova
<https://orcid.org/0000-0002-0357-2106>

Valentyna Fishchenko
<https://orcid.org/0000-0002-7714-1739>

надземної частини, а як кормової культури – після другого. Врожайність сухої маси 9,1–12,8 т/га [15].

У Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка НАН України у відділі культурної флори виведено сорти виду *G. orientalis* – ‘Рябчик’ [16], ‘НБС-75’, ‘Кавказький бранець’, ‘Салют’, виду *G. officinalis* – ‘Фламінго’ [17] та ‘Гарант’.

Впровадження козлятника у виробництво як енергетичної культури, окрім отримання дешевої біомаси, сприятиме зменшенню енерговитрат, збагаченню та поліпшенню структури ґрунту, захисту від повітряної та водної ерозій. Важливою особливістю цієї культури є тривалий період господарського використання (понад 10 років), стабільна висока продуктивність. Багатофункціональність козлятника дозволяє його використання у сировинному конвеєрі в ролі нової сидеральної, медодайної, лікарської, кормової культури, а також як енергетичної рослини для виробництва біопалива. Досить важливою особливістю козлятника є екологічна пластичність щодо пристосування до різних зовнішніх факторів: холодо-, зимо-, морозо- і посухостійкість.

Матеріали та методи досліджень

У роботі використовували теоретичний та практичний метод дослідження вегетаційного періоду – за фазами розвитку (фенологічні фази) відповідно до загальноприйнятих методик. Продуктивність надземної маси

визначали за методиками ВНДІ, Вінницького науково-дослідного інституту кормів [18]. Визначали вміст сухого залишку згідно із загальноприйнятою методикою [19]. Енергетичну цінність сировини визначали на калориметрі ІКА С-200. Активність симбіотичної азотфіксації досліджували за методикою В. В. Волкогона [20]. Статистичну обробку експериментальних даних виконано згідно з методикою Г. М. Зайцева (1973, 1983), Б. О. Доспехова [21] з використанням програми Anova. Для аналізу результатів статистичних обрахунків використовували середні арифметичні ($\bar{M}$), похибки середньої арифметичної (m), стандартне відхилення (σ).

Результати досліджень

Залучені до інтродукційного процесу рослини видів роду *Galega* представлені багаторічними трав'янистими рослинами, надземна частина яких являє собою систему однорічних пагонів (рис. 1). Висота рослин становить 140–150 см залежно від умов зростання. Листки непарноперистоскладні, з 5–6 пар яйцеподібних листочків, з черешками завдовжки 15 см у нижніх листків, 5–7 см – у верхніх. Суцвіття – китиця з 30–50 квіток, залежно від сортових особливостей має біле, блакитно-фіолетове, пурпурове, рожеве та ін. забарвлення. Рослини чудово запилюються комахами. Плід – біб, 2–4 см завдовжки з 3–7 жовтуватими насіннями.



Рис. 1. Суцвіття сортів рослин *G. orientalis* Lam. (1–4) та *G. officinalis* L. (5, 6):
1 – ‘Рябчик’; 2 – ‘Салют’; 3 – ‘НБС-75’; 4 – ‘Кавказький бранець’; 5 – ‘Гарант’; 6 – ‘Фламінго’

Для комплексного оцінювання усіх продуктивних показників було проаналізовано біометричні параметри рослин першого, другого та третього років життя. Встановлено максимальну кількість пагонів збагачення (I та II порядку) – пролептичних та силептичних, що розвиваються одночасно з головним та упродовж вегетації, відповідно. Ці пагони формуються на вегетативно-генеративних пагонах (ВГП) рослин. Рослини *G. orienta-*

lis за висотою та морфометричними показниками листків переважали рослини *G. officinalis*. Кількість ВГП у рослин *G. officinalis* на другому році життя збільшувалася порівняно з першим роком у 1,1 разів, але зменшувалася на третьому році життя у 7,55 разів. Рослини *G. orientalis* – навпаки в перший рік характеризувались малою кількістю пагонів, але з кожним наступним роком їхня кількість збільшувалася у 10,9 разів. Найбільша

кількість листків, суцвіть та довжина кореня у даних рослин спостерігалась на другому році життя (табл. 1). Кількість ВГП залежить

від року життя рослин – у рослин *G. officinalis* їхня кількість зменшувалася на третьому році життя.

Таблиця 1

Біометричні показники рослин роду *Galega* L. першого, другого, третього років життя у період квітнування

Вид	Рік вегетації	Висота рослин, см	Кількість на рослині, шт.			Довжина кореневої системи, см
			пагонів	листіків	суцвіть	
<i>G. officinalis</i>	I	73,11±2,52	28,63±1,28	257,63±1,24	114,35±1,16	30,61±2,35
	II	123,41±1,95	31,72±1,34	285,48±1,42	168,54±1,25	43,21±1,89
	III	117,25±1,85	4,2±0,26	37,80±0,28	34,32±1,21	39,37±2,25
<i>G. orientalis</i>	I	58,46±1,75	2,96±0,24	17,25±1,36	–	18,93±2,14
	II	130,34±1,36	18,28±0,98	164,52±1,23	62,14±1,52	38,72±1,32
	III	141,43±1,51	32,54±0,75	292,86±1,47	87,56±1,14	41,46±1,47

Характеризуючи плід рослин роду *Galega* слід зазначити, що він є типовим для усіх *Fabaceae*, тобто біб. За типом гінцею, з якого біб розвивається, він буває полімерним (більш рідке явище) та мономерним, якщо гінцею представлений однією маточкою (характерно для *Caesalpiniaceae*, *Fabaceae* та ін.). Біб буває ланцетоподібний стиснутий з боків, що характерно для *G. orientalis* [22] та конусоподібний округлої форми – як у *G. officinalis*.

За біометричними показниками плодів (середнього ярусу) рослини *G. officinalis* переважали плоди іншого виду. Так, довжина, ширина та діаметр плоду у рослин *G. officinalis* становили 33,5; 3,81 та 7,88 мм, відповідно. Довжина, ширина та діаметр плоду в *G. orientalis* були 27,7; 3,34 та 5,62 мм, відповідно (табл. 2).

Симбіотичні відносини з мікроорганізмами відіграють важливу роль у житті рослин. Вони забезпечують краще мінеральне живлення, підвищують захист рослин від патогенів, полегшують адаптацію до стресів та

Таблиця 2
Біометричні показники плодів рослин видів роду *Galega* L. (середнє за 2004–2020 рр.)

Показник плоду	<i>G. officinalis</i>	<i>G. orientalis</i>
Довжина, мм	33,5±0,11	27,7±1,35
Ширина, мм	3,81±0,31	3,34±0,26
Діаметр, мм	7,87±0,22	5,62±0,45

певною мірою покращують регуляцію розвитку рослин [23]. Мікроорганізми виконують різні внутрішньоклітинні симбіонти (бульбочкові бактерії, ендомікоризні гриби), ендofіти, які заселяють тканини надземних і підземних органів (азотфіксатори *Acetobacter* і *Azoarcus* або ріжкові гриби), а також ектосимбіонти, які заселяють поверхню рослин.

Виявлено, що рослини роду *Galega* утворюють на кореневій системі бульбочки (рис. 2), з яких виділено бактерії виду *Rhizobium galegae*, що вперше були досліджені Т. Науке-Расевичова [24]. Унаслідок такого симбіозу відбувається акумуляція повітряного азоту в ґрунті.



Рис. 2. Загальний вигляд кореневої системи з бульбочками на коренях рослин *G. officinalis* L. (А) та *G. orientalis* Lam. (Б)

За умов інтродукції в Правобережному Лісостепу України бульбочки на кореневій системі рослин роду *Galega* розпочинають формуватися на 15–17 добу після появи сходів. За сприятливих погодно-кліматичних умов їхня кількість динамічно збільшується до початку формування бобів.

Для підвищення продуктивності симбіотичної азотфіксації в агроценозах необхідно враховувати конкретні ґрунтово-кліматичні та агротехнічні умови, проводити селекцію сортів бобових культур і штамів бульбочкових бактерій, а також створювати сприятливі умови для ефективного функціонування бобово-ризобіального симбіозу [25].

За результатами досліджень встановлено, що найбільша азотфіксуюча активність відбувається у фазу квітання і залежить від

сортних особливостей, адже у цей період найбільш сприятливі умови для росту і розвитку рослин. Ґрунтова мікрофлора достатньо активна і тому азотфіксуючі бактерії інтенсивно працюють. У посушливий період на кореневій системі рослин формується значно менша кількість активних бульбочок. Встановлено, що між азотфіксуючою здатністю видів і сортів є суттєві відмінності. Найбільшу активність виявлено у рослин *G. officinalis* сорту 'Фламінго', яка становила 16,28 мкг N₂/рослину за годину. У рослин *G. orientalis* найвищими показниками характеризувався сорт 'НБС-75' – 11,91 мкг N₂/рослину за годину (рис. 3). Найменшими показниками серед усіх сортів характеризувався 'Кавказький бранець' – 1,86 мкг N₂/рослину за годину [26].

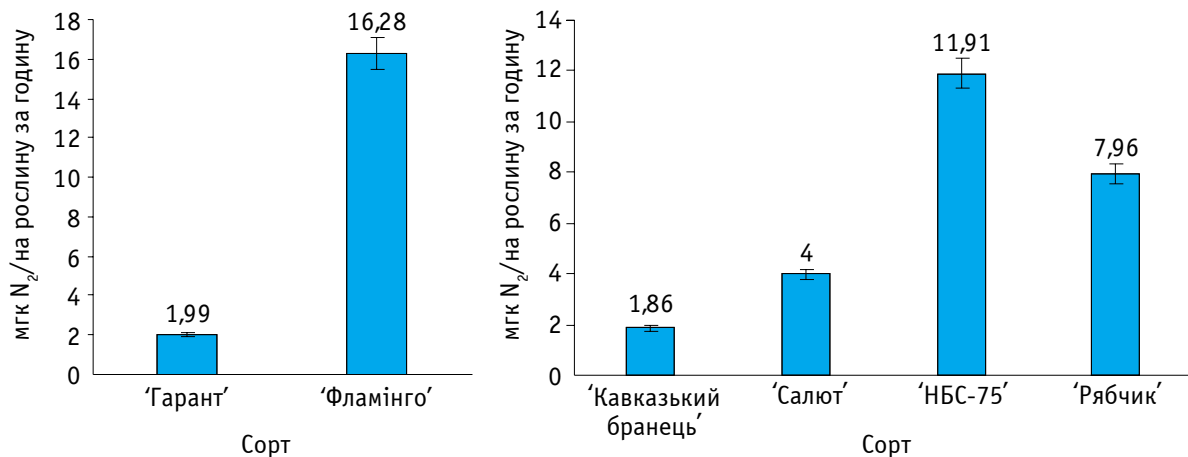


Рис. 3. Азотфіксуюча активність сортів рослин *G. officinalis* L. та *G. orientalis* Lam. залежно від сортних особливостей у фазу квітання

Результати досліджень свідчать про високий продуктивний потенціал досліджува-

них рослин роду *Galega* залежно від їхніх сортних особливостей (рис. 4).

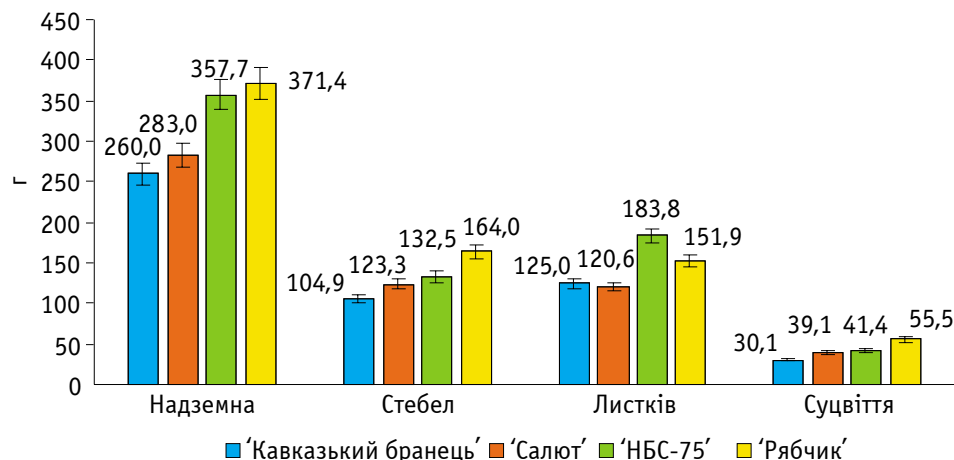


Рис. 4. Маса продуктивних пагонів рослин* *G. orientalis* Lam. залежно від сортних особливостей

* аналізували по 10 рослин у чотириразовій повторності

Досліджувані види козлятників здатні формувати за вегетаційний сезон від 28,6 до

62,4 т/га надземної маси, за виходом сухого залишку від 7,12 до 16,5 т/га (рис. 5). За

продуктивністю пагонів встановлено значну перевагу сортів 'Рябчик' та 'НБС-75', які

створено для використання, насамперед, як енергетичних культур.

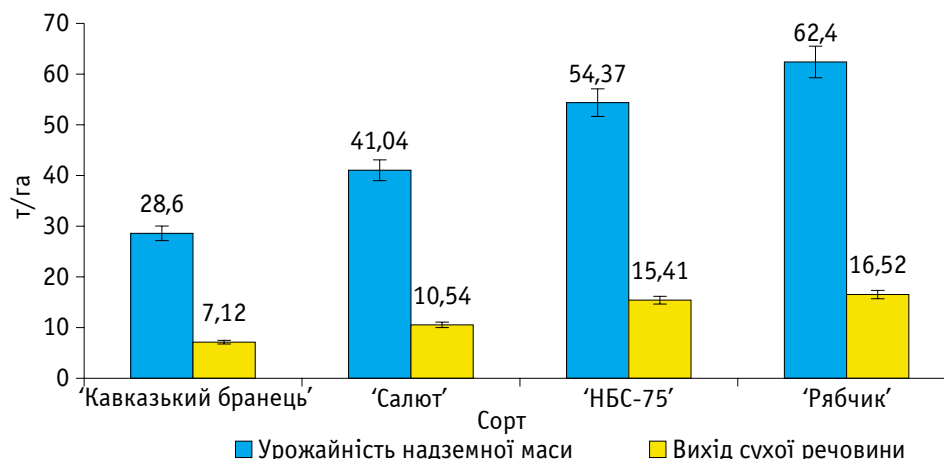


Рис. 5. Урожайність рослин *G. orientalis* Lam. залежно від сортових особливостей у період квітіння – плодоношення

Зелена маса певною мірою залежить від частки у ній листків, стебел та суцвіть, тобто структури врожаю. У структурі надземної маси сортів на долю стебел припадало 37,0–44,2%, листків – 40,9–51,4%, суцвіть – 11,6–14,9%. Найбільшу дольову

участь стебел та суцвіть було виявлено у сорту 'Рябчик', а листків – у 'НБС-75' (рис. 6). Це дозволяє розглядати сорти *G. orientalis* як перспективні культури для кормовиробництва, а також для виробництва біогазу.

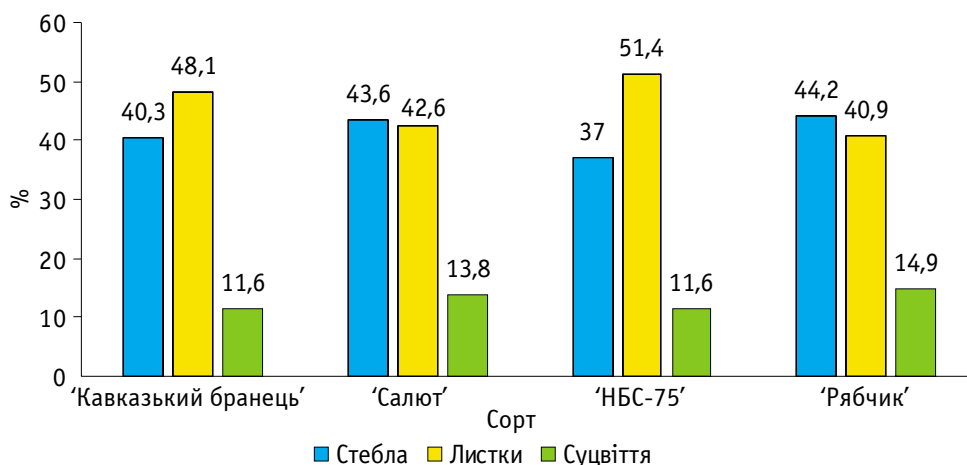


Рис. 6. Надземна маса пагонів рослин виду *G. orientalis* Lam. залежно від сортових особливостей

Теплоємність біомаси та її енергопродуктивність є видоспецифічними параметрами для досліджуваних видів козлятників та їхніх сортів. За шкалою енергетичної оцінки рослин [27] за умов інтродукції в Лісостепу України найбільш енергопродуктивними сортами за виходом сухої речовини виявилися 'Рябчик' та 'НБС-75', за теплоємністю – 'Кавказький бранець', за урожайністю надземної маси – 'Рябчик'.

Енергопродуктивність культур значною мірою залежить від загальної продуктивності сортів. Теплоємність сировини рослин *G. orientalis* становила 4051–4275 ккал/га. Загальний вихід енергії сягав 30,44–67,85 Гкал/га.

Серед досліджуваних сортів *G. orientalis* за всіма продуктивними показниками відзначилися сорти 'Рябчик' та 'НБС-75' (табл. 3).

Таблиця 3

Продуктивність сортів рослин роду *Galega* за виходом сухого залишку та енергії з надземної частини у фазі квітіння

Сорт	Вихід сухого залишку, т/га	Теплоємність, ккал/кг	Вихід енергії з надземної маси, Гкал/га
'Кавказький бранець'	7,12	4275,21	30,44
'Салют'	10,54	4059,84	42,78
'НБС-75'	15,41	4051,54	62,43
'Рябчик'	16,52	4107,37	67,85

Висновки

Досліджено види та сорти рослин роду *Galega*, їхні морфометричні параметри, азот-фіксує активність, продуктивний потенціал, теплоємність, вихід сухого залишку з (т/га) та енергії з надземної маси (Гкал/га).

Встановлено, що серед досліджуваних сортів найвищими продуктивними показниками характеризувались 'Рябчик' та НБС-75', що дозволяє рекомендувати ці сорти *G. orientalis* як перспективні для кормовиробництва, а також для виробництва біогазу.

Використана література

- Tucak M., Horvat D., Cupic T. et al. Forage legumes as sources of bioactive phytoestrogens for use in pharmaceuticals: a review. *Curr. Pharm. Biotechnol.* 2018. Vol. 19, Iss. 7. P. 537–544. doi: 10.2174/1389201019666180730165917
- Vergun O. M., Shymanska O. V., Rakhmetov D. B. Different aspects of study of *Galega officinalis* L. and *Galega orientalis* Lam. *Сучасні аспекти збереження здоров'я людини* : збірник праць XI міждисциплінарної наук.-практ. конф. (м. Ужгород, 13–14 квітня 2018 р.). Ужгород, 2018. С. 17–19.
- Рахметов Д. Б., Корабльова О. А., Стаднічук Н. О. та ін. Каталог рослин відділу нових культур. Київ : Фітосоціоцентр, 2015. 112 с.
- Колекційний фонд енергетичних, ароматичних та інших корисних рослин НБС імені Гришка НАН України. Київ : ФОРП Паливода А. В., 2020. 208 с.
- Савенко В. С. Козлятник східний. Тернопіль : Економ. думка, 2000. 292 с.
- Стаднічук Н. О., Шиманська О. В. Інтродукція *Galega officinalis* L. в ботанічному саду ім. М. М. Гришка на рівні сорту. *Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень* : матер. Міжнар. наук. конф., присвяч. 90-річчю Дослідної станції лікарських рослин УАН (Березоточа, 12–14 липня 2006 р.). Березоточа, 2006. С. 170–171.
- Moller E., Hostrup B., Boelt B. Yield and quality of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) at different harvest managements compared with lucerne (*Medicago sativa* L.). *Acta Agric. Scand. - B Soil Plant Sci.* 1997. Vol. 47, Iss. 2. P. 89–97. doi: 10.1080/09064719709362445
- Надєжкін С. Н., Казанцева Н. В. Продуктивность козлятника восточного в смесях. *Земледелие*. 2008. № 6. С. 42.
- Шиманська О. В. *Galega orientalis* – цінний ендемік Кавказу. *Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин і зеленого будівництва* : матер. V Міжнар. наук. конф. мол. дослідн. (м. Київ, 7–10 червня 2005 р.). Київ, 2005. С. 112–113.
- Мойсієнко В. В. Значення та переваги козлятника східного як перспективної кормової культури. *Сталій розвиток сільськогосподарських територій* : матер. наук.-практ. конф. (м. Житомир, 25 жовтня 2019 р.). Житомир, 2019. С. 43–45.
- Рахметов Д. Б. Нетрадиционные виды растений для биоэнергетики. Нитра : Словацкий аграрный университет в Нитре, 2018. 103 с. doi: 10.15414/2018.fe-9788055218557
- Адаптація інтродукованих рослин в Україні / Д. Б. Рахметов (відп. ред.). Київ : Фітосоціоцентр, 2017. 515 с.
- Povilaitis V., Šlepetienė A., Šlepetys J. et al. The productivity and energy potential of alfalfa, fodder galega and maize plants under the conditions of the nemoral zone. *Acta Agric. Scand. - B Soil Plant Sci.* 2016. Vol. 66, Iss. 3. P. 259–266. doi: 10.1080/09064710.2015.1093651
- Starkovskiy B., Simonov G., Malinovskaya Yu., Simonov A. The influence of the vegetative stage of *Galega orientalis* on the quality of haylage prepared from it. *DAIC. E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 222. 02019. doi: 10.1051/e3sconf/202022202019
- Meripöld H., Tamm U., Tamm S. et al. Fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) grass potential as a forage and bioenergy crop. *Agron. Res.* 2017. Vol. 15, Iss. 4. P. 1693–1699. doi: 10.15159/AR.17.021
- А. с. № 150624 на сорт рослин *Galega orientalis* Lam. Козлятник східний Рябчик / Д. Б. Рахметов, Н. О. Стаднічук, О. В. Шиманська. № 13168001 ; заяв. 01.10.2013 ; опубл. 31.03.2015, Бюл. № 2, Ч. 2.
- А. с. № 170903 на сорт рослин *Galega officinalis* L. Козлятник лікарський Фламінго / Н. О. Стаднічук, О. В. Шиманська. № 13495001 ; заяв. 20.11.2013 ; опубл. 25.05.2017, Бюл. № 3.
- Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. 2-е изд. Москва : ВИК, 1987. 197 с.
- Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : Нічлава, 2003. 320 с.
- Волкогон В. В. Методичні рекомендації по визначенню азот-фіксації в ґрунті та кореневій зоні рослин ацетиленовим методом. Чернівці, 1997. 14 с.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Артюшенко З. Т., Федоров А. А. Атлас по описательной морфологии высших растений: Плод. Ленинград : Наука, 1986. 187 с.
- Мишустин Е. Н., Шильникова В. К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. Москва : Наука, 1973. 288 с.
- Lindström K. *Rhizobium galegae*, a new species of Legume root nodule bacteria. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1989. Vol. 39, Iss. 3. P. 365–367. doi: 10.1099/00207713-39-3-365
- Дідович С. В., Толкачова М. З., Бутвіна О. Ю. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2008. Вип. 8. С. 117–125.
- Шиманська О. В. Біологічна фіксація азоту у видів роду *Galega* L. *Актуальні проблеми фізіології, генетики та біотехнології рослин і ґрунтових мікроорганізмів* : IX конф. мол. дослідн., присвяч. 100-річчю від дня народж. акад. АН УРСР і ВАСГНІЛ П. А. Власюка (м. Київ, 24–25 лютого 2005 р.). Київ, 2005. С. 43.
- Рахметов Д. Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні. Київ : Аграр Медіа Груп, 2011. 398 с.

References

- Tucak, M., Horvat, D., Cupic, T., Krizmanic, G., Tomas, V., Ravlic, M., & Popovic, S. (2018). Forage legumes as sources of bioactive phytoestrogens for use in pharmaceuticals: a review. *Curr. Pharm. Biotechnol.*, 19(7), 537–544. doi: 10.2174/1389201019666180730165917
- Vergun, O. M., Shymanska, O. V., & Rakhmetov, D. B. (2018, April). Different aspects of study of *Galega officinalis* L. and *Galega orientalis* Lam. In *Suchasni aspekty zberezhenia zdorovia liudyny: zbirnyk prats 11 mizhdysyplinarnoi nauk.-prakt. konf.* [Modern aspects of human health: a collection of 11 interdisciplinary scientific-practical. conf.] (pp. 17–19). Uzhhorod: N.p. [in Ukrainian]
- Rakhmetov, D. B., Korabliova, O. A., Stadnichuk, N. O., Andrushchenko, O. L., & Kovtun-Vodianytska, S. M. (2015). *Katalog roslyn viddilu novykh kultur* [Catalog of plants of the Department of New Cultures]. Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian]
- Rakhmetov, D. B., Kovtun-Vodianytska, S. M., Korabliova, O. A., Dzhurenko, N. I., Chetvernia, S. O., Verhun, O. M., ... Fishchenko, V. V. (2020). *Kolektsiinyi fond energetychnykh, aromatychnykh ta inshykh korysnykh roslyn NBS imeni M. M. Gryshko NAN Ukrainy* [The Collection Fund of energetic, aromatic and other useful plants of M. M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine]. Kyiv: FOP Palyvoda V. D. [in Ukrainian]
- Savenko, V. S. (2000). *Kozliatnyk skhidnyi* [Oriental goat]. Ternopil: Ekonomichna dumka. [in Ukrainian]
- Stadnichuk, N. O., & Shymanska, O. V. (2006, July). Introduction of *Galega officinalis* L. in the M. M. Gryshko Botanical Garden at the level of variety. In *Likarski roslyny: tradytsii ta perspektyvy doslid-*

- zhen: mater. Mizhnar. nauk. konf., prysviach. 90-richchiu Doslidnoi stantsii likarskykh roslyn UAAN [Medicinal plants: traditions and prospects of research: materials of the Int. Sci. Conf. dedicated to the 90th anniversary of the Research Station of Medicinal Plants UAAS] (pp. 170–171). Berezotcha: N.p. [in Ukrainian]
7. Moller, E., Hostrup, B., & Boelt, B. (1997). Yield and quality of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) at different harvest managements compared with lucerne (*Medicago sativa* L.). *Acta Agric. Scand. - B Soil Plant Sci.*, 47(2), 89–97. doi: 10.1080/09064719709362445
 8. Nadezhkin, S. N., & Kazantseva, N. V. (2008). Productivity of the eastern goat in mixtures. *Zemledelie [Agriculture]*, 6, 42. [in Russian]
 9. Shymanska, O. V. (2005, June). *Galega orientalis* is a valuable endemic to the Caucasus. In *Teoretychni ta prykladni aspekty introduktsii roslyn i zelenoho budivnytstva: materialy V Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii molodykh doslidnykiv* [Theoretical and applied aspects of plant introduction and green building: materials of the V International Scientific Conference of Young Researchers] (pp. 112–113). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
 10. Moisiienko, V. V. (2019). Significance and advantages of eastern goatweed as a promising forage crop. In *Stalyi rozvytok silskohospodarskykh terytorii: mater. nauk.-prakt. konf.* [Sustainable development of agricultural areas: materials of the scientific-practical conference] (pp. 43–45). Zhytomyr: N.p. [in Ukrainian]
 11. Rakhmetov, D. B. (2018). *Netraditsionnye vidy rasteniy dlya bioenergetiki* [Non-traditional Plant Species for Bioenergetics]. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra. doi: 10.15414/2018.fe-9788055218557. [in Russian]
 12. Rakhmetov, D. B. (Ed.). (2017). *Adaptatsiia introdukovanykh roslyn v Ukraini* [Adaptation of introduced plants in Ukraine]. Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian]
 13. Povilaitis, V., Šlepetienė, A., Šlepetys, J., Lazauskas, S., Amalevičiūtė, K., Feizienė, D., ... Kukujevas, A. (2016). The productivity and energy potential of alfalfa, fodder galega and maize plants under the conditions of the nemoral zone. *Acta Agric. Scand. - B Soil Plant Sci.*, 66(3), 259–266. doi: 10.1080/09064710.2015.1093651
 14. Starkovskiy, B., Simonov, G., Malinovskaya, Yu., & Simonov, A. (2020). The influence of the vegetative stage of *Galega orientalis* on the quality of haylage prepared from it. *DAIC. E3S Web of Conferences*, 222, 02019. doi: 10.1051/e3sconf/202022202019
 15. Meripöld, H., Tamm, U., Tamm, S., Vösa, T., & Edesi, L. (2017). Fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) grass potential as a forage and bioenergy crop. *Agron. Res.*, 15(4), 1693–1699. doi: 10.15159/AR.17.021
 16. Rakhmetov, D. B., Stadnichuk, N. O., & Szymanska, O. V. (2015). Author's certificate No. 150624 on the cultivar *Galega orientalis* Lam. Goatweed eastern 'Riabchyk'. [in Ukrainian]
 17. Rakhmetov, D. B., Stadnichuk, N. O., & Szymanska, O. V. (2017). Author's certificate No. 150624 on the cultivar *Galega orientalis* Lam. Goatweed eastern 'Flaminho'. [in Ukrainian]
 18. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovimi kul'turami* [Methodical instructions for conducting field experiments with fodder crops]. (1987). (2nd ed.). Moscow: VIK. [in Russian]
 19. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biologichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslyn i hruntiv* [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]. Kyiv: Nichlava. [in Ukrainian]
 20. Volkohon, V. V. (1997). *Metodychni rekomendatsii po vyznacheniiu azotfiktsii v hrunti ta korenevii zoni roslyn atsetylenovym metodom* [Methodical recommendations for determination of nitrogen fixation in soil and root zone of plants by acetylene method]. Chernihiv: N.p. [in Ukrainian]
 21. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)] (5th ed., rev. and enl.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
 22. Artyushenko, Z. T., & Fedorov, A. A. (1986). *Atlas po opisatel'noy morfologii vysshikh rasteniy: Plod* [Atlas of Descriptive Morphology of Higher Plants: Fruit]. Leningrad: Nauka. [in Russian]
 23. Mishustin, E. N., & Shil'nikova, V. K. (1973). *Kluben'kovye bakterii i inokulyatsionny protses* [Nodule bacteria and the inoculation process]. Moscow: Nauka. [in Russian]
 24. Lindstrom, K. (1989). Rhizobium galegae, a new species of Legume root nodule bacteria. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 39(3), 365–367. doi: 10.1099/00207713-39-3-365
 25. Didovych, S. V., Tolkachova, M. Z., & Butvina O. Yu. (2008). Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in agrocenoses of Ukraine. *Sil'skogospodars'ka mikrobiologiya* [Agricultural Microbiology], 8, 117–125. [in Ukrainian]
 26. Shymanska, O. V. (2005). Biological fixation of nitrogen in species of the genus *Galega* L. In *Aktualni problemy fiziologii, henetyky ta biotekhnologii roslyn i gruntovykh mikroorhanizmiv: IX konf. mol. doslidn., prysviach. 100-richchiu vid dnia narodzhennia akademika AN URSR i VASHNIL P. A. Vlasiuka* [Current issues of physiology, genetics and biotechnology of plants and soil microorganisms: IX Conference of Young Researchers, dedicated to the 100th anniversary of the birth of Academician of the USSR Academy of Sciences and VASGNIL P. A. Vlasiuk] (p. 43). Kyiv: N.p. [in Ukrainian]
 27. Rakhmetov, D. B. (2011). *Teoretychni ta prykladni aspekty introduktsii roslyn v Ukraini* [Theoretical and practical aspects of plant introduction in Ukraine]. Kyiv: Agrar Media Hrup. [in Ukrainian]

UDC 582.736: [581.522.4+581.95] (477.4:292.485)

Rakhmetov, D. B., Shymanska, O. V.*, Bondarchuk, O. P., Vergun, O. M., Korablova, O. A., Rakhmetova, S. O., & Fishchenko, V. V. (2021). Productivity of plant varieties of species of the genus *Galega* L. in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(4), 274–281. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.248980>

M. M. Gryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, 1 Tymiriazivska St., Kyiv, 03004, Ukraine, *e-mail: galega777@ukr.net

Purpose. To establish the features of the formation of productivity elements of plant of the genus *Galega* species, depending on the genotypic characteristics and conditions of vegetation during the introduction in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** In 2004–2020 in laboratory and field conditions, six plant varieties of the genus *Galega* of the M. M. Gryshko National Botanical Garden selection were studied. The following methods were used:

general scientific, biological and morphological, laboratory, field and statistical. Morphometric parameters such as plant height, number of shoots, leaves, inflorescences per plant, fruit size, length of the root system, as well as productive potential, nitrogen-fixing ability of plants, mass of productive shoots, heat capacity, yield of aboveground mass, yield of dry matter per unit area were assessed. **Results.** It was found that the genotypes of *G. orientalis* Lam. ('Kavkazkyi

Branets', 'Saliut', 'NBS-75', 'Riabchyk') and *G. officinalis* L. ('Harant', 'Flaminho'), when introduced in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, are characterized by high productivity of aboveground phytomass (from 28.6 to 62.4 t/ha), as well as by the yield of dry matter (from 7.12 to 16.5 t/ha). In the structure of the aboveground mass of genotypes, stems accounted for 37.0–44.2%, leaves – 40.9–51.4%, inflorescences – 11.6–14.9%. The heat capacity of the raw material of *G. orientalis* plants was 4051–4275 kcal/ha. The total

energy output reached 30.44–67.85 Gcal/ha. **Conclusions.** It was revealed that plants of species of the genus *Galega* have a high bioproductive potential, and are able to provide raw materials for biogas production. The best of the six studied genotypes were 'Flamingo', 'NBS-75', and 'Riabchyk'.

Keywords: *Galega officinalis*; *Galega orientalis*; variety; morphology; nitrogen-fixing activity; heat capacity; outlet of aboveground mass and energy.

Надійшла / Received 08.10.2021

Погоджено до друку / Accepted 12.11.2021

Особливості введення в культуру *Lavandula vera* D.C. в Центральному Поліссі України

Л. А. Котюк¹, Г. В. Трофімова²

¹Поліський національний університет, Старий бульвар, 7, м. Житомир, 10002, Україна, e-mail: kotyuk-la@ukr.net

²Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна, e-mail: trofimovaanna758@gmail.com

Мета. Визначення оцінки перспективності й успішності інтродукції *Lavandula vera* D.C. в Центральному Поліссі України. **Методи.** Загальнонаукові і спеціальні: морфологічно-описові, біометричні, лабораторні, польові, біохімічні. **Результати.** На основі аналізу літературних джерел та експериментальних досліджень розглянуто питання поширення, онтоморфогенетичних особливостей, біохімічного складу рослинної сировини та компонентів ефірних олій нетрадиційної ароматичної рослини *Lavandula vera*. Упродовж індивідуального розвитку рослин *L. vera* відмічено три періоди (латентний, прегенеративний і генеративний) і 6 вікових станів рослин: насіння, проростки, ювенільний, іматурний, віргінільний, генеративний. Встановлено, що розсадний та вегетативний способи розмноження лаванди (поділ особин на частки) має переваги над насіннєвим у зв'язку з низькими показниками польової схожості насіння (5–10%). Рослинна сировина лаванди справжньої, вирощена в умовах Полісся України, є джерелом органічних речовин, дубильних сполук, вітамінів і макроелементів. **Висновки.** Інформація щодо поширення, онтоморфогенетичних і біохімічних особливостей нетрадиційної ароматичної рослини *L. vera* вказує на перспективність її культивування в умовах Центрального Полісся України як ароматичної, смакової, ефіроолійної, лікарської, медоносної, фітонцидної, декоративної культури.

Ключові слова: ефірна олія; онтоморфогенез; способи розмноження; біохімічний склад.

Вступ

Через глобальну зміну клімату в Україні й у світі з'являється серйозна загроза втрати біорізноманіття. Для збагачення та збереження біологічної різноманітності важливе значення має інтродукція та введення в культуру нових нетрадиційних малопоширених видів рослин, які дозволяють примножити фіторізноманітність в цілому та розширити асортимент цінних високопродуктивних стійких рослин, що сприяє забезпеченню фармацевтичної, харчової, парфумерно-косметичної та інших галузей промисловості екологічно чистою сировиною [1, 2].

Досить широкий спектр цінних ознак мають різні види родини *Lamiaceae* Lindl., зокрема *Lavandula vera* D.C., яка є цінною ароматичною, ефіроолійною, лікарською, медоносною, вітамінною і декоративною рослиною [3–5].

Лаванда справжня (*Lavandula vera* D.C.) – багаторічний напівкущик, батьківщиною якого є Середземномор'я. Рослина поширена в багатьох регіонах Азії, Північної Африки, Близького Сходу. Лаванду культивують у країнах південної частини Західної Євро-

пи. У Східній Європі промислові плантації знаходяться в Молдові, Криму та Краснодарському краї Росії. У дикорослому стані лаванда справжня поширена у басейні Середземного моря [4, 6].

Квітки й суцвіття *L. vera* включені до складу фармакопеї 16 країн світу. У медицині застосовують листки та суцвіття лаванди, зібрані під час цвітіння, а також їхню ефірну олію [4, 7, 8]. Значення натуральних ароматичних речовин, і зокрема, ефірної олії *L. vera*, досить важливе. Ефірна олія має бактерицидні властивості, а застосування її у парфумерних і косметичних виробках сприяє оздоровленню не тільки людини, а й навколишнього середовища. Саме тому останнім часом зріс попит на лавандову олію [9–11]. Її широко використовують у виробництві одеколону, тоніків, різних паст та екстрактів, для ароматизації туалетних сортів мила та інших косметичних засобів. В Іспанії олію *L. vera* використовують у ветеринарії, лакофарбному та фарфоровому виробництві [12, 13]. До складу ефірної олії *L. vera* входить понад 36 компонентів, основні з них – терпеновий спирт ліналоол і його оцтовий ефір ліналілацетат, а також інші сполуки (камфен, пінен, цинеол, гераніол, борнеол, терпінеол, цитраль, камфора) [14, 15].

Експериментальними дослідженнями доведено, що олія *L. vera* має антисептичні та бактерицидні властивості [16–18]. Розчин

Lyudmyla Kotyuk

<https://orcid.org/0000-0002-1934-4255>

Anna Trofimova

<https://orcid.org/0000-0002-3110-7914>

ефірної олії стимулює загоєння ран, зокрема гнійних, при цьому не залишаються грубі рубці на шкірі. Олія *L. vera* входить до складу препаратів, які характеризуються нейрої міотропною активністю [19–21].

Основні площі культивування лаванди справжньої зосереджені переважно у Криму та південній частині України [22]. Водночас мало інформації про біолого-морфологічні та онтоморфогенетичні особливості цієї рослини та вплив екологічних чинників на ріст і розвиток *Lavandula vera* в агрокліматичних умовах Центрального Полісся України [22, 23].

Саме тому важливо мати оцінку успішності та перспективності інтродукції цього виду і модернізувати його введення в культуру для забезпечення збагачення біологічної різноманітності регіону, що сприятиме розширенню сировинної бази цінних ароматично-лікарських рослин, збільшенню екологічного та економічного ефекту і поліпшенню якості життя населення.

Мета досліджень – встановити особливості онтоморфогенезу, виявити оптимальні методи розмноження, біохімічний склад фітосировини та ефірної олії рослин *L. vera* в Центральному Поліссі України для подальшого введення в промислову культуру.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження здійснювали у ботанічному саду Житомирського національного агроєкологічного університету (м. Житомир) упродовж 2008–2018 років. Екологічні умови району ботанічного саду типові як для Центрального Полісся України. Клімат помірно-континентальний, формується він під впливом сонячної радіації, атмосферної циркуляції та підстилаючої поверхні, а також атмосферних фронтів азіатського материка й холодного впливу з боку Арктики. Специфічна ознака клімату – тепле вологе літо й м'яка зима. Радіаційний баланс за рік на Поліссі України досягає 35–40 МДж/м².

У дослідженнях використовували насіннєвий матеріал із колекції ароматичних рослин відділу культурної флори Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка. Досліди закладали на відкритій сонячній ділянці, добрива й полив не застосовували. Догляд за рослинами протягом усіх років досліджень полягав у видаленні бур'янів, розпушуванні міжрядь та прорідженні рослин у рядках. Розміри дослідних площ під час польових досліджень становили 10 м² (повторність шестипазова).

Особливості індивідуального розвитку рослин вивчали за загальноприйнятими методи-

ками І. М. Бейдемана [24], І. Г. Серебрякова [25], Д. Б. Рахметова [2].

Для біохімічного аналізу зрізали надземну частину п'ятнадцяти рослин, подрібнювали й відбирали середню пробу. Дослідження здійснювали у трьох біохімічних повтореннях. Абсолютно суху речовину визначали висушуючи зразки при температурі 105 °С до постійної маси; вміст жирів – методом визначення знежиреного залишку; «сиру» клітковину – за Геннебергом та Штоманом; кальцій – трилонометричним методом [26]; протеїн – методом К'ельдаля; фосфор – об'ємним методом з молібденовою рідиною [27]; золу – методом сухого озолення – спалювання в муфельній печі (300–700 °С); мокре озолення – методом Куркаєва; аскорбінову кислоту – за Муррі [28]; каротин – спектрофотометрично з застосуванням розчинника бензину Калоша (спектрофотометр UNICO 2800) [29]; загальний вміст цукрів – за Крищенко [30]; калій – у полум'яному фотометрі CL378 (ELICO Limited, India) [28]. Визначення вмісту ефірної олії здійснювали методом Клевенджера [31].

Для встановлення якісного та кількісного складу ефірної олії з фітосировини використовували наважку рослинного матеріалу, масою 0,5 г. Хроматографічний аналіз компонентного складу ефірної олії виконували на газорідинному хроматографі Agilent Technologies 6890 із мас-спектрометричним детектором 5973. Умови аналізу: хроматографічна колонка – капілярна DB-5, діаметром 0,25 мм і завдовжки 30 м. Швидкість газу-носія (гелію) – 2 мл/хв, температура нагрівача при введенні проби – 250 °С. Температура термостата з програмуванням від 50 до 320 °С зі швидкістю 4 °С/хв. Для ідентифікації компонентів використовували бібліотеку мас-спектрів NIST05 і WILEY 2007 із загальною кількістю спектрів більше 470 000 в комплексі з програмами для ідентифікації AMDIS і NIST [32].

Результати досліджень

Початковим етапом введення лікарських рослин у культуру є досвід їхньої первинної інтродукції в ботанічних садах, на фармакологічних ділянках. Досвід первинної інтродукції дозволяє встановити адаптивні можливості лікарських рослин і розпочати роботу щодо розробки комплексу агротехнічних заходів, необхідних для успішної реалізації їхнього біологічного потенціалу в нових умовах зростання [23].

При вивченні біолого-морфологічних особливостей та закономірностей формування вегетативних і генеративних органів *L. vera*

в умовах Центрального Полісся України встановлено, що рослини на ранніх етапах онтогенезу формують стрижневий корінь. Корінь у рослин *L. vera* здерев'янілий, галузистий, проникає в ґрунт на глибину 2 м і більше. Лаванда справжня належить до епігеогенно-кореневищних, каудексоутворюючих рослин, яким властива партикуляція. Надземна частина, яка досягає у висоту понад 60–80 см, складається з численних пагонів, які утворюють компакту крону сферичної форми (рис. 1).

У нижній частині рослини пагони здерев'янілі, у верхній – трав'яні. Старі пагони голі, з пластинчастою бурою корою, яка відділяється, молоді – чотиригранні, вкриті сірими трихомами [3, 33].

За результатами десятирічних досліджень було виділено три періоди (латентний, прегенеративний і генеративний) і 6 вікових станів рослин: насіння, проростки, ювенільний, іма-турний, віргінільний, генеративний. Латентний період (*se*) – насіння у стані спокою, триває від дозрівання насінного матеріалу до його проростання. Для прегенеративного періоду характерні вікові стани: проростки (*pl*), ювенільний (*j*), іма-турний (*im*) і віргінільний (*v*). Генеративний період (*g*) рослин розпочинався з утворення бутонів на генеративних пагонах. Молоді генеративні особини (g_1) мали невелику кількість генеративних пагонів. Середньовікові генеративні особини (g_2) характеризувались утворенням значної кількості вегетативно-генеративних пагонів (рис. 1).

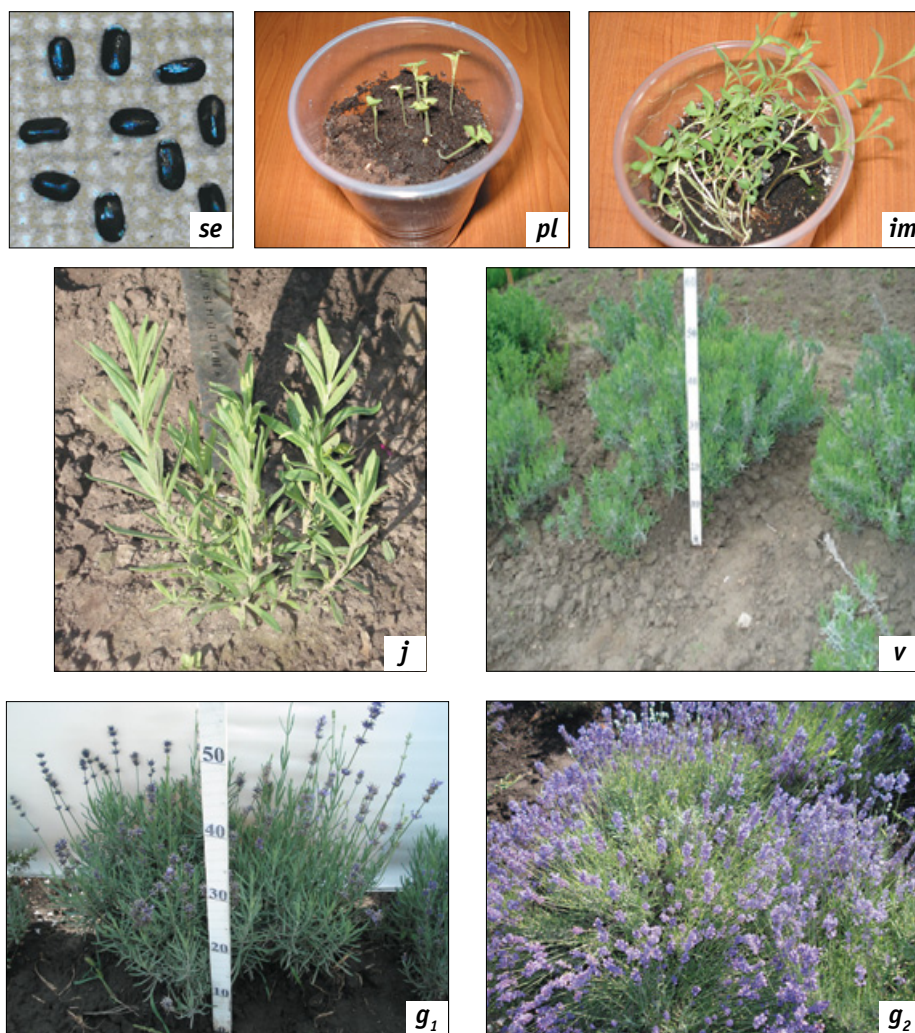


Рис. 1. Онтогенез лаванди справжньої: латентний (насіння) – *se*. Прегенеративний період: *pl* – проростки; *j* – ювенільні рослини; *im* – іма-турні рослини; *v* – віргінільні рослини. Генеративний період: g_1 – молоді генеративні рослини; g_2 – середньовікові генеративні рослини.

Пагонові системи рослин *L. vera* утворені переважно вегетативно-репродуктивними, зрідка вегетативними пагонами, що узгоджується з відомостями Й. М. Берко [33].

В умовах інтродукції пагони рослин *L. vera* ортотропні й висхідні. У структурі пагонів рослин формувалися плагіотропні ділянки, які метаморфізувалися в анізотропні паго-

ни, гіпо- або епігеогенні кореневища, що, очевидно, є пристосуванням до умов середовища.

У *L. vera* відмічено варіювання за показниками довжини й кількості пагонів. На першому році життя довжина пагону сягала $8,5 \pm 0,5$ см, формувалася один вегетативний пагін. Максимальних біометричних показників рослини досягали у період цвітіння на четвертому році – $63,2 \pm 4,5$ см, кількість вегетативно-генеративних пагонів – $28,2 \pm 3,7$ шт. Продуктивність надземної рослинної сировини становила $1,96 \pm 0,11$ кг/м², еремів – $0,045 \pm 0,003$ кг/м².

Квітки у рослин *L. vera* двостатеві, розміщені у пазухах приквітков по 3–5 штук або більше супротивними напівкільчатками, зібраними на верхівках пагонів у колосоподібні суцвіття. Чашечка квітки циліндрична, ребриста, злегка розширена в середній частині, п'ятизубчаста. Віночок обпадний, двогубий, зрослопелюстковий. Тичинок чотири, маточка одна.

Рослини полікарпічні [25], квітування і плодоношення спостерігали щорічно, починаючи з третього року життя. Плоди лаванди справжньої – ценобії, формуються у чашечці квітки з ценокарпного (синкарпного) двочленного гінецею, що є характерним для рослин родини *Lamiaceae*.

Насіннєвий матеріал – 4 ереми, які формуються у ценобії, при дозріванні не висипаються із трубчастої чашечки. Ереми темно-бурого кольору, гладенькі, блискучі, видовженої форми, $0,3\text{--}0,46$ см у довжину і $0,16$ см у ширину. Маса 1000 штук еремів – $0,8\text{--}1,2$ г. Насіння у лабораторних умовах проростало упродовж 8–9 діб, схожість без стратифікації складала 25%, після стратифікації – 75%. Енергія проростання складала відповідно 11 і 28%.

Головними критеріями, які свідчать про перспективність введення виду в культуру, є встановлення методів розмноження, оптимальних строків посіву, особливостей догляду за рослинами впродовж їхньої вегетації.

Рослини *L. vera* розмножували насіннєвим способом і вегетативно. Найоптимальніший період сівби рослин *L. vera* – третя декада квітня – перша декада травня, а оптимальна глибина загортання еремів – 15 мм. За насіннєвого розмноження лаванди справжньої без стратифікації відзначали низьку польову схожість (5–10%), сходи з'являлись через 25–30 діб.

Розмноження рослин *L. vera* насіннєвим способом потребує холодної стратифікації впродовж 30 діб за температури 5–7 °С. Схе-

ма розміщення рослин 50×30 см. Упродовж першого року життя рослини формували один вегетативний пагін, на якому закладалися пагони другого порядку, на другий рік життя з'являлися пагони третього порядку, збільшувалася кількість і довжина пагонів. Квітування й плодоношення виявлено на третій і наступні роки життя, коли рослини утворювали значну кількість вегетативно-генеративних пагонів. Квітування рослин спостерігали в червні, плодоношення – у серпні. При зрізанні квітконосів у фазі цвітіння повторне квітування рослин *L. vera* відмічено в серпні – вересні. Встановлено, що в умовах інтродукції у рослин *L. vera* самосів був відсутній.

Відомо, що рослини *L. vera* розмножують живцями або розсадним способом, однак ці способи потребують додаткового догляду й поливу [34]. Рослини *L. vera* третього й наступного років життя добре приживались при поділі на частини (партикули), що свідчить про переваги вегетативного розмноження.

Для господарських потреб галузей використовують переважно суцвіття, що складає близько 30% від надземної частини рослин. Однак зелені пагони із листками, зрізані на висоті 15–20 см від поверхні ґрунту, є не менш цінною фітосировиною й джерелом БАС. Вміст сухого залишку в надземній масі *L. vera* на рівні $28,8 \pm 1,70\%$ вважається досить високим серед ароматичних рослин. Було встановлено, що у надземній масі рослин лаванди містилось $15,8 \pm 0,74\%$ клітковини, $2,7 \pm 0,6\%$ ліпідів, $40,2 \pm 1,95$ мг% на абсолютно суху масу аскорбінової кислоти, $5,8 \pm 0,49\%$ дубильних речовин, $1176,9 \pm 61,63$ мг% на абсолютно суху масу калію (табл. 1).

Було виявлено, що ефірна олія рослин *Lavandula vera*, вирощених в умовах Центрального Полісся України, відрізнялась за якісним складом БАС порівняно зі складом олії із сировини, вирощеної в інших регіонах. Відомо, що найкраща за якістю ефірна олія, яка має солодкий аромат, містить 50–55% ліналілацетату і 1,6–2,4% терпінен-4-олу, зростає у Франції, Італії, Болгарії, Криму, Угорщині [12].

Основні компоненти ефірної олії рослин *L. vera* в умовах Центрального Полісся України – ліналоол (26,539%), ліналілацетат (24,591%), α -кадінол (12,11%), α -терпінеол (4,526%), борнеол (4,000%), лавандулілацетат (2,376%), геранілацетат (2,763%), β -каріофілен (2,141%), гераніол (2,032%) (табл. 2, рис. 2).

Таблиця 1

Біохімічний склад сировини *L. vera* у період квітання в умовах Центрального Полісся України (2011–2013 рр., $N = 9$)

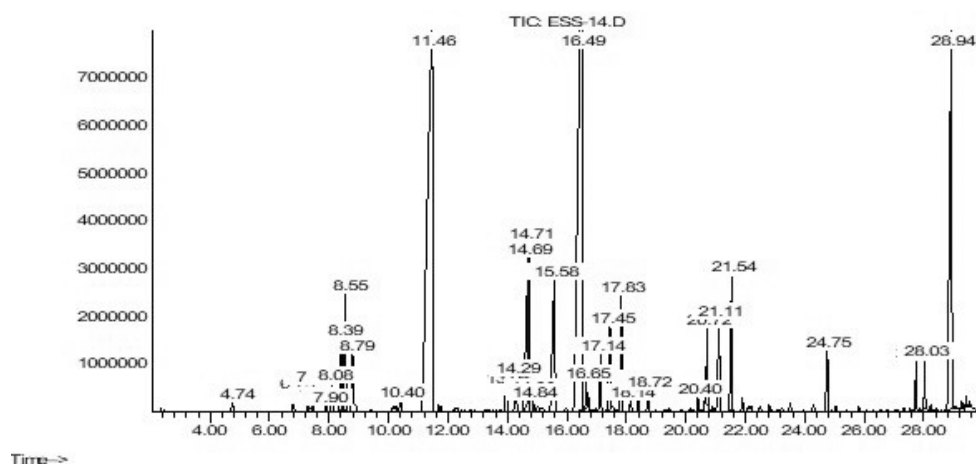
Суша речовина, %	Протеїн, %	Клітковина, %	Загальні цукри, %	Ліпіди, %	Аскорбінова кислота, мг% на абс. суху масу	Каротин, мг% на абс. суху масу	Дубильні речовини, %	Зола, %	Кальцій, %	Фосфор, %	Калій, мг% на абс. суху масу.
28,8±1,70	15,8±0,74	32,9±1,24	3,4±0,19	2,7±0,6	40,2±1,95	0,3±0,07	5,8±0,49	5,9±0,62	2,6±0,22	0,4±0,05	1176,9±61,63

Таблиця 2

Компонентний склад ефірної олії *L. vera* за умов інтродукції в Центральному Поліссі України (2011–2013 рр., $N = 9$)

№ з/п	Час утримування, хв	Компонент	Частка, %	№ з/п	Час утримування, хв	Компонент	Частка, %
1	4,74	цис-3-гексен-1-ол	0,292	18	15,58	α-терпінеол	4,526
2	6,78	мірцен	0,470	19	16,48	ліналілацетат	24,591
3	7,3	1-октен-3-ол	0,388	29	16,64	пара-цимен-8-ол	0,314
4	7,31	Δ ³ -карен	0,436	21	17,13	криптон	1,139
5	7,45	октанол-3	0,190	22	17,44	гераніол	2,032
6	7,89	октанон-3	0,132	23	17,83	лавандулілацетат	2,376
7	8,08	лімонен	0,641	24	18,14	борнілацетат	0,260
8	8,39	β-феландрен	1,562	25	18,4	–	0,489
9	8,54	транс-оцимен	2,308	26	18,72	куміновий альдегід	0,385
10	8,78	цис-оцимен	1,394	27	20,4	α-сантален	0,282
11	10,4	терпінолен	0,289	28	20,72	нерилацетат	1,293
12	11,46	ліналоол	26,539	29	21,11	β-каріофілен	2,141
13	13,96	лавандулол	0,691	30	21,54	геранілацетат	2,763
14	14,69	борнеол	4,000	31	24,75	α-аморфен	1,243
15	14,71	терпінен-4-ол	2,632	32	27,74	каріофіленоксид	0,764
16	14,79	камфора	0,386	33	28,03	–	0,733
17	14,84	–	0,207	34	28,93	α-кадінол	12,110

Abundance

Рис. 2. Хроматограма ефірної олії *L. vera* у фазу цвітіння

Отримана олія лаванди характеризувалась «середньою якістю», тому що згідно зі стандартом частка ліналілацетату в ефірній олії *L. vera* не повинна бути нижчою 47% [12]. Однак, завдяки наявності терпеноїдів (ліналоолу, борнеолу, гераніолу) та складних ефірів (ліналілацетату та геранілацетату) рослини *L. vera* мають бактерицидні, фунгіцидні й інсектицидні властивості.

Висновки

Відомості щодо поширення, морфобіологічних і біохімічних особливостей вказують на перспективність використання нетрадиційної ароматичної рослин *L. vera* у якості ароматичної, смакової, ефіроолійної, лікарської, медоносної, фітонцидної, декоративної культури.

Упродовж онтоморфогенезу рослин *L. vera* було відмічено три періоди (латентний, прегенеративний і генеративний) і 6 вікових станів рослин: насіння, проростки, ювенільний, іматурний, віргінільний, генеративний. З другого року життя рослини переходять до молодого генеративного стану. На третій рік життя було відмічено середньовіковий генеративний стан онтогенезу, який в умовах інтродукції триває понад 10 років.

Встановлено, що розсадний та вегетативний способи розмноження лаванди (поділ особин на частки) має переваги над насінним, зважаючи на низькі показники польової схожості насіння (5–10%).

Рослинна сировина лаванди справжньої, вирощена в умовах Полісся України, може бути джерелом органічних речовин, дубильних сполук, вітамінів і макроелементів. Порівняно високий вміст дубильних речовин ($5,8 \pm 0,49\%$) у фітосировині лаванди дозволяє рекомендувати її як протизапальний і в'язучий засіб, а високий вміст клітковини ($32,91 \pm 1,24\%$) – для попередження атеросклерозу, гіпертонії і нормалізації процесів травлення.

Ефірна олія *L. vera* містить біологічно активні сполуки ліналоол (26,539%), ліналілацетат (24,591%) і α -кадінол (12,11%), тому є доцільним її використання у фармації, парфумерно-косметичній і харчовій галузях. Наявність в ефірній олії лаванди 2,632% терпінен-4-олу та 0,386% камфори свідчить про її добру якість. Біохімічний склад фітосировини й ефірних олій *L. vera* засвідчує її біологічну цінність і доцільність впровадження в культуру в зоні Полісся України для отримання нових харчових біододатків, фітопрепаратів, парфумерних, косметичних, інсектицидних та акарицидних засобів.

Використана література

1. Рахметов Д. Б., Кораблева О. А., Стаднічук Н. О. Каталог завершених наукових розробок відділу нових культур. Київ : Нора-Друк, 2003. 76 с.
2. Рахметов Д. Б., Стаднічук Н. О., Кораблева О. А. та ін. Нові кормові, пряносмакові та овочеві інтродукції в Лісостепу і Поліссі України. Київ : Фітосоціоцентр, 2004. 163 с.
3. Работягов В. Д. Математическая модель продуктивности лаванды. *Физиология и биохимия культ. растений*. 1983. Т. 15, № 6. С. 566–571.
4. Работягов В. Д., Бакова Н. Н., Хлыпенко Л. А., Голубева Т. Ф. Эфиромасличные культуры и пряноароматические растения для использования в фитотерапии. Ялта, 1998. 82 с.
5. Свиденко Л. В. Біологічні особливості і господарсько цінні ознаки перспективних ефіроолійних рослин в умовах Херсонської області : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.05 / Нікітський ботанічний сад. Ялта, 2002. 20 с.
6. Либусь О. К., Работягов О. Д., Кутько С. П., Хлыпенко Л. А. Эфирномасличные и пряно-ароматические растения. Херсон : Айлант, 2004. С. 139–143.
7. Маланкина Е. Л. Агробиологическое обоснование повышения продуктивности эфиромасличных растений из семейства яснотковые (*Lamiaceae* L.) в Нечерноземной зоне России : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.13 / РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева. Москва, 2007. 343 с.
8. Мінарченко В. М. Лікарські судинні рослини України (медичне та ресурсне значення). Київ : Фітосоціоцентр, 2005. 324 с.
9. Георгиевский В. П., Комиссаренко Н. Ф., Дмитрук С. Е. Биологически активные вещества лекарственных растений. Новосибирск : Наука, 1990. 330 с.
10. Кустова С. Д. Справочник по эфирным маслам. Москва : Пищевая пром-сть, 1978. 208 с.
11. Яцук Г. Ф., Семенів О. О., Бігун Н. П., Гаран І. Ю. Лікарські зернові, зернобобові, олійні, ефіроолійні рослини. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2012. 128 с.
12. Ароматерапия. Учебный курс / сост. : Б. Виноградов, Н. Виноградова, Л. Голан. Fultus Publ., 2010. 433 с.
13. Попа Д. П. Высшие терпеноиды растений семейства Губоцветных. Кишинев : Штинца, 1976. 148 с.
14. Носов А. М. Лекарственные растения. Москва : Эксмо, 2005. 350 с.
15. Veres K. Variability and biologically active components of some Lamiaceae species : Ph.D. Thesis. University of Szeged, Szeged, Hungary, 2007. 95 p. URL: http://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/1081/1/Veres_Katalin_2007.pdf
16. Carović-Stanko K., Petek M., Grdijal M. et al. Medicinal plants of the family *Lamiaceae* as functional foods – a review. *Czech J. Food Sci.* 2016. Vol. 34, Iss. 4. P. 377–390. doi: 10.17221/504/2015-CJFS
17. Cvijovic V., Djukic D., Mandis L. et al. Composition and antimicrobial activity of essential oils of some medicinal and spice plants. *Chem. Nat. Compd.* 2010. Vol. 46, Iss. 3. P. 481–482. doi: 10.1007/s10600-010-9652-z
18. Salamone A., Zizzo G. V., Scarito G. The antimicrobial activity of water extracts from *Labiatae*. *Acta Hort.* 2006. Vol. 723. P. 465–470. doi: 10.17660/ActaHortic.2006.723.67
19. Гончаренко М., Радченко О., Литвинчук О. Антибактеріальна дія ефірних олій лаванди та розмарину на збудника чорної бактеріальної плямистості перцю *Xanthomonas vesicatoria*. *Вісник Львів. ун-ту. Сер. біол.* 2016. Вип. 71. С. 215–221.
20. Лавренова Г. В., Лавренов В. К. Энциклопедия лекарственных растений. Донецьк : Донеччина, 1997. Т. 1. 279 с.
21. Лавренова Г. В. Онипко В. Д. Тысяча золотых рецептов народной медицины. Санкт-Петербург : Нева, 2004. 352 с.
22. Рыбак Г. М., Кораблева О. А., Романенко Л. Р. Проблемы интродукции пряно-ароматических растений в условиях Полесья Украины. *Экологические проблемы интродукции растений на современном этапе: вопросы теории и прак-*

- тики : матер. Междунар. науч. конф. Краснодар, 1993. Ч. 2. С. 393–396.
23. Балабас Г. М. Интродукция лекарственных, ароматических и технических растений. Москва : Наука, 1965. 425 с.
 24. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск : Наука, 1974. 156 с.
 25. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение. *Полевая геоботаника*. Москва ; Ленинград : Изд-во АН СССР, 1964. Т. 3. 378 с.
 26. Ермаков А. И., Арасимович В. В., Смирнова-Иконникова М. И. Методы биохимического исследования растений. Ленинград : Колос, 1985. 455 с.
 27. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. Киев : Наук. думка, 1976. 336 с.
 28. Грицаенко З. М., Грицаенко А. О., Карпенко В. П. *Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів*. Київ : Нічлава. 2003. 320 с.
 29. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос, 1985. 256 с.
 30. Крищенко В. П. Методы оценки качества растительной продукции. Москва : Колос, 1983. 192 с.
 31. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла : ГОСТ 24027.2-80. Москва, 1988. 120 с.
 32. Черногород Л. Б., Виноградов Б. А. Эфирные масла некоторых видов рода *Achillea* L., содержащие фразанол. *Растительные ресурсы*. 2006. Т. 42, Вып. 2. С. 61–68.
 33. Берко Й. Типи пагонів видів родини Губоцвітих (*Lamiaceae*) флори України та їхня екобіоморфологічна характеристика. *Праці Наук. тов-ва ім. Шевченка*. 2008. Т. 23: Екологічний збірник С. 146–155.
 34. Скипор О. Б., Золотилова В. А., Золотилова О. М. Зависимость укореняемости черенков лаванды от сроков черенкования и возраста материнских растений. *Научный журнал КубГАУ*. 2015. № 112 (08). URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/34.pdf>
- ## References
1. Rakhmetov, D. B., Korableva, O. A., Stadnichuk, N. O., Smilianets, N. M., & Hlabets, V. Kh. (2003). *Kataloh zavershenykh naukovykh rozrobok viddilu novykh kultur* [Catalog of completed scientific developments of the department of new cultures]. Kyiv: Nora Druk. [in Ukrainian]
 2. Rakhmetov, D. B., Stadnichuk, N. O., Korablova, O. A., Smilianets, N. M., & Skrypka, O. M. (2004). *Novi kormovi, prianosmakovi ta ovochevi introdutsenty v Lisostepu i Polissi Ukrainy* [New fodder, spice and vegetable introducers in the Forest-Steppe and Polissia of Ukraine]. Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian]
 3. Rabotyagov, V. D. (1983). Mathematical model of lavender productivity. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rasteniy* [Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants], 15(6), 566–571. [in Russian]
 4. Rabotyagov, V. D., Bakova, N. N., Khlypenko, L. A., & Golubeva, T. F. (1998). *Efiromaslichnye kul'tury i pryanoaromaticheskie rasteniya dlya ispol'zovaniya v fitoterapii* [Essential oil crops and aromatic plants for use in herbal medicine]. Yalta: N. p. [in Russian]
 5. Svydenko, L. V. (2002). *Biologichni osoblyvosti i hospodarsko tsinni oznaky perspektyvnykh efirooliinykh roslin v umovakh Khersonskoi oblasti* [Biological features and economic-valuable tags perspective essential oil of plants in conditions of the Kherson area] (Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.). Nikitsky Botanical Garden – The National Science Center of the NAAS of Ukraine, Yalta, Ukraine. [in Ukrainian]
 6. Libus, O. K., Rabotyagov, O. D., Kut'ko, S. P., & Khlypenko, L. A. (2004). *Efiromaslichnye i pryanoaromaticheskie rasteniya* [Essential oil and aromatic plants] (pp. 139–143). Kherson: Ailant [in Russian]
 7. Malankina, E. L. (2007). *Agrobiologicheskoe obosnovanie povysheniya produktivnosti efiromaslichnykh rasteniy iz semeystva yasnotkovye (Lamiaceae L.) v Nechernozemnoy zone Rossii* [Agrobiological rationale for increasing the productivity of essential oil plants from the *Lamiaceae* L. family in the Non-Chernozem zone of Russia] (Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.). Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia. [in Russian]
 8. Minarchenko, V. M. (2005). *Likarski sudynni roslyny Ukrainy (medychne ta resursne znachennia)* [Medicinal vascular plants of Ukraine (medical and resource value)]. Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian]
 9. Georgievskiy, V. P., Komissarenko, N. F., & Dmitruk, S. E. (1990). *Biologicheski aktivnye veshchestva lekarstvennykh rasteniy* [Biologically active substances of medicinal plants]. Novosibirsk: Nauka. [in Russian]
 10. Kustova, S. D. (1987). *Spravochnik po efirnym maslam* [A guide to essential oils]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost. [in Russian]
 11. Yatsuk, H. F., Semeniv, O. O., Bihun, N. P., & Haran, I. Yu. (2012). *Likarski zernovi, zernobobovi, oliini, efirooliini roslyny* [Medicinal cereals, legumes, oilseeds, essential oils]. Ternopil: Navchalna knyha – Bohdan. [in Ukrainian]
 12. Vinogradov, B., Vinogradova, N., & Golan, L. (Eds.). (2010). *Aromaterapiya. Uchebnyy kurs* [Aromatherapy. Training course]. Fultus Publ. [in Russian]
 13. Popa, D. P. (1976). *Vysshie terpenoidy rasteniy semeystva Gubotsvetnykh* [Higher terpenoids of plants of the *Lamiaceae* family]. Chisinau: Shtiintsa [in Russian]
 14. Nosov, A. M. (2005). *Lekarstvennye rasteniya* [Medicinal plants]. Moscow: Eksmo. [in Russian]
 15. Veres, K. (2007). *Variability and biologically active components of some Lamiaceae species* (Ph.D. Thesis). University of Szeged, Szeged, Hungary. Retrieved from http://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/1081/1/Veres_Katalin_2007.pdf
 16. Carović, Stanko K., Petek, M., Grdića, M., Pintar, J., Bedeković, D., Herak Čustić, M., & Satović, Z. (2016). Medicinal plants of the family *Lamiaceae* as functional foods – a review. *Czech J. Food Sci.*, 34(4), 377–390. doi: 10.17221/504/2015-CJFS
 17. Cvijovic, V., Djukic, D., Mandis, L., Acamovic-Djokovic, G., & Pesakovic, M. (2010). Composition and antimicrobial activity of essential oils of some medicinal and spice plants. *Chem. Nat. Compd.*, 46(3), 481–482. doi: 10.1007/s10600-010-9652-z
 18. Salamone, A., Zizzo, G. V., & Scarito, G. (2006). The antimicrobial activity of water extracts from Labiatae. *Acta Hort.*, 723, 465–470. doi: 10.17660/ActaHortic.2006.723.67
 19. Honcharenko, M., Radchenko, O., & Lytvynchuk, O. (2016). The antibacterial effect of the essential oils lavender and rosemary on the bacterial pathogen of black spot pepper *Xanthomonas vesicatoria*. *Visnik Lviv's'kogo universitetu. Seria biologichna* [Visnyk of the Lviv University. Series Biology], 71, 215–221. [in Ukrainian]
 20. Lavrenova, G. V., & Lavrenov, V. K. (1997). *Entsiklopediya lekarstvennykh rasteniy* [Encyclopedia of Medicinal Plants] (Vol. 1). Donetsk: Donechchina. [in Ukrainian]
 21. Lavrenova, G. V., & Onipko, V. D. (2004). *Tysyacha zolotykh reitseptov narodnoy meditsyny* [A thousand golden recipes of traditional medicine]. St. Petersburg: Neva. [in Russian]
 22. Rybak, G. M., Korableva, O. A., & Romanenko, L. R. (1993). Problems of introduction of spicy-aromatic plants in the conditions of Polissya of Ukraine. In *Ekologicheskie problemy introduktsii rasteniy na sovremennoy etape: voprosy teorii i praktiki* [Ecological problems of plant introduction at the present stage: issues of theory and practice]: Proc. Int. Sci. Conf. (Pt. 2, pp. 393–396). Krasnodar, Russia. [in Russian]
 23. Balabas, G. M. (1965). *Introdukciya lekarstvennykh, aromaticheskikh i tekhnicheskikh rasteniy* [Introduction of medicinal, aromatic and technical plants]. Moscow: Nauka. [in Russian]
 24. Bejdeman, I. N. (1974). *Metodika izucheniya fenologii rasteniy i rastitel'nykh soobshchestv* [Methodology for studying the phe-

- nology of plants and plant communities]. Novosibirsk: Nauka. [in Russian]
25. Serebryakov, I. G. (1964). Life forms of higher plants and their study. In *Polevaya geobotanika* [Field geobotany] (Vol. 3). Moscow: Izdatelstvo AN SSSR. [in Russian]
 26. Ermakov, A. I., Arasimovich, V. V., & Smirnova-Ikonnikova, M. I. (1985). *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad: Kolos [in Russian]
 27. Pochinok, Kh. N. (1976). *Metody biokhimicheskogo analiza rasteniy* [Methods of biochemical analysis of plants]. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian]
 28. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biologichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen roslin i gruntiv* [Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils]. Kyiv: Nichlava. [in Ukrainian]
 29. Pleshkov, B. P. (1985). *Praktikum po biokhimii rasteniy* [Workshop on plant biochemistry] (3rd ed., rev. and enl.). Moscow: Kolos. [in Russian]
 30. Krishchenko, V. P. (1983). *Metody otsenki kachestva rastitel'noy produktsii* [Methods for assessing the quality of plant products]. Moscow: Kolos. [in Russian]
 31. *Methods for determination of moisture, ash content, extractive and tannin materials, essential oil: State Standard (GOST) 24027.2-80*. (1988). Moscow. [in Russian]
 32. Chernogorod, L. B., & Vinogradov, B. A. (2006). Essential oils of some species of the genus *Achillea* L. containing fragranol. *Rastitel'nye resursy* [Plant Resources], 42(2), 61–68. [in Russian]
 33. Berko, Y. (2008). Shoot types of mint family (*Lamiaceae*) species in Ukrainian flora and their ecobiomorphological characteristics. *Pratsi Naukovoho tovarystva imehi Shevchenka* [Proceedings of the Shevchenko Scientific Society], 23, 146–155. [in Ukrainian]
 34. Skipor, O. B., Zolotilov, V. A., & Zolotilova, O. M. (2015). The dependence of the rooting of cuttings of lavender on the timing of propagation and the age of the mother plants. *Scientific Journal of KubSAU*, 112(08). Retrieved from <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/34.pdf>

UDC 633.8:631.529(477.4)

Kotyuk, L. A.¹ & Trofimova, A. V.² (2021). Peculiarities of introduction of *Lavandula vera* D.C. into the culture in the Central Polissia of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(4), 282–289. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.248997>

¹Polissia National University, 7 Staryi bulvar, Zhytomyr, 10002, Ukraine, e-mail: kotyuk-la@ukr.net

²Ukrainian Institute of Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, e-mail: trofimovaanna758@gmail.com

Purpose. Determining the assessment of the prospects and success of *Lavandula vera* D.C. introduction in the Central Polissia of Ukraine. **Methods.** General scientific and special: morphological and descriptive, biometric, laboratory, field, biochemical. **Results.** Based on the analysis of literary sources and experimental studies, the issues of distribution, onthomorphogenetic features, biochemical composition of plant materials and components of essential oils of the non-traditional aromatic plant *L. vera* were studied. During the individual development of *L. vera* plants, three periods (latent, pregenerative, and generative) and 6 age states of plants were noted: seeds, seedlings, juvenile, immature, virginal, and generative. It was revealed that seed-

ling and vegetative propagation of lavender (separation of individual plants into parts) has advantages over seeds due to low field germination of seeds (5–10%). Plant raw materials of lavender, grown in the conditions of Ukrainian Polissia, are a source of organic substances, tannins, vitamins and macroelements. **Conclusions.** Information on distribution, onthomorphogenetic and biochemical characteristics of the non-traditional aromatic plant *L. vera* indicates the prospects for its cultivation in the conditions of the Central Polissia of Ukraine as an aromatic, flavoring, essential oil, medicinal, melliferous, phytoncidal, and ornamental plant.

Keywords: essential oil; onthomorphogenesis; reproduction methods; biochemical composition.

Надійшла / Received 12.10.2021

Погоджено до друку / Accepted 29.11.2021

Adaptability of F_1 sunflower hybrids, created according to an integrated system of line selection for economically valuable traits in various agroclimatic zones

V. O. Babych^{1,2*}, I. Yu. Borovska², Ya. Yu. Sharypina², Ya. F. Parii², Yu. V. Symonenko^{1,2}

¹*Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, NAS of Ukraine, 148 Akademika Zabolotnoho St., 03143, Kyiv, Ukraine, *e-mail: vikuhababych@gmail.com*

²*Ukrainian Scientific Institute of Plant Breeding (VNIS), 30 Vasylykivska St., Kyiv, 03041, Ukraine*

Purpose. Determine the ecological plasticity and productivity of F_1 sunflower hybrids created on the basis of maternal and parental lines, selected according to an accelerated selection system of lines resistant to herbicides (imidazoline and sulfonylurea groups) and broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.). **Methods.** Statistical analysis of F_1 sunflower hybrids was carried out using the methods of variation statistics, regression and analysis of variance using the Microsoft Office Excel 2016 application package. Molecular biological, biotechnological and classical selection methods were used for the accelerated system of line selection. Thus, for the purpose of targeted selection of sunflower sterility fixers, we used HRG01 molecular SCAR marker to identify the gene for the restoration of pollen fertility (Rf_1). To accelerate the creation of parental lines resistant to tribenuron-methyl, we used a culture of immature embryos *in vitro*. **Results.** The results of testing of F_1 sunflower hybrids at Kyiv, Chernihiv, Cherkasy (Uman and Shpolianskyi districts), Khmelnytskyi, Kharkiv, Kherson and Odesa regions. The hybrids were created on the basis of selected lines, chosen according to an accelerated selection system for herbicide-resistant lines (imidazoline (IMI-hybrids) and sulfonylurea (SU-hybrids) groups) and broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.). The standards for comparison with hybrids were: for IMI hybrids – hybrids 'NK Neoma' (Syngenta) and 'ES Genesis' (Euralis), and for SU-hybrids – 'SY Sumiko' (Syngenta) and 'P64LE25' (Pioneer). As a result, it was found that among SU-hybrids, UA 2/106 had a 3.9% higher yield when compared to the standards ('SY Sumiko' and 'P64LE25'). And for IMI-hybrids it was found that hybrids UA 1/67, UA 1/66, UA 1/84 have the same yield of 2.76 t/ha as the 'NK Neoma' standard. IMI hybrids UA 1/92, UA 1/102 have the same yield of 2.91 t/ha as 'ES Genesis'. **Conclusions.** F_1 hybrids were created on the basis of the original breeding material selected due to the accelerated system of sunflower lines selection. The hybrids were analyzed according to the yield indicator. The most productive among the tested SU-hybrids was UA 2/106 hybrid, among the IMI hybrids – UA 1/67, UA 1/66, UA 1/84, UA 1/92 and UA 1/102.

Keywords: *Helianthus annuus* L.; hybrid; yield; test.

Introduction

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is the main oilseed crop in Ukraine; in 2020 it was grown on an area of more than 6 million hectares [1]. In industrial production, high-yield-

ing sunflower hybrids characterized by a set of certain economically valuable traits, such as resistance to: herbicides of sulfonylurea and imidazoline groups, diseases, pests, and parasitic weed sunflower broomrape are used. To create sunflower F_1 hybrids, cytoplasmic male sterility (CMS) is used, where the main components of the hybrid are a sterile sunflower pollen maintainer (Nrf_1rf_1), its sterile analogue (Srf_1rf_1) and a sunflower pollen fertility restorer (N/SRf_1Rf_1) [2]. The selection of each component based on valuable traits [resistance to herbicides and parasitic weed broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.)] is a long selection process that lasts for 6 years, and with testing of hybrids and their subsequent registration lasts 12 years [2, 3]. The

Viktoriya Babych

<http://orcid.org/0000-0002-1022-9250>

Irina Borovska

<http://orcid.org/0000-0002-9498-7269>

Yaroslava Sharypina

<http://orcid.org/0000-0001-5078-1608>

Yaroslav Parii

<http://orcid.org/0000-0001-8813-3120>

Yuri Symonenko

<http://orcid.org/0000-0002-5597-3315>

use of molecular biological, biotechnological and immunological methods (testing lines on an artificial infectious background in laboratory conditions to determine the resistance of the starting material to the parasitic plant sunflower broomrape) together with classical breeding methods allows for the accelerated creation and selection of parental lines with economically valuable traits. For example, using molecular markers (RAPD, ALFP, SSR, etc.), it is possible to identify resistance genes: to downy mildew (*Pl* genes) [3–5], parasitic plant sunflower broomrape (*Or* genes) [3, 6, 7], herbicides (*AHAS/ALS* genes) [3, 8, 9] and pollen fertility restoration genes (*Rf* genes) [10–14] in paternal sunflower lines. This method allows to carry out targeted selections among the source material of sunflower by the given genes (*Pl*, *Or*, *Rf*, *AHAS/ALS*, etc.). Among the methods for obtaining paternal components with certain characteristics, the method of culture of immature embryos *in vitro* is effective. This method is also used to study somatic embryogenesis, organogenesis, and regeneration [15–19], to obtain plants with altered traits after their genetic transformation [20], to reproduce seeds with low viability, as well as to obtain distant hybrids [2, 21].

The ultimate goal of selecting the sunflower resulting lines is their further crossing to create hybrids (F_1), which will have certain economically valuable traits (resistance to herbicides and to a parasitic weed sunflower broomrape, drought, increased yield and oil content, etc.).

A prerequisite for the introduction of new sunflower hybrids into industrial cultivation is testing of hybrids for an objective assessment of their genetic potential, competitiveness and adaptability, in order to determine the cultivation zone to obtain the maximum yield level. Environmental tests make it possible to assess the ecological plasticity in terms of yield, which is one of the methods for studying the reaction rates for this trait and the growing area [22–24].

The aim of the study is to determine the ecological plasticity and yield of F_1 sunflower hybrids in an ecological test, obtained on the basis of maternal and paternal lines, selected according to an accelerated selection system of lines resistant to herbicides (imidazoline and sulfonylurea groups) and broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.).

The hybrids tested in 2020 were selected according to the accelerated selection system for the initial material of sunflower resistant to herbicides (imidazoline and sulfonylurea

groups) and a plant-parasitic weed sunflower broomrape, developed during 2016–2020. A feature of the created system of accelerated selection is the phased application of a complex of biotechnological, molecular biological and breeding methods of acceleration and targeted selection of lines with the desired economically valuable traits.

Materials and research methods

Plant material

Sunflower hybrids are created on the basis of maternal and paternal lines resistant to herbicides and broomrape, selected according to an accelerated selection system.

To create hybrids resistant to herbicides of the imidazoline group (the Euro-Lightning herbicide of the Clearfield production system of BASF with the active ingredient imizapir 15 g/l and imazamox 33 g/l), the following material was used:

- maternal lines – BH320/‘NK Neoma’ (11/15), BH320/‘NK Neoma’ (11/103), BH320/‘NK Neoma’ (11/104), BH039/‘EC Artemis’ (11/162), BH3978/‘Dragan’ (12/155) та BH3978/‘Dragan’ (12/156) [25];

- paternal line – line 3 [26].

For hybrids resistant to sulfonylurea herbicides (herbicide Granstar Gold 75 by Dupont with the active ingredient tribenuron-methyl 750 g/kg), the following was used:

- maternal lines – Ls8A/Lc1093B (9/10), Ls8A/Lc1093B (9/12), Ls8A/Lc1093B (9/117), Zoria FN/Lc1093B (9/138), Zoria FN/Lc1093B (9/166), A12/Lc1093B (10/124) та A12/Lc1093B (10/216) [25];

- paternal lines – BH0118/SURES-2 (101/1), BH0118/SURES-2 (101/4), BH0118/SURES-2 (101/6), BH0118/SURES-2 (101/7), BH0218/SURES-2 (101/11), BH0218/SURES-2 (101/12), BH0218/SURES-2 (101/16), BH0218/SURES-2 (101/17), BH0218/SURES-2 (101/18), BH0318/SURES-2 (101/21), BH0318/SURES-2 (101/24), BH0318/SURES-2 (101/28), BH0318/SURES-2 (101/30) [26].

The system of accelerated selection of paternal lines was carried out according to the scheme shown in Figure 1. Work with the mother lines was conducted in two stages: 1) isolation of sterility maintainers using SCAR marker HRG01; 2) the isolation of broomrape resistant sterility maintainers on an artificial infectious background in laboratory conditions. Work with paternal forms included: 1) study of the regenerative capacity of sunflower pollen fertility restorer lines resistant to imidazolinones, and accelerated creation of fertility restorer lines resistant to tribenuron-methyl when using a cul-

ture of immature embryos; 2) isolation of pollen fertility restorer lines resistant to broomrape

on an artificial infectious background in laboratory conditions.

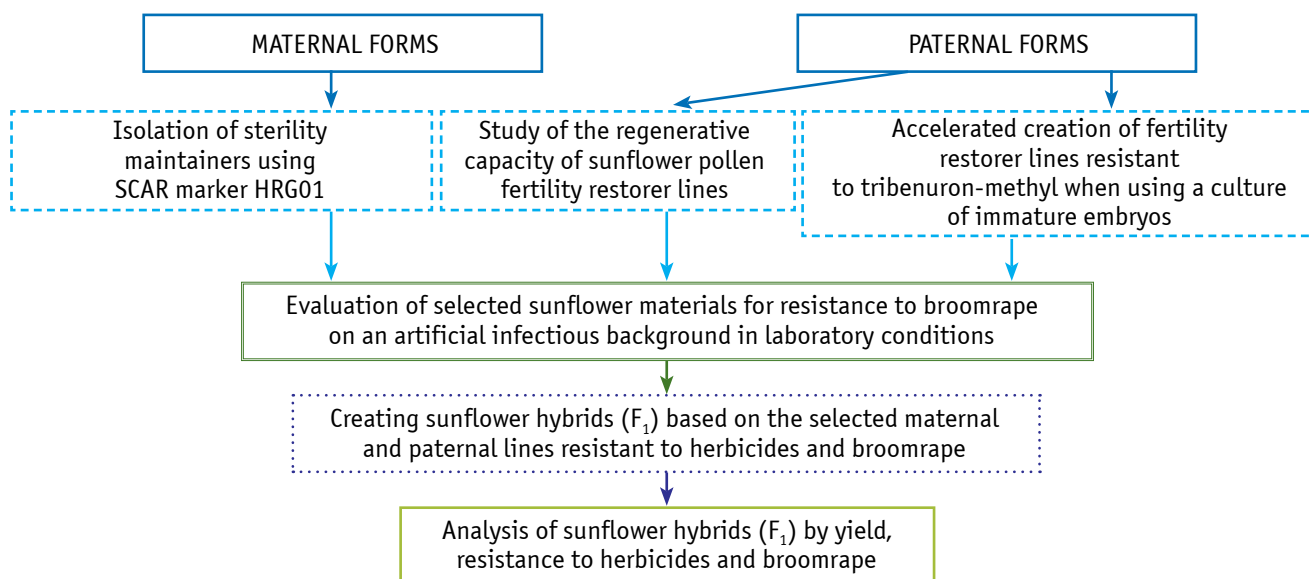


Fig. 1. General scheme of the accelerated system of sunflower parental lines selection

Identification of SCAR marker HRG01 was carried out by PCR using a pair of primers flanking the 1.1 cM region between OPK13_454 and E33M61_136 in 13 sunflower linkage group [11]. The nucleotide sequence of the primers to the HRG01 locus was as follows: F primer: 5'-TATGCATAATTAGTTATACCC-3'; R primer: 5'-ACATAAGGATTATGTACGGG-3' [11]. PCR was performed using GenePak PCR Core reagent kits, «Isogen» (Russia). DNA was isolated using the STAB method [27]. The reaction mixture consisted of 0.2 µl of each primer, 2 µl of PCR buffer 10x DreamTag™ GreenBuffer (Thermo Scientific), 0.2 mM of each deoxyribonucleoside triphosphate (dNTP) (Thermo Scientific), 2 units of polymerase 20 ng of genomic DNA. The final volume of the reaction mixture was 20 µL, to which additional 20 µL of mineral oil was added to prevent evaporation of the reaction mixture because thermostat lid is not heated. PCR was carried out in thermal cycler «Tertsik» (Russia) according to the program: initial denaturation for 10 min at 94 °C; 35 cycles – denaturation for 45 s at 94 °C; annealing for 45 seconds at 58 °C; elongation for 60 s at 72 °C; final elongation for 6 min at 72 °C to detect the HRG01 marker.

After the completion of PCR, the amplification products were separated by electrophoresis in 2% agarose gel, stained with ethidium bromide. The DNA ladders 50 bp kit (Thermo Scientific) was used to mark the length of the obtained fragments [14].

The studies of the regenerative capacity of sunflower fertility restorer lines resistant to

herbicides of the imidazoline group were carried out on 4 sunflower fertility restorer lines (2, 3, 19, 35) for the induction of organogenesis *in vitro*. To obtain an *in vitro* culture, cotyledons isolated from immature sunflower embryos selected on the 21st day after pollination were used. This work consisted of the following stages: sterilization of seeds, isolation of explants (cotyledons), induction of adventitious shoots and their elongation, rooting of regenerated plants, and adaptation of regenerated plants in a greenhouse.

21-day-old immature seeds were soaked for one day in distilled water to soften the shell, then the husks were separated from the immature seeds and the immature seeds were sterilized in 70% ethyl alcohol (1–2 min), a solution of household bleach «Bilyzna» (dilution in water in ratio 1 : 2) for 20 min, followed by washing with sterile distilled water (three times).

For the induction of adventitious buds, 5 modifications of the Murashige-Skoog medium (MS) [28] were used, supplemented with vitamins B5 [29], 3% sucrose, 5 mg/L AgNO₃ and the following growth regulators:

1) 2 mg/L N-isopentenylaminopurine (2-iP), 0.5 mg/L indole-3-acetic acid (IAA), 0.1 mg/L thidiazuron (TDZ) [26];

2) 2 mg/L N-isopentenylaminopurine (2-iP), 0.5 mg/L picloram, 0.1 mg/L thidiazuron (TDZ);

3) 1 mg/L 6-benzylaminopurine (BAP), 1 mg/L 1-Naphthaleneacetic acid (NAA), 0.1 mg/L gibberellic acid (GA₃) [18];

4) 1 mg/L 6-benzylaminopurine (BAP), 0.25 mg/L indole-3-acetic acid (IAA), 0.1 mg/L gibberellic acid (GA_3);

5) 2 mg/L kinetin (Kn), 0.5 mg/L 1-Naphthaleneacetic acid (NAA).

The pH of the medium was adjusted to 5.7 ± 0.1 using 1M KOH or HCl solution and autoclaved at 120 °C for 20 minutes.

The proliferation of adventitious buds was carried out on medium 1 and on medium supplemented with 3 mg/L 6-benzylaminopurine (BAP) and 2 mg/L N-isopentenyl aminopurine (2-iP).

For induction of morphogenesis, part of the explants were cultured for 21 days at a 16-hour photoperiod at a temperature of 25 °C, the rest of the explants were cultured for 14 days in darkness and 7 days at a 16-hour photoperiod at a temperature of 25 °C.

Adventitious shoots elongation was performed on MS media [28] with vitamins B5 [29], 3% sucrose, 5 mg/L $AgNO_3$, supplemented with: 1) 0.1 mg/L 6-benzylaminopurine (BAP) [20]; 2) 1 mg/L N-isopentenyl aminopurine (2-iP), 0.5 mg/L 6-benzylaminopurine (BAP) [30]; 3) 0.2 mg/L gibberellic acid (GA_3) [18]. Regenerated plants, which formed a well-developed root system, were adapted in a greenhouse with photoperiodic lighting (16 hours of light: 8 hours of dark) and a temperature of 25 °C.

As a result of these experiments, the optimal cultivation conditions were established to obtain the maximum proportion of sunflower regenerants, and an effective rooting system of adventitious shoots was developed, which allows the regenerant plants to be adapted to the greenhouse conditions [17].

Using an immature embryo culture of sunflower for the accelerated isolation of tribenuron-methyl resistant lines. The study carried out during 2017–2019, began with the crossing of fertility restorer lines BH0118, BH0218, and BH0318, which do not contain the tribenuron methyl resistance donor SURES-2 (TBM gene-resistance AHASL1-2) [19].

As a result of crossing the fertility line restorers BH0118, BH0218, and BH0318 with the tribenuron methyl resistance donor SURES-2, the genotypes SURES-2/BH0118, SURES-2/BH0218, SURES-2/BH were obtained. On the 21st day after flowering, 30 immature seeds were isolated from each basket and introduced into *in vitro* culture. For introduction into *in vitro* culture, immature seeds were sterilized in 70% ethyl alcohol (1–2 min), a solution of household bleach «Bilyzna» (dilution in water in a ratio of 1 : 2)

for 20 min, followed by washing with sterile distilled water (three times). After sterilization of immature seeds, the embryo with endosperm was peeled off. Then it was placed in Petri dishes with a basic MC medium [28] with the addition of 0.1 mg/L 6-benzylaminopurine (BAP). On 10–14 days of *in vitro* cultivation, sunflower seedlings with formed roots were obtained; they were subsequently planted in the soil, where they were adapted to greenhouse conditions and self-pollinated to produce I_1 seeds. On days 10–14 of *in vitro* cultivation, sunflower seedlings with formed roots were obtained; they were subsequently planted in the soil, where they were adapted to greenhouse conditions and self-pollinated for obtaining I_1 seeds.

In the spring of 2018, I_1 seeds obtained from self-pollinated regenerant plants that underwent adaptation after cultivation *in vitro* were sown at the breeding base of the All-Ukrainian Scientific Institute of Breeding (VNIS) located in the Obukhiv district of the Kyiv region in the village of Bezimenne. The plants were treated with the herbicide Granstar Gold 75 with the active ingredient tribenuron-methyl at a dose of 100 g/ha. For spraying, a selection sprayer created by the engineers of the VNIS company according to their technology was used, which made it possible to uniformly apply the herbicide to the leaf plate and the growth point of sunflower plants. Plants that showed no signs of herbicidal stress were forced to self-pollination. In July of the same year, immature embryos were selected from self-pollinated plants resistant to tribenuron-methyl on the 21st day after flowering and reintroduced into *in vitro* culture to carry out another cycle of self-pollination and obtain I_3 seeds.

In 2019, I_3 seeds were sown in a breeding field (Obukhiv district of Kyiv region, Bezimenne village) and treated with herbicide. Plants noted to be resistant to the herbicide were forced to self-pollinate again [19].

Testing for resistance to broomrape of maternal and paternal lines. Testing of these lines was carried out in the department of plant immunity to diseases and pests of Ukrainian Scientific Institute of Plant Breeding (VNIS).

Seeds of the parasite weed broomrape were collected from the host plant in the phase of physiological ripeness to carry out such testing. Seeds were collected in the Zaporizhzhia, Kharkiv, Kirovohrad, Odesa, Donetsk, Luhansk and Kherson regions on the fields of sunflower hybrids resistant to the E, F and G broom-

rape races (information on the resistance of hybrids was used from the catalogs of Limagrain, Syngenta, Pioneer companies with detailed information on sunflower hybrids), as well as from the demonstration fields of sunflower seed producing companies located near the central roads in each area, which were subsequently sieved to separate dry plant residues.

Seeds of sterility maintainer and fertility restorer lines were sown in pots with an infected peat mixture, which included 5 L of peat (= 1 kg 300 g), 2 kg of sand and 2 g of broomrape seeds.

After 30–35 days, the sunflower plants were carefully removed from the peat mixture and recorded the presence of broomrape tubercles. The count was carried out visually – the presence or absence of broomrape tubercles was determined on each of the studied plants.

Limagrain hybrids, namely 'LG 50505' (resistant to the G race of broomrape) – resistance standard (St R «resistance») and 'LG 5665' (resistant to the E race of broomrape) – susceptibility standard (St S «susceptible») were used as standards (St), for comparison the level of plant damage by broomrape [26].

Method for environmental testing of F_1 hybrids and statistical processing of the results. Testing of sunflower hybrids was carried out in accordance with the method generally accepted for the culture [31, 32]. In accordance with the methods [33, 34], the parameters of ecological plasticity and stability of sunflower hybrids were calculated. When calculating the coefficient of linear regression (b_i), the level of ecological plasticity of hybrids was established. When using the standard deviation from the regression line (S_i^2), the stability of the hybrid to various growing conditions was revealed, where X_i is the mean value of the trait of the I genotype under points, I_i is the environmental index. According to the coefficient of ecological plasticity (b_i), hybrids are divided into three groups:

1) high plasticity $b_i > (1 + \sigma)$ – under favorable conditions (under conditions with the maximum manifestation of the trait), the manifestation of the trait increases;

2) medium plasticity $b_i = (1 \pm \sigma)$ – the manifestation of the trait is at the level of medium sensitivity in the sample of hybrids under study;

3) low plasticity $b_i = (1 - \sigma)$ – the manifestation of the trait decreases under favorable conditions.

Hybrids were created in a winter nursery located in South America (Chile), the city of

Rancagua, during 2019–2020. The line used in the creation of sunflower hybrids was previously selected according to the accelerated complex selection system described above.

Depending on the resistance to certain herbicides, the hybrids were divided into sulfonylurea herbicide resistant (SU hybrids) and imidazoline herbicide resistant (IMI hybrids). The standards against which yields were compared were hybrids: for IMI hybrids, a hybrid of Syngenta 'NK Neoma' and Euralis 'ES Genesis', and for SU hybrids, a hybrid of Syngenta 'SY Sumiko' and Pioneer 'P64LE25', as these hybrids are among the most productive in Ukraine.

F_1 hybrids were tested during 2020 at 8 sites in the Obukhiv district of Kyiv region, Borozna district of Chernihiv region, Shpola district of Cherkasy region, Uman district of Cherkasy region, Teofipol district of the Khmelnytskyi region, Pervomaisk district of Kharkiv region, Novotroitske district of Kherson region, Kalievskyi district of Odesa region. The hybrids were sowed according to a randomized scheme in two repetitions. The hybrids were divided into blocks, 40 hybrids per block, where 4 hybrids were standards.

The total size of the plot was 20 m², the size of the accounting plot was 10 m². The density of plant standing before harvesting corresponded to the recommended number for the zone – 60–65 thousand plants per hectare in the zone of sufficient moisture and 50–55 thousand plants in the zone with moisture deficiency. So, the zone of sufficient moisture includes Khmelnytskyi, Kyiv and Chernihiv regions, the zone of insufficient moisture – Cherkasy and Kharkiv, the zone of deficient moisture – Kherson and Odesa regions.

Research results

The creation of a high-yielding sunflower hybrid takes about 12 years, of which it takes from 6 to 8 years to create maternal and paternal lines, therefore various methods are increasingly being used in sunflower breeding programs to speed up the creation of initial sunflower breeding material. Methods that allow targeted selection for certain characteristics include molecular biology methods, biotechnological methods (immature embryo culture, in vitro cell and tissue culture), assessment of material resistance to pathogens using an artificial infectious background, etc.

Thus, currently there are works that are separately aimed at the use of molecular markers to determine the presence of certain genes responsible for the manifestation of a trait [4–7].

Among the various biotechnological methods used to improve sunflower lines are immature embryo culture, culture of protoplasts and haploids [35]. However, work with sunflower is limited by its regenerative capacity *in vitro* [36, 37]. Although methods for studying sunflower regeneration by direct organogenesis were described [16, 30, 38], it has been established that sunflower regenerative capacity depends on a number of factors, such as: genotype, nutrient medium components, explant type and age, and *in vitro* cultivation methods. Therefore, a critical moment in the development of an effective sunflower regeneration protocol is the selection of cultivation conditions, the choice of an explant and a genotype that will be marked by a high regenerative capacity.

The proposed system for selecting maternal and paternal sunflower lines with economically valuable traits is based on a phased combination of biotechnological, molecular biological and breeding methods combined into one complex system for accelerated selection of lines (Fig. 2 and Fig. 3). The system of ac-

celerated selection of paternal lines was carried out according to the scheme shown in Figure 1. The molecular SCAR marker HRG01 was used on maternal lines to identify the fertility restorer gene (*Rf1*). Using this method, we carried out a targeted selection of sterility maintainers among maternal lines, with genotype *Nrf₁r_f₁* [14]. This accelerated the selection of maternal lines, which were later tested on an artificial infectious background in the laboratory for resistance to broomrape [25].

The work with paternal lines was carried out in two directions: 1) the regenerative capacity was studied by direct organogenesis on pollen fertility restorer lines resistant to imidazoline group herbicides [17]; 2) accelerated creation of sunflower pollen fertility restorer lines resistant to sulfonylurea group herbicides using an immature embryo culture of [19]. As a result of the studies performed with fertility restorer lines, the selected material was tested on an artificial infectious background in order to isolate the lines resistant to broomrape [26].

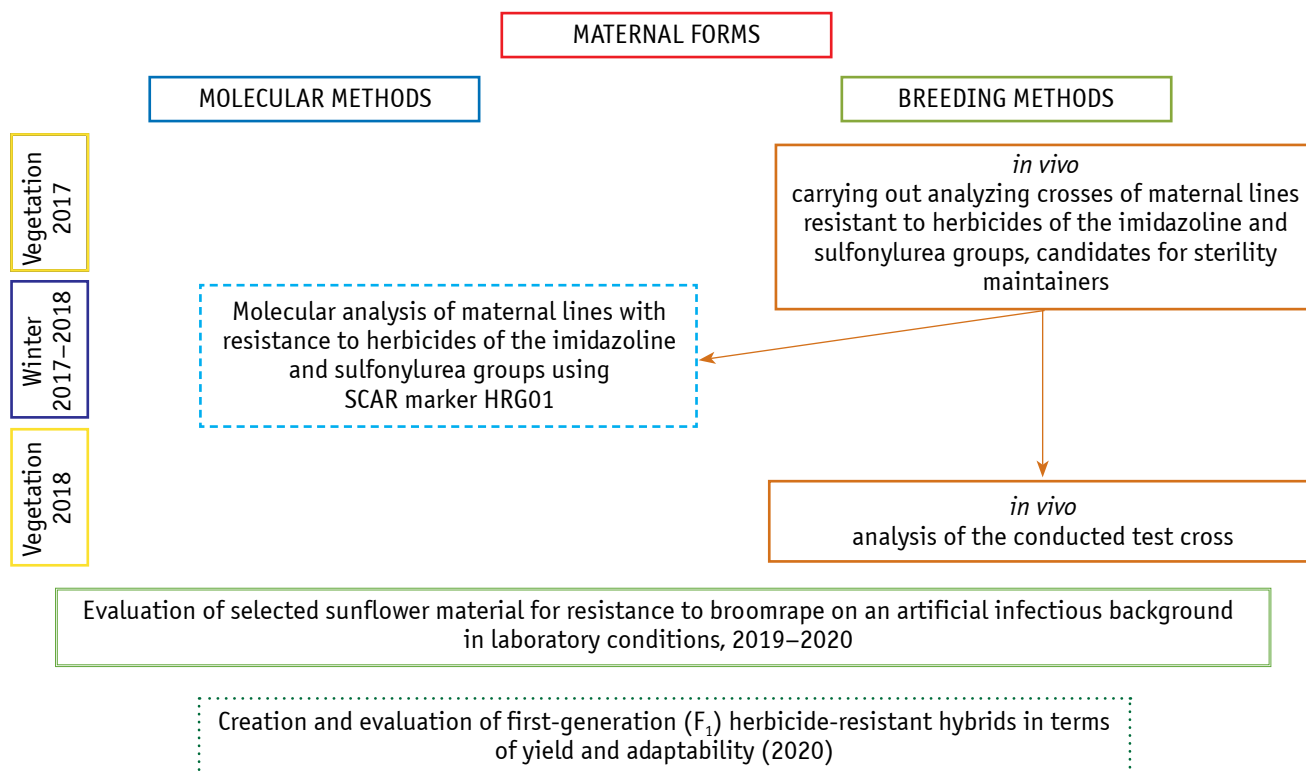


Fig. 2. Scheme of research when working with maternal forms

So, we have shown that when using SCAR marker HRG01, it is possible to carry out a targeted selection of sunflower sterility maintainers. 477 lines resistant to herbicides of the imidazoline group were tested, including 130 lines BH320/‘NK Neoma’, 156 lines BH039/‘ES Artimis’, 191 lines BH3978/‘Dragan’. As

a result, it was found that the sterility maintainers (*Nrf₁r_f₁*) [samples in which fertility restorer gene (*Rf₁*) was not detected] in the BH320/‘NK Neoma’ maternal lines were all tested samples, 107 among the BH039/‘ES Artimis’ line (4) and 128 samples in the BH3978/‘Dragan’ combination. In total, out of 477

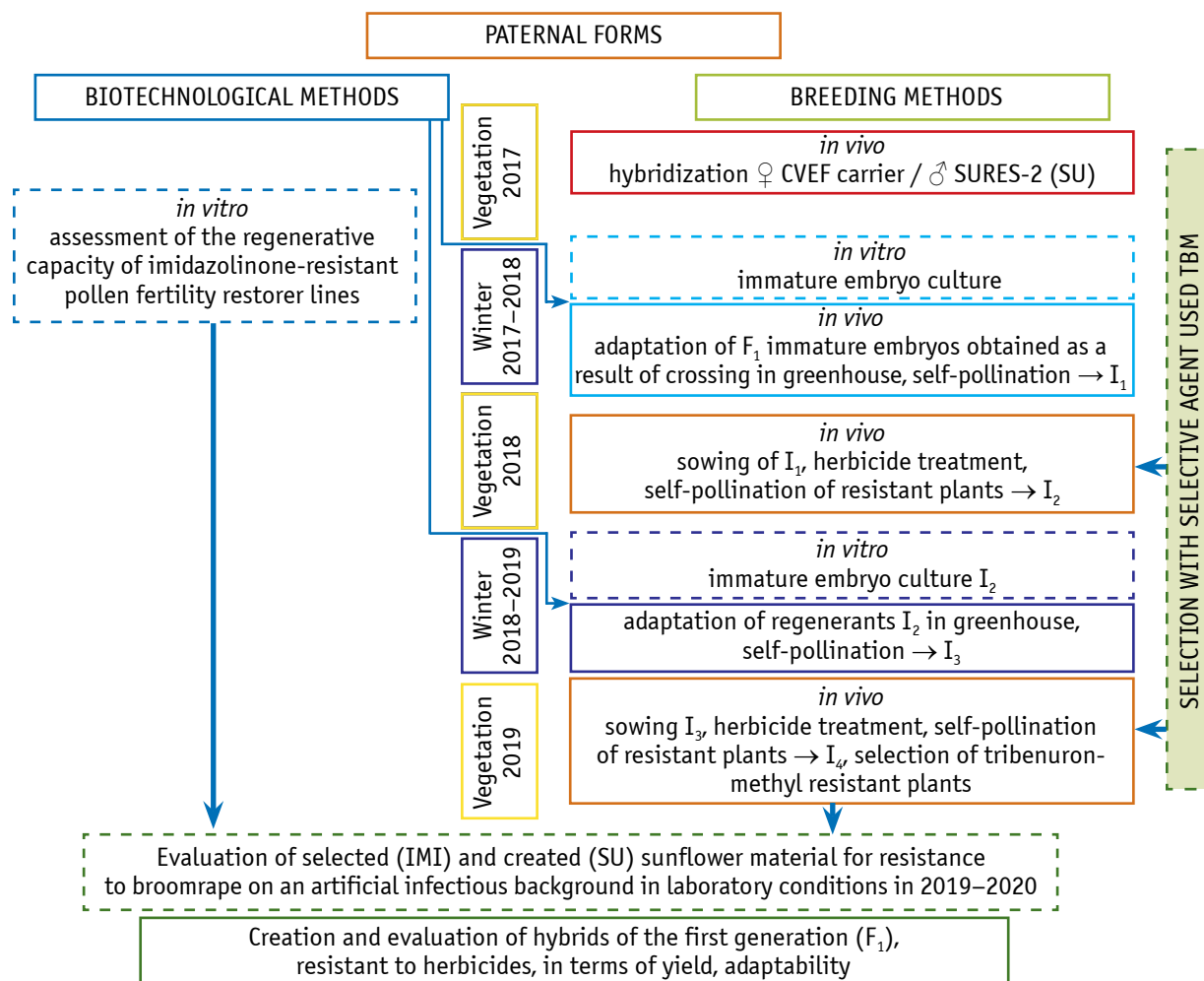


Fig. 3. Scheme of research when working with paternal forms

imidazoline lines, 365 were sunflower pollen sterility maintainers.

When testing 344 samples of lines resistant to herbicides of the sulfonylurea group, where 105 samples of lines of the Ls8A/

Lc1093B combination, 120 samples of the 'Zoria FN'/Lc1093B combination, and 119 samples of the A12/Lc109B combination, it was found that all samples are sterility maintainers [14].

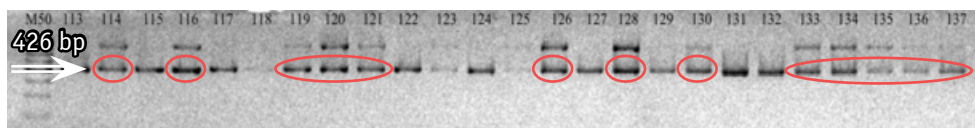


Fig. 4. Electrophoregram of amplification products using SCAR marker HRG01 of BH039/ 'ES Artimis' maternal line

M50 – 50 bp DNA Ladder molecular weight marker. Lanes: 113, 115, 117, 122, 124, 127, 129, 131, 132 – individual plants of the studied lines (no 426 bp amplicon); 114, 116, 119–121, 126, 128, 130, 133–137 – amplicon is observed in plants.

In the study of sunflower pollen fertility restorer lines resistant to imidazolinones, according to the regenerative ability, which consisted of the induction and elongation of adventitious shoots, rooting and adaptation of regenerative plants to greenhouse conditions, line 35 was selected for high regenerative abi-

lity. As a result of the study, optimal cultivation conditions were selected to obtain the maximum share of sunflower regenerants and an effective system for adventitious shoots rooting was developed, which allowed to adapt regenerated plants to aseptic conditions [17].

As a result of crossing the fertility restorer lines BH0118, BH0218 and BH0318 with the tribenuron-methyl resistance donor SURES-2 (TBM gene-resistance *AHASL1-2*), these combinations were obtained: BH02 2, BH0318/SURES-2. As a result of the staged cultivation of 21-day immature sunflower embryos and

with the selection of tribenuron-methyl-resistant plants (in the field), during 2017–2019 ten lines homozygous for tribenuron-methyl resistance were isolated from each combination of BH0118/SURES-2, BH0218/SURES-2, BH0318/SURES-2 [19].

Selected maternal (709 sterility maintainers, of which 365 were resistant to imidazolinones and 344 were resistant to tribenuron-methyl) and paternal lines (4 lines with resistance to

imidazolinones and 30 lines from each combination of BH0118/SURES-2, BH3/SURES-2) were tested on an artificial infectious background in laboratory conditions in order to isolate the lines resistant to broomrape.

Testing on an artificial infectious background in the laboratory was carried out by visual assessment of the presence of broomrape (Fig. 5.) during the winter period of 2019.



Fig. 5. Visual assessment of the presence of broomrape on sunflower lines, where 1 is a resistant plant (no broomrape was found) and 2, 3 is a susceptible to broomrape plant (tubercle of a parasitic weed were found)

When evaluating maternal lines resistant to imidazolinones on an artificial infectious background, it was found that three lines from BH320/‘NK Neoma’ (11/15, 11/103, 11/104), one line (11/162) from BH039/‘ES Artemis’ and two lines from the combination BH3978/‘Dragan’ (12/155, 12/156) were highly resistant to G-race of broomrape. Among lines resistant to tribenuron-methyl three lines from Ls8A/Lc1093B (9/10, 9/12, 9/117) and two lines from ‘Zoria FN’/Lc1093B (9/138, 9/166) and A12/Lc1093B (10/124, 10/216), as highly resistant to broomrape were chosen [25]. The results of the visual assessment are presented in Table 1.

When assessing the parental lines, it was found that among the imidazoline lines (2, 3, 19, 35) on an artificial infectious background under laboratory conditions, line 35 was isolated as highly resistant, since no signs of damage by broomrape were found in 100% of the plants. Among those resistant to tribenuron-methyl, four lines highly resistant to G-race of broomrape were distinguished from the combinations BH0118/SURES-2 (101/1, 101/4, 101/6, 101/7) and BH0318/SURES-2

(101/21, 101/24, 101/28, 101/30, and five lines (101/11, 101/12, 101/16, 101/17, 101/18) from the BH0218/SURES-2 combination [26] (Table 2).

Therefore, using the accelerated selection system, we chose maternal and paternal lines resistant to herbicides (imidazoline and sulfonylurea groups) and sunflower broomrape in a short period of time (2016–2020) [14, 17, 19, 25, 26].

The selected lines were used to create hybrids of the first generation of sunflower used in tests in various agroecological zones of Ukraine.

During the testing of F_1 sunflower hybrids, it was observed how environmental conditions affect yield. Therefore, the adaptability of hybrids to different agro-climatic conditions was assessed by the coefficient of ecological plasticity (b_i) and the indicator of reproduction of this trait under different growing conditions (S_i^2) [33, 34].

It was revealed that for SU-hybrids the most comfortable growing conditions and obtaining high yields were observed in Chernihiv ($I_i = 1.29$) and Cherkasy (Shpolianskyi district) ($I_i = 1.00$) regions. The least comfortable growing

Table 1

Resistance to broomrape of lines maintainers of sterility

Lines	Sample number	Total number of plants, pcs.	Number of resistant plants	
			pcs.	%
Lines resistant to imidazoline herbicides				
BH320/‘NK Neoma’	11/15	20	20	100
	11/103	20	20	100
	11/104	20	20	100
BH039/‘ES Artemis’	11/162	17	17	100
BH3978/‘Dragan’	12/155	20	20	100
	12/156	20	20	100
Lines resistant to sulfonylurea herbicides				
Ls8A/Lc1093B	11/10	20	20	100
	11/12	20	20	100
	11/117	20	20	100
‘Zoria FN’/Lc1093B	11/138	20	20	100
	11/166	19	19	100
A12/Lc1093B	12/124	20	20	100
	12/216	17	17	100
Standards				
LG 50505 (St R)	St1	20	20	100
LG 5665 (St S)	St2	20	20	0

Table 2

Resistance to broomrape in fertility restorer lines

Lines	Sample number	Total number of plants, pcs.	Number of unstable plants		Number of resistant plants	
			pcs.	%	pcs.	%
Lines resistant to sulfonylurea herbicides						
BH0118/SURES-2	101/1	20	0	0.0	20	100
	101/2	15	15	100	0	0.0
	101/3	13	13	100	0	0.0
	101/4	20	0	0.0	20	100
	101/5	16	2	12.5	14	87.5
	101/6	20	0	0.0	20	100
	101/7	18	0	0.0	18	100
	101/8	19	19	100	0	0.0
	101/9	14	14	100	0	0.0
	101/10	20	3	15.0	17	85.0
	Total number	175	66	37.7	109	62.3
BH0218/SURES-2	101/11	12	0	0.0	12	100
	101/12	12	0	0.0	12	100
	101/13	19	19	100	0	0.0
	101/14	19	19	100	0	0.0
	101/15	15	15	100	0	0.0
	101/16	8	0	0.0	8	100
	101/17	20	0	0.0	20	100
	101/18	20	0	0.0	20	100
	101/19	21	19	90.5	2	9.5
	101/20	15	15	100	0	0.0
	Total number	161	87	54.0	74	46.0
BH0318/ SURES-2	101/21	20	0	0.0	20	100
	101/22	13	2	15.4	11	84.6
	101/23	18	5	27.8	13	72.2
	101/24	15	0	0.0	15	100
	101/25	14	13	92.9	1	7.1
BH0318/ SURES-2	101/26	13	10	76.9	3	23.1
	101/27	19	2	10.5	17	89.5
	101/28	13	0	0.0	13	100
	101/29	19	5	26.3	14	73.7
	101/30	18	0	0.0	18	100
	Total number	162	37	22.8	125	77.2

Continue table 2

Lines	Sample number	Total number of plants, pcs.	Number of unstable plants		Number of resistant plants	
			pcs.	%	pcs.	%
Lines resistant to imidazoline herbicides						
2	l1/1	20	3	15.0	17	85.0
3	l1/2	17	13	76.5	4	23.5
35	l1/3	20	0	0.0	20	100
19	l1/4	19	5	26.3	14	73.7
Standards						
LG 50505 (St R)	St1	20	0	0.0	20	100
LG 5665 (St S)	St2	20	20	100.0	0	0.0

Table 3

Yield and adaptability of SU hybrids

Number	Yield of hybrids, t/ha									Adaptability parameters	
	Odesa region	Kherson region	Cherkasy region (Shpoliansky district)	Kyiv region	Cherkasy region (Uman district)	Khmelnitsky region	Kharkiv region	Chernihiv region	Average yield	Coefficient of ecological plasticity, b_1	Stability, S_1^2
High plasticity											
UA 2/205	1.49	0.56	3.67	3.34	3.18	2.58	1.72	4.53	2.63	1.26	13.43
UA 2/206	1.06	0.85	4.09	2.95	3.14	3.61	1.24	4.24	2.65	1.30	14.43
UA 2/186	1.38	0.99	4.05	3.19	2.70	2.87	1.61	4.41	2.65	1.20	12.15
UA 2/117	1.16	0.44	3.80	3.37	2.55	3.07	2.24	4.58	2.65	1.30	14.32
UA 2/235	2.03	1.15	4.56	2.69	2.22	2.50	1.32	4.79	2.66	1.18	12.21
UA 2/207	1.29	0.48	3.66	3.18	3.35	3.18	1.80	4.33	2.66	1.27	13.66
UA 2/136	1.50	0.63	4.11	3.85	2.75	2.81	1.82	4.08	2.69	1.24	13.11
UA 2/189	1.06	0.80	3.49	2.99	2.96	3.98	1.94	4.49	2.71	1.21	12.62
UA 2/162	1.22	0.86	4.29	3.13	2.39	3.27	2.10	4.52	2.72	1.25	13.27
UA 2/114	1.95	0.75	3.70	3.39	2.94	3.13	1.93	4.64	2.80	1.17	11.62
UA 2/204	1.02	0.60	3.74	3.73	3.41	3.07	2.14	4.80	2.81	1.38	16.12
Medium plasticity											
UA 2/123	2.72	1.06	3.55	3.42	3.03	2.16	1.59	4.03	2.69	0.89	6.91
UA 2/192	2.05	1.23	3.59	2.88	2.77	2.86	1.73	4.10	2.65	0.91	6.97
UA 2/184	1.07	1.03	3.68	2.93	3.00	3.56	2.22	3.38	2.61	0.94	7.74
UA 2/109	1.86	0.86	3.48	3.94	2.81	2.59	2.16	3.62	2.67	0.94	7.67
UA 2/106	2.13	1.30	4.01	3.96	3.31	2.37	2.21	3.96	2.91	0.95	7.83
UA 2/131	1.97	0.67	3.15	3.75	2.99	2.15	2.16	3.94	2.60	0.97	8.08
UA 2/166	1.20	1.23	3.64	2.98	2.95	2.44	2.30	4.21	2.62	0.99	8.35
UA 2/143	1.84	0.96	3.64	3.44	2.67	2.74	1.81	3.95	2.63	1.00	8.45
UA 2/118	1.93	0.82	3.32	3.04	2.84	3.10	1.64	4.12	2.60	1.01	8.70
UA 2/170	1.71	0.94	3.70	3.28	3.18	2.89	1.76	3.76	2.65	1.01	8.67
UA 2/177	1.71	0.95	3.99	2.64	3.23	2.66	1.98	3.98	2.64	1.01	8.78
UA 2/210	1.50	0.63	3.52	2.65	3.23	3.96	1.76	3.63	2.61	1.04	9.47
UA 2/130	1.50	0.84	3.45	3.54	2.94	1.98	2.25	4.29	2.60	1.06	9.71
UA 2/187	2.13	0.75	3.28	2.92	2.85	3.21	1.42	4.51	2.64	1.08	10.05
UA 2/209	1.82	0.60	3.35	2.90	2.96	3.52	1.75	4.40	2.66	1.12	10.76
UA 2/115	1.98	0.53	4.20	3.44	2.74	3.25	1.71	3.61	2.68	1.12	10.79
Low plasticity											
UA 2/110	3.30	0.94	3.13	3.25	1.90	3.41	1.38	3.68	2.62	0.72	5.01
Mean	1.6	0.9	3.5	3.1	2.8	2.7	1.8	3.8	2.5	1.0	8.8
Environment index (I_i)	-0.97	-1.69	1.00	0.52	0.24	0.15	-0.74	1.29	-	-	-
LCD _{0.05}	0.08	0.05	0.08	0.08	0.07	0.11	0.08	0.11	0.04	-	-
σ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	2.77

conditions were in Kharkiv ($I_i = -0.74$), Odesa ($I_i = -0.97$) and Kherson ($I_i = -1.69$) regions.

It was found that among hybrids resistant to sulfonylurea herbicides, 50.5% of hybrids have a high yield level (2.55–2.91 t/ha). It

was established that among the SU hybrids, the most productive hybrid is UA 2/106 (2.91 t/ha), since in terms of yield the hybrid had an excess of 3.9% compared to standard hybrids.

Among the hybrids with a yield in the range of 2.55–2.91 t/ha, the hybrid RU 2/110 was less sensitive to growing conditions with an average yield of 2.62 t/ha, with an ecological plasticity coefficient $b_i = 0.72$ and stability index $S_i^2 = 5.01$. Medium sensitive hybrids included: UA 2/130, UA 2/131, UA 2/118, UA 2/184, UA 2/210, UA 2/166, UA 2/143, UA 2/187, UA 2/177, RU 2/192, RU 2/170, RU 2/209, RU 2/109, RU 2/115, RU 2/123, RU 2/106 with a yield of 2.60–2.69 t/ha and an ecological plasticity coefficient $b_i = 0.89$ –1.12. The hybrids with the maximum manifestation of traits with the coefficient of ecological plasticity $b_i = 1.17$ –1.32 were hybrids UA 2/114, UA 2/235, UA 2/186, UA 2/189, UA 2/136, UA 2/162, RU 2/205, RU 2/207, RU 2/117,

RU 2/206, RU 2/204 with a yield of 2.63–2.81 t/ha (Table 3).

For IMI hybrids, the most favorable conditions were noted in Cherkasy region (Shpolianskyi district) ($I_i = 1.09$), and unfavorable conditions were observed in Kharkiv ($I_i = -0.39$), Odesa ($I_i = -0.07$) and Kherson regions ($I_i = -1.82$).

The share of IMI hybrids with a yield in the range of 2.55–2.91 t/ha, was 46.2%. Among them with high plasticity ($b_i = 1.18$ –1.29) were hybrids UA 1/92, UA 1/102, UA 1/94, UA 1/62, UA 1/76 with a yield of 2.61–2.91 t/ha. And the middle plasticity was noted in hybrids UA 1/67, UA 1/66, UA 1/84, UA 1/23, UA 1/61, UA 1/59, UA 1/60, UA 1/55, UA 1/89, UA 1/101, RU 1/86, RU 1/87, RU 1/83, RU 1/100 with a yield of 2.60–2.76 t/ha (Table 4).

In addition, it was found that among the IMI hybrids, three hybrids – UA 1/67, UA 1/66, UA 1/84 with averaged in 8 locations of Ukraine yield indicators (2.76 t/ha)

Table 4

Yield and adaptability of IMI hybrids

Number	Yield of hybrids, t/ha									Adaptability parameters	
	Odesa region	Kherson region	Cherkasy region (Shpolianskyi district)	Kyiv region	Cherkasy region (Uman district)	Khmelnitskyi region	Kharkiv region	Chernihiv region	Average yield	Coefficient of ecological plasticity, b_i	Stability, S_i^2
High plasticity											
UA 1/92	1.84	0.81	4.23	3.73	2.75	3.21	2.11	4.58	2.91	1.21	7.45
UA 1/102	1.84	0.81	4.23	3.73	2.75	3.21	2.11	4.58	2.91	1.21	7.45
UA 1/94	1.68	0.40	4.16	3.31	2.51	3.42	2.39	3.90	2.72	1.18	7.57
UA 1/62	0.98	0.66	4.16	3.06	2.83	3.28	1.57	4.31	2.61	1.29	8.39
UA 1/76	0.98	0.66	4.16	3.06	2.83	3.28	1.57	4.31	2.61	1.29	8.39
Medium plasticity											
UA 1/67	2.53	0.60	3.31	3.89	2.53	2.89	2.21	4.13	2.76	0.97	5.35
UA 1/66	2.76	0.39	3.69	4.19	2.51	2.83	2.28	3.40	2.76	0.97	5.63
UA 1/84	1.18	0.96	4.05	3.11	2.91	2.75	3.24	3.85	2.76	1.01	5.66
UA 1/23	1.84	0.63	4.04	3.88	2.71	2.89	2.27	3.74	2.75	1.11	6.53
UA 1/61	1.46	0.81	3.73	3.50	3.44	3.06	2.06	3.74	2.72	1.06	6.17
UA 1/59	1.71	1.09	3.38	3.97	2.69	2.66	2.64	3.65	2.72	0.89	4.32
UA 1/60	1.41	0.59	3.43	3.87	2.85	3.43	2.49	3.72	2.72	1.11	6.90
UA 1/55	1.74	0.76	3.74	3.89	3.22	3.03	1.59	3.73	2.71	1.10	6.43
UA 1/89	2.03	1.15	4.56	2.69	2.22	2.50	1.32	4.79	2.66	1.07	5.58
UA 1/101	2.03	1.15	4.56	2.69	2.22	2.50	1.32	4.79	2.66	1.07	5.58
UA 1/86	1.71	0.95	3.99	2.64	3.23	2.66	1.98	3.98	2.64	0.96	4.89
UA 1/87	1.50	0.63	3.52	2.65	3.23	3.96	1.76	3.63	2.61	1.02	6.21
UA 1/83	1.34	0.40	3.33	3.35	2.62	3.18	2.49	4.13	2.60	1.13	7.15
UA 1/100	1.34	0.40	3.33	3.35	2.62	3.18	2.49	4.13	2.60	1.13	7.15
Mean	1.45	0.70	3.61	3.31	2.63	2.83	2.13	3.50	2.52	1.00	–
Environment index	–1.07	–1.82	1.09	0.79	0.11	0.31	–0.39	0.98	–	–	–
LCD _{0.05}	0.07	0.05	0.09	0.09	0.06	0.09	0.07	0.12	0.03	–	–
σ	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.17	–

are at a yield level with the standard 'NK Neoma'. And the hybrids UA 1/92 and UA 1/102 with an average yield of 2.91 t/ha correspond to the yield level of 'ES Genesis' standard.

The study was carried out in the Department of Genetic Engineering of Institute of Cell Biology and Genetic Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine in the framework of scientific projects III-1-15 «Study of physiological, biochemical and molecular biological features of the functioning and inheritance of heterologous genes in plant systems» and III-1-20 «Targeted changes in the genome and pleiotropic effects in genetically transformed plant systems» during 2016–2020.

Conclusions

As a result of the accelerated system of maternal and paternal lines selection, material resistant to herbicides and sunflower broomrape was selected; on its basis sunflower F₁ hybrids were created.

As a result of ecological tests conducted in Kyiv, Chernihiv, Cherkasy (Uman and Shpola districts), Khmelnytskyi, Kharkiv, Kherson and Odesa regions, the yield of the obtained sunflower hybrids was studied. Based on the findings, it was revealed that among hybrids resistant to sulfonylurea herbicides, the high-yielding hybrid was UA 2/106, which showed a 3.9% increase in yield compared to 'SY Sumiko' and 'P64LE25' standard hybrids. Among hybrids resistant to imidazoline herbicides, the yields at the level of the 'NK Neoma' standard were hybrids UA 1/67, UA 1/66, UA 1/84, with a yield of 2.76 t/ha. Yield at the level of the hybrid standard 'ES Genesis' (2.91 t/ha) was for hybrids UA 1/92, UA 1/102.

Thus, it was determined that with the use of an accelerated system of source material selection, it is possible to create high-yielding sunflower hybrids in a short period of time (4 years).

References

- Vear, F. (2016). Changes in sunflower breeding over the last fifty years. *Oilseeds & Fast Crops and Lipids*, 23(2), D202. doi: 10.1051/ocl/2016006
- Shkorich, D., Seiler, J., Liu, J., Jean, C.-Ch., Miller, J. F., & Charle, L. D. (2015). *Genetika i selekchia podsolnyha* [Sunflower genetics and breeding]. Kharkiv: NTMT. [in Russian]
- Dimitrijevic, A., & Horn, R. (2018). Sunflower hybrid breeding: from markers to genomic selection. *Frontiers In Plant Science*, 8, 1–20. doi: 10.3389/fpls.2017.02238
- Qi, L. L., Foley, M. E., Cai, X. W., & Gulya, T. J. (2016). Genetics and mapping of a novel downy mildew resistance gene, *Pl₁₈*, introgressed from wild *Helianthus argophyllus* in to cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 129, 741–752. doi: 10.1007/s00122-015-2662-2
- Ma, G. J., Markell, S. G., Song, Q. J., & Qi, L. L. (2017). Genotyping-by-sequencing targeting of a novel downy mildew resistance gene *Pl₂₀* from wild *Helianthus argophyllus* for sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 130, 1519–1529. doi: 10.1007/s00122-017-2906-4
- Imerovski, I., Dimitrijević, A., Miladinović, D., Dedić, B., Jocić, S., Tubić, N. K., & Cvejić S. (2015). Mapping of a new gene for resistance to broomrape races higher than F. *Euphytica*, 209(2), 281–289. doi: 10.1007/s10681-015-1597-7
- Louarn, J., Boniface, M.-C., Pouilly, N., Velasco, L., Pérez-Vich, B., Vincourt, P., & Muñoz, S. (2016). Sunflower resistance to broomrape (*Orobanche cumana*) is controlled by specific QTLs for different parasitism stages. *Frontiers in Plant Science*, 7, 590. doi: 10.3389/fpls.2016.00590
- Sala, C. A., Bulos, M., Alteri, E., & Ramos, M. L. (2012). Genetics and breeding of herbicide tolerance in sunflower. *Helia*, 35, 57–70. doi: 10.2298/HEL125057S
- Sala, C. A., & Bulos, M. (2012). Inheritance and molecular characterization of broad range tolerance to herbicides targeting aceto-hydroxyacid synthase in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 124, 355–364. doi: 10.1007/s00122-011-1710-9
- Popov, V. M., Akinina, G. E., Terenyak, Y. M., & Kirichenko, V. V. (2014). Coupling analysis of markers HRG01, HRG02 and sunflower pollen fertility restoration gene. *Visnik Kharkivskogo nacionalnogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Kharkiv National Agrarian University], 3, 66–70. [in Ukrainian]
- Horn, R., Kusterer, B., Lazarescu, E., M. Prüfe, M., & Friedt, W. (2003). Molecular mapping of the *Rf₁* gene restoring pollen fertility in PET1-based F₁ hybrids in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*, 106, 599–606. doi: 10.1007/s00122-002-1078-y
- Markin, N., Usatov, A., Makarenko, M., Azarin, K., Gorbachenko, O., Kolokolova, N., ... Gavrilova, V. (2017). Study of informative DNA markers of the *Rf₁* gene in sunflower for breeding practice. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 53, 69–75. doi: 10.17221/108/2016-CJGPB
- Yue, B., Vick, B. A., Cai, X., & Hu, J. (2010). Genetic mapping for the *Rf₁* (fertility restoration) gene in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by SSR and TRAP markers. *Plant Breeding*, 129(1), 24–28. doi: 10.1111/j.1439-0523.2009.01661.x
- Babych, V. O., Nakonechna, M. S., Popov, V. M., Kuchuk, M. V., Parii, M. F., & Parii, Y. F. (2019). The use of molecular markers to accelerate the selection process in creating sunflower sterility fixatives. In *Selektino-henetichna nayka i osvita: tezy dopovidei Mizhnarodna naykova konferentsii* [Selection-genetic science and education: abstracts of reports of the International scientific conference] (pp. 11–12). March 18–20, 2019, Uman, Ukraine. [in Ukrainian]
- Montathong, K., Machikowa, T., & Muangsang, N. (2019). Cytological and food reserve changes in sunflower cotyledons *in vitro*. *Suranaree Journal of Science & Technology*, 26(2), 141–150.
- Dagustu, N., Sincik, M., Bayram, G., & Bayraktaroglu, M. (2010). Regeneration of fertile plants from sunflower (*Helianthus annuus* L.) – Immature embryo. *Helia*, 33(52), 95–102. doi: 10.2298/HEL1052095D
- Babych, V. O., Varchenko O. I., Hnatiuk, I. S., Kuchuk, M. V., Parii, M. F., & Symonenko, Y. V. (2020). Obtaining fertile plants-regenerants of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by organogenesis *in vitro*. *Agroekologicheskij zhurnal* [Agroecological Journal], 4, 116–123. doi: 10.33730/2077-4893.4.2020.219452 [in Ukrainian]
- Fiore, M. C., Trabace, T., & Sunseri, F. (1997) High frequency of plant regeneration in sunflower from cotyledons via somatic embryogenesis. *Plant Cell Reports*, 16(5), 295–298. doi: 10.1007/BF01088284
- Babych, V. O., Varchenko, O. I., Kuchuk, M. V., Parii, M. F., Parii, Y. F., & Symonenko, Y. V. (2020). Use of sunflower immature embryos culture *in vitro* for fast creation of fertility restorer to tribenuron methyl herbicide. *Faktori eksperimental'noi evoliucii organizmiv* [Factors in Experimental Evolution of Organisms], 27, 23–28. doi: 10.7124/FEE0.v27.1297 [in Ukrainian]

20. Lucas, O., Kallerhoff, J., & Alibert, G. (2000). Production of stable transgenic sunflowers (*Helianthus annuus* L.) from wounded immature embryos by particle bombardment and co-cultivation with *Agrobacterium tumefaciens*. *Molecular Breeding*, 6, 479–487. doi: 10.1023/A:1026583931327
21. Nenova, N., Valkova, D., Encheva, J., & Tahsin, N. (2014). Promising lines as a result from interspecific hybridization between cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.) and the perennial species *Helianthus ciliaris*. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special*, 2, 1654–1659.
22. Kolomatskaya, V. P., Kirichenko, V. V., Sivenko, V. I., & Leonova, N. M. (2016). The level and variability of yield of sunflower hybrids in the conditions of the Eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *Visnik Centru naukovoogo zabezpechennâ APV Harkivs'koi oblasti* [Bulletin of the Center for Science Provision of Agribusiness in the Kharkiv region], 21, 158–166. [in Ukrainian]
23. Urumbayev, K., Miklič, V., Almishev, U., & Ovuka, J. (2017). Testing of some NS-sunflower hybrids in the Northeast of Kazakhstan. *Helia*, 40(67), 211–222. doi: 10.1515/helia-2017-0013
24. Cvejić, S., Jocić, S., Mladenov, V., Banjac, B., Radeka, I., Jocković, M., & Miklič, V. (2019). Selection of sunflower hybrids based on stability across environments. *Genetika*, 51(1), 81–92. doi: 10.2298/GENSR1901081C
25. Babych, V., Kuchuk, M., & Sharypina, Ya. (2021). Selecting resistant to broomrape (*Orobanche cunama* Wallr.) sunflower maintainers. In *Selektino-henetichna nauka i osvita: tezy dopovidei Mizhnarodna naukova konferentsii* [Selection-genetic science and education: abstracts of reports of the International scientific conference] (pp. 5–7). October 15, 2021, Uman, Ukraine. [in Ukrainian]
26. Babych, V., Kuchuk, M., Sharypina, M., Parii, M., Parii, Y., Borovska, I., & Symonenko, Y. V. (2021). Efficiency of selection-biotechnology system of selection for creation of breeding source material of sunflower resistant to herbicides and broomrape. *Helia*, 44(75), 131–145. doi: 10.1515/helia-2021-0012
27. Keb-Llanes, M., González, G., Chi-Manzanero, B., & Infante, D. (2020). A rapid and simple method for small-scale DNA extraction in Agavaceae and other tropical plants. *Plant Molecular Biology Reports*, 20, 299. doi: 10.1007/BF02782465
28. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473–497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
29. Gamborg, O. L., Miller, R. A., & Ojima K. (1968). Nutrient requirement of suspensions cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Research*, 50(1), 151–158. doi: 10.1016/0014-4827(68)90403-5
30. Sujatha, M., Vijay, S., Vasavi, S., Sivaraj N., & Chander Rao, S. (2012). Combination of thidiazuron and 2-isopentenyladenine promotes highly efficient adventitious shoot regeneration from cotyledons of mature sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 111(3), 359–372. doi: 10.1007/s11240-012-0202-1
31. Rokitsky, P. F. (1973). *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics]. (3rd ed., rev. and enl.). Minsk: Vysheyschaya shkola [in Russian]
32. Dospekhov, B. A. (1972). *Planirovaniye polevogo opita i statisticheskoy obrabotke dannich* [Planning of field experience and statistical processing of its data]. Moscow: Kolos. [in Russian]
33. Eberhart, S. A., & Russell W. A. (1966). Stability Parameters for Comparing Varieties 1. *Crop Science*, 6(1), 36–40. doi:10.2135/cropsci1966.0011183x0
34. Pakudin, V. Z., & Lopatina, L. M. (1984). Evaluation of ecological plasticity and stability of varieties of agricultural crops. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 4, 109–113.
35. Dagustu, N. (2018). *In Vitro* Tissue Culture Studies in Sunflower (*Helianthus* spp.). *Journal of Crop Breeding and Genetics*, 4(1), 13–21.
36. Moghaddasi, M. S. (2011). Sunflower tissue culture. *Advances in Environmental Biology*, 5(4), 746–755.

37. Davey, M. R., & Jan, M. (2010). Sunflower (*Helianthus annuus* L.): Genetic Improvement Using Conventional and *In Vitro* Technologies. *Journal of Crop Improvement*, 24(4), 349–391. doi: 10.1080/15427528.2010.500874
38. Tarek, H., Françoise, J., Gilbert, A., & Jean, K. (2003). A new approach for efficient regeneration of a recalcitrant genotype of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by organogenesis induction on split embryonic axes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73, 81–86. doi: 10.1023/A:1022689229547

Використана література

1. Vear F. Changes in sunflower breeding over the last fifty years. *Oilseeds & Fast Crops and Lipids*. 2016. Vol. 23, Iss. 2. D202. doi: 10.1051/ocl/2016006
2. Шкорич Д., Сейлер Дж., Лью Ж. и др. Генетика и селекция подсолнечника. Харьков : HTMT, 2015. 540 с.
3. Dimitrijevic A., Horn R. Sunflower hybrid breeding: from markers to genomic selection. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 8. P. 1–20. doi: 10.3389/fpls.2017.02238
4. Qi L. L., Foley M. E., Cai X. W., Gulya T. J. Genetics and mapping of a novel downy mildew resistance gene, *Pl₁₈*, introgressed from wild *Helianthus argophyllus* in to cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2016. Vol. 129. P. 741–752. doi: 10.1007/s00122-015-2662-2
5. Ma G. J., Markell S. G., Song Q. J., Qi L. L. Genotyping-by-sequencing targeting of a novel downy mildew resistance gene *Pl₂₀* from wild *Helianthus argophyllus* for sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 2017. Vol. 130. P. 1519–1529. doi: 10.1007/s00122-017-2906-4
6. Imerovski I., Dimitrijević A., Miladinović D. et al. Mapping of a new gene for resistance to broomrape races higher than F. *Euphytica*. 2015. Vol. 209, Iss. 2. P. 281–289. doi: 10.1007/s10681-015-1597-7
7. Louarn J., Boniface M.-C., Pouilly N. et al. Sunflower resistance to broomrape (*Orobanche cumana*) is controlled by specific QTLs for different parasitism stages. *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. P. 590. doi: 10.3389/fpls.2016.00590
8. Sala C. A., Bulos M., Alteri E., Ramos M. L. Genetics and breeding of herbicide tolerance in sunflower. *Helia*. 2012. Vol. 35. P. 57–70. doi: 10.2298/HEL125057S
9. Sala C. A., Bulos M. Inheritance and molecular characterization of broad range tolerance to herbicides targeting acetohydroxyacid synthase in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012. Vol. 124. P. 355–364. doi: 10.1007/s00122-011-1710-9
10. Попов В. М., Акініна Г. Є., Тереняк Ю. М., Кириченко В. В. Аналіз зчеплення маркерів HRG01, HRG02 та гена відновлення фертильності пилку соняшнику. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2014. Вип. 3. С. 66–70.
11. Horn R., Kusterer B., Lazarescu E. et al. Molecular mapping of the *Rf₁* gene restoring pollen fertility in PET1-based F₁ hybrids in sunflower. *Theoretical and Applied Genetics*. 2003. Vol. 106. P. 599–606. doi: 10.1007/s00122-002-1078-y
12. Markin N., Usatov A., Makarenko M. et al. Study of informative DNA markers of the *Rf₁* gene in sunflower for breeding practice. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2017. Vol. 53, Iss. 2. P. 69–75. doi: 10.17221/108/2016-CJGPB
13. Yue B., Vick B. A., Cai X., Hu J. Genetic mapping for the *Rf₁* (fertility restoration) gene in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by SSR and TRAP markers. *Plant Breeding*. 2010. Vol. 129, Iss. 1. P. 24–28. doi: 10.1111/j.1439-0523.2009.01661.x
14. Бабич В. О., Наконечна М. С., Попов В. М. та ін. Використання молекулярних маркерів для прискорення селекційного процесу при створенні закріплювачів стерильності соняшника. *Селекційно-генетична наука і освіта : тези доповідей Міжнародної наукової конференції (м. Умань, 18–20 березня 2019 р.)*. Умань, 2019. С. 11–12.
15. Montathong K., Machikowa T., Muangsan N. Cytological and food reserve changes in sunflower cotyledons *in vitro*. *Suranaree Journal of Science & Technology*. 2019. Vol. 26, Iss 2. P. 141–150.

16. Dagustu N., Sincik M., Bayram G., Bayraktaroglu M. Regeneration of fertile plants from sunflower (*Helianthus annuus* L.) – Immature embryo. *Helia*. 2010. Vol. 33, Iss. 52. P. 95–102. doi: 10.2298/HEL1052095D
17. Бабич В. О., Варченко О. І., Гнатюк І. С. та ін. Отримання фертильних рослин-регенерантів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) шляхом органогенезу *in vitro*. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 116–123. doi: 10.33730/2077-4893.4.2020.219452
18. Fiore M. C., Trabace T., Sunseri F. High frequency of plant regeneration in sunflower from cotyledons via somatic embryogenesis. *Plant Cell Reports*. 1997. Vol. 16, Iss. 5. P. 295–298. doi: 10.1007/BF01088284
19. Бабич В. О., Варченко О. І., Кучук М. В. та ін. Використання культури незрілих зародків соняшника *in vitro* для швидкого створення відновників фертильності, стійких до трибенурон метилу. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 27. С. 23–28. doi: 10.7124/FEE0.v27.1297
20. Lucas O., Kallerhoff J., Alibert G. Production of stable transgenic sunflowers (*Helianthus annuus* L.) from wounded immature embryos by particle bombardment and co-cultivation with *Agrobacterium tumefaciens*. *Molecular Breeding*. 2000. Vol. 6. P. 479–487. doi: 10.1023/A:1026583931327
21. Nenova N., Valkova D., Encheva J., Tahsin N. Promising lines as a result from interspecific hybridization between cultivated sunflower (*Helianthus annuus* L.) and the perennial species *Helianthus ciliaris*. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special*. 2014. Vol. 2. P. 1654–1659.
22. Коломацька В. П., Кириченко В. В., Сивенко В. І., Леонова Н. М. Рівень та мінливість урожайності гібридів соняшнику в умовах Східної частини Лісостепу України. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 21. С. 158–166.
23. Urumbayev K., Miklič V., Almishev U., Ovuka J. Testing of some NS-sunflower hybrids in the Northeast of Kazakhstan. *Helia*. 2017. Vol. 40, Iss. 67. P. 211–222. doi: 10.1515/helia-2017-0013
24. Cvejić S., Jocić S., Mladenov V. et al. Selection of sunflower hybrids based on stability across environments. *Genetika*. 2019. Vol. 51, Iss. 1. P. 81–92. doi: 10.2298/GENSR1901081C
25. Бабич В. О., Кучук М. В., Шарипіна Я. Ю. Виділення стійких до вовчка соняшникового (*Orobanche crotalaria* Wallr.) закріплювачів стерильності соняшника. *Селекційно-генетична наука і освіта : тези доповідей Міжнародної наукової конференції (м. Умань, 15 жовтня 2021 р.)*. Умань, 2020. С. 5–7.
26. Babych V., Kuchuk M., Sharypina Ya. et al. Efficiency of selection-biotechnology system of selection for creation of breeding source material of sunflower resistant to herbicides and broomrape. *Helia*. 2021. Vol. 4, Iss. 75. P. 131–145. doi: 10.1515/helia-2021-0012
27. Keb-Llanes M., González G., Chi-Manzanero B. et al. A rapid and simple method for small-scale DNA extraction in Agavaceae and other tropical plants. *Plant Molecular Biology Reporter*. 2020. Vol. 20. 299. doi: 10.1007/BF02782465
28. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962. Vol. 15, Iss. 3. P. 473–497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
29. Gamborg O. L., Miller R. A., Ojima K. Nutrient requirement of suspensions cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Research*. 1968. Vol. 50, Iss. 1. P. 151–158. doi: 10.1016/0014-4827(68)90403-5
30. Sujatha M., Vijay S., Vasavi S. et al. Combination of thidiazuron and 2-isopentenyladenine promotes highly efficient adventitious shoot regeneration from cotyledons of mature sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2012. Vol. 111, Iss. 3. P. 359–372. doi: 10.1007/s11240-012-0202-1
31. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е, испр. Минск : Вышэйшая школа, 1973. 320 с.
32. Доспехов Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. Москва : Колос, 1972. 207 с.
33. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability Parameters for Comparing Varieties1. *Crop Science*. 1966. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183x0
34. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. *Сельскохозяйственная биология*. 1984. № 4. С. 109–113.
35. Dagustu N. *In Vitro* Tissue Culture Studies in Sunflower (*Helianthus* spp.). *Journal of Crop Breeding and Genetics*. 2018. Vol. 4, Iss. 1. P. 13–21. URL: <http://www.ekinjournal.com/images/bisab/seventh/2.pdf>
36. Moghaddasi M. S. Sunflower tissue culture. *Advances in Environmental Biology*. 2011. Vol. 5, Iss. 4. P. 746–755.
37. Davey M. R., Jan M. Sunflower (*Helianthus annuus* L.): Genetic Improvement Using Conventional and *In Vitro* Technologies. *Journal of Crop Improvement*. 2010. Vol. 24, Iss. 4. P. 349–391. doi: 10.1080/15427528.2010.500874
38. Tarek H., Françoise J., Gilbert A., Jean K. A new approach for efficient regeneration of a recalcitrant genotype of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by organogenesis induction on split embryonic axes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2003. Vol. 73. P. 81–86. doi: 10.1023/A:1022689229547

УДК 57.084.5:582.998:581.143.5

Бабич В. О.^{1,2*}, Боровська І. Ю.², Шарипіна Я. Ю.², Парій Я. Ф.², Симоненко Ю. В.^{1,2} Адаптивність гібридів F_1 соняшника, створених за комплексною системою добору ліній з господарсько-цінними ознаками, у різних агрокліматичних зонах. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021. Т. 17, № 4. С. 290–304. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249004>

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, вул. Академіка Заболотного, 148, м. Київ, 03143, Україна, *e-mail: vikuhababych@gmail.com

²Всеукраїнський науковий інститут селекції, вул. Васильківська, 30, Україна, м. Київ, 03022, Україна

Мета. Визначити екологічну пластичність та урожайність гібридів F_1 соняшника, створених на основі материнських та батьківських ліній, що були відібрані за прискореною системою добору ліній, стійких до гербіцидів (імідазолінової та сульфонілсечовинної груп) та вовчка соняшникового (*Orobanche crotalaria* Wallr.). **Методи.** Статистичний аналіз гібридів F_1 соняшника проведено за допомогою методів варіаційної статистики, регресійного та дисперсійного аналізу за використання пакету прикладних програм Microsoft Office Excel 2016. Для прискореної системи добору ліній використовували молекулярно-біо-

логічні, біотехнологічні та класичні методи селекції. Так, з метою цілеспрямованого відбору закріплювачів стерильності соняшника нами було використано молекулярний SCAR-маркер HRG01 для ідентифікації гену відновлення фертильності пилку (*Rf*₁). Для прискореного створення батьківських ліній, стійких до трибенурон-метилу, нами використано культуру незрілих зародків. **Результати.** Наведено результати тестування гібридів F_1 соняшника у Київській, Чернігівській, Черкаській (Уманський та Шполянський р-н), Хмельницькій, Харківській, Херсонській та Одеській областях. Гібриди створено на основі відбра-

них ліній, добір яких проводили за прискороною системою добору ліній, стійких до гербіцидів [імідазолінової (IMI-гібриди) та сульфонілсечовинної (SU-гібриди) груп] і до вовчка соняшникового. Стандартами, з якими проводили порівняння гібридів, виступали: для IMI-гібридів – гібриди 'NK Neoma' (Syngenta) та 'ES Genesis' (Euralis), а для SU-гібридів – 'SY Sumiko' (Syngenta) та 'P64LE25' (Pioneer). В результаті встановлено, що серед SU-гібридів UA 2/106 мав більшу на 3,9% урожайність у порівнянні зі стандартами ('SY Sumiko' та 'P64LE25'). А для IMI-гібридів встановлено, що гібриди UA 1/67, UA 1/66, UA 1/84 мають

таку ж урожайність у 2,76 т/га, що й стандарт 'NK Neoma'. IMI-гібриди UA 1/92, UA 1/102 мають таку ж урожайність у 2,91 т/га, що й стандарт 'ES Genesis'. **Висновки.** Завдяки прискореній системі добору ліній соняшника було відібрано вихідний селекційний матеріал, на основі якого було створено гібриди F₁. Гібриди аналізували за показником урожайності. Найурожайнішими серед протестованих SU-гібридів був гібрид UA 2/106, серед IMI-гібридів – UA 1/67, UA 1/66, UA 1/84, UA 1/92 та UA 1/102.

Ключові слова: *Helianthus annuus* L.; гібрид; урожайність; випробування.

Надійшла / Received 07.11.2021
Погоджено до друку / Accepted 26.11.2021

Екологічна пластичність сортів салату посівного (*Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish) у Західному Лісостепу України

Н. В. Лещук^{1*}, О. П. Башкатова¹, Н. В. Симоненко¹, О. Й. Дидів²

¹Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: nadiya1511@ukr.net

²Львівський національний аграрний університет, вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський р-н, Львівська обл., 80381, Україна, e-mail: olga.dydiv@gmail.com

Мета. Установити адаптивний потенціал сортів салату стеблового (*Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish) за параметрами врожайності, екологічної пластичності, стабільності та адаптивності в умовах Західного Лісостепу України. **Методи.** Стабільність і пластичність урожайності салату стеблового оцінювали за методикою S. A. Eberhart та W. A. Russell. ґрунтово-кліматичні умови зони проведення досліджень в цілому були сприятливими для росту й розвитку салату посівного. Методи дослідження: польовий, лабораторний та статистичний. **Результати.** Сорти салату стеблового забезпечили різну тривалість міжфазного періоду сходи–технічна стиглість: сорт ‘Погонич’ – 35 діб, що на 6 діб раніше забезпечив збирання товарної продукції порівняно з контролем. Найбільшу площу листової поверхні забезпечив сорт ‘Кобра’ (13 109,12 м²). Облік урожайності розетки листків і стебел свідчить, що величина показника за роки досліджень знаходилась у діапазоні 53,2–57,0 т/га. Сорт ‘Погонич’ забезпечив найвищі показники $Y_{п.м.}$ і $Y_{с.}$ – 74,0 і 7,8 т/га відповідно. Сорти салату стеблового мали високий коефіцієнт агрономічної стабільності > 70%. Найвище значення індексу умов середовища забезпечив сорт ‘Целтус’ ($b_i = 1,07$), що свідчить його про високу чутливість в умовах Західного Лісостепу України. Екологічно пластичним виявився сорт ‘Погонич’. **Висновки.** Сорт салату стеблового ‘Погонич’ зарекомендував себе екологічно пластичним, стабільним і толерантним до стресових умов середовища в Західному Лісостепу України, але менш адаптивним за сталих лімітів ґрунтово-кліматичних параметрів чинників довкілля. Висока гомеостатичність була притаманна всім досліджуваним сортам, у яких спостерігали вищий за 70% коефіцієнт агрономічної стабільності, а саме: ‘Погонич’, ‘Кобра’ і ‘Целтус’.

Ключові слова: стабільність; адаптивність; пластичність; урожайність; якість, потенціал сорту, коефіцієнт умов середовища; продуктивність; фотосинтез.

Вступ

Оцінювання сортів салату стеблового за параметрами екологічної пластичності забезпечує високу точність розрахунку стабільної врожайності впродовж багатьох років у конкретній екологічній зоні за сталих лімітів ґрунтово-кліматичних параметрів. Сорти салату посівного стеблового різновиду (var. *angu-*

stana Irish) здатні максимально ефективно використовувати біокліматичний ресурс конкретного регіону, виявляти толерантність до стресових умов середовища, забезпечувати високу реалізацію генетичного потенціалу продуктивності, що є стратегічним завданням сучасної галузі овочівництва. За постійної дії мінливих природних і антропогенних факторів нові високоадаптивні сорти мають гарантувати одержання стабільно високих урожаїв за сталих лімітів ґрунтово-кліматичних параметрів або за умов інтенсивного овочівництва. У зв'язку з вищезазначеним, за вивчення сортів, адаптованих до різних екологічних умов, селекційний матеріал має оцінюватись не лише за величиною потенційної врожайності, але й за параметрами адаптивності. Аналіз остан-

Nadiya Leschuk
<https://orcid.org/0000-0001-6025-3702>

Oksana Bashkatova
<https://orcid.org/0000-0002-8596-8824>

Natalia Symonenko
<https://orcid.org/0000-0001-9059-8728>

Olha Dydiv
<https://orcid.org/0000-0003-4155-5945>

ніх досліджень та публікацій показує, що одним із найважливіших селекційних та екологічних завдань є реалізація генетичного потенціалу сортів культурних рослин у мінливих умовах, завдяки їхній високій екологічній пластичності і широкій нормі реакції на мінливі чинники, що забезпечуватимуть одержання стабільних урожаїв сортів із високими технологічними показниками якості. За Джавані Ацці врожай салату посівного є похідною продуктивності рослин і стійкості проти збудників хвороб і шкідників [1]. Показник урожайності сорту прямо пов'язаний з адаптацією й генетичною стабільністю прояву господарсько-цінної характеристики. Адаптація – це пристосування сортів салату стеблового до ґрунтово-кліматичних умов, а пластичність – властивість рослин виживати в межах певних умов середовища. Саме екологічні дослідження дозволяють виявити дію чинників довкілля певного середовища на ріст і розвиток рослин та формування продуктивності й урожайності. Сучасні технології передбачають тісну взаємодію фенотипу з проявом морфологічних кількісних ознак та генотип–середовище, що дасть змогу керувати можливістю фенотипу. Адаптивна спроможність рослин за умови гідротермічних стресових ситуацій (тривалі низькі температури, повітряні посухи, спалахи різноманітних захворювань) дозволяє повніше використовувати потенціал продуктивності та забезпечувати мінімальні втрати врожаю [2].

Жученко А. А., Урсул А. Д. [3, 4] зазначають, що велике значення мають сортові особливості, можливості сорту адаптуватися до різних ґрунтово-кліматичних умов та здатність забезпечувати стабільні врожаї. Пристосованість сорту до різних погодних та ґрунтово-кліматичних умов ще у 1932 р. була визнана як екологічна пластичність. Дослідженнями встановлено, що за сприятливих умов вирощування варто надавати перевагу сортам з високою потенційною продуктивністю, а в несприятливих і екстремальних умовах, окрім високої продуктивності сорти, мають характеризуватись високою екологічною стійкістю.

Для об'єктивного оцінювання екологічної пластичності сортів та їх адаптивності слід уникати додаткових технологічних заходів, які посилюють ріст рослин, одночасно викликають зниження їхньої стійкості до екологічних стресів. Розв'язання цих завдань неможливе без даних про стабільність генетичних параметрів у різноманітних умовах середовища, у зв'язку з чим значний інтерес

становить вивчення реакції різних сортів салату стеблового за параметрами врожайності, екологічної стабільності та пластичності на дію антропогенних і природних чинників [6–8].

Мета досліджень – установити адаптивний потенціал сортів салату стеблового (*Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish) за параметрами врожайності, екологічної пластичності, стабільності та адаптивності в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Полеві досліді проводили на дослідному полі Львівського національного аграрного університету (ЛНАУ) упродовж 2015–2017 рр. Досліді закладалися в триразовому повторенні. Орний шар ґрунту дослідного поля кафедри садівництва та овочівництва ЛНАУ представлений темно-сірими опідзоленими легкосуглинковими ґрунтами, які характеризуються інтенсивним процесом акумуляції гумусу, структура їх з дуже низькою водостійкістю. Агрохімічна характеристика ґрунту: уміст гумусу – 2,41%; рН 5,8; сума ввібраних основ – 16,5 мг-екв/100 г ґрунту; макроелементи: N – 122; P₂O₅ – 92; K₂O – 135 мг/кг ґрунту. Ґрунтово-кліматичні умови зони вирощування сприятливі для росту й розвитку салату стеблового [9].

Реакцію сортів салату стеблового на зміну умов середовища за стабільністю врожайності оцінювали за ступенем відхилення від регресії Еі [10]. Низькопластичні сорти (з низьким значенням Еі) є доволі адаптованими до умов вирощування, оскільки не істотно знижують показники продуктивності в умовах ліміту дії факторів, пов'язаних зі впливом середовища, але за використання екстенсивних сортів в умовах інтенсивних технологій вони є не рентабельними. Високопластичні сорти з низьким значенням Еі належать до інтенсивних і позитивно реагують на покращення умов вирощування [11].

В умовах Західного Лісостепу України досліджували такі сорти салату посівного стеблового різновиду: 'Целтус' (Китай), 'Кобра' (Польща), 'Погонич' (Україна). Об'єктом досліджень були процеси формування врожайності товарної продукції салату стеблового. Фенотип сорту салату стеблового 'Погонич' наведено на рисунку 1.

Дослідження проводили відповідно до Методики дослідної справи в овочівництві і баштанництві [12]. Висівали насіння 14–20 квітня. Упродовж вегетації культури проводили фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин, а саме: визначали дати схо-



Рис. 1. Загальний вигляд фенотипу салату стеблового 'Погонич'

дів, утворення розетки, формування стебел та настання технічної зрілості.

Ґрунтово-кліматичні умови зони вирощування за роки досліджень порівняно з багаторічними характеристиками були сприятливі для вирощування.

Результати досліджень

Під час росту й розвитку рослин салату стеблового визначали тривалість міжфазних періодів: сходи–розетка, сходи–технічна стиглість (табл. 1).

Масові сходи салату стеблового з'явилися через 4–10 діб після сівби у другій декаді квітня залежно від сорту і погодних умов. Слід зазначити, що адаптація сорту 'Целтус' (контроль і сорт-еталон) в умовах України прямо залежить від суми ефективних температур і оптимальної кількості опадів [13–15]. Сорти 'Кобра' і 'Погонич' мають коротші міжфазні періоди і стабільніші за дружністю настання кожної фенологічної фази росту й розвитку. Зокрема, сорт 'Погонич' забезпечив масові сходи вже на 3–5 добу після сівби, що пояснюється високими посівними якостями оригінального насіння. Формування семи справжніх листків у сортів 'Кобра' і 'Погонич' тривало 8 і 10 діб відповідно.

Таблиця 1

Фенологічні фази росту й розвитку рослин салату стеблового (середнє за 2015–2017 рр.)

Сорт	Фаза росту й розвитку рослин, дата			Сходи–технічна стиглість, діб
	масові сходи	розетка (7 листків)	технічна стиглість (15–18 листків)	
'Целтус' (к)	24.04–28.04	29.04–10.05	24.05–16.06	41
'Кобра'	22.04–26.04	26.04–05.05	21.05–10.06	38
'Погонич'	19.04–23.04	24.04–01.05	17.05–03.06	35
НІР _{0,05}				3,3

Кількість листків у фазі добре розвиненої розетки в деякі роки досягав 15–18 шт. на стеблі. Технічна стиглість найраніше настанала у сорту 'Погонич' 17 травня, що на тиждень раніше за контроль. Тривалість її становила до збирання 18 діб. Аналіз міжфазного періоду сходи–технічна стиглість підтвердив його залежність від біологічних особливостей сорту. Найкоротший вегетаційний період відзначено в сорту 'Погонич' – 35 діб, тоді як у контрольного сорту – 41 доба.

Ураховуючи, що салат стебловий є холодостійкою рослиною, висівали його у другій декаді квітня. Молоді рослини витримували зниження температури до 1–2 °С і короточасні заморозки до 6–8 °С. Потепління в першій декаді травня 15–20 °С стало оптимальним для росту й розвитку рослин [16].

Аналіз впливу строків висаджування розсади салату стеблового в умовах України свідчить, що за роки досліджень тривалість періоду від висаджування розсади до початку формування продуктивних органів (стебло і листки) прямо залежали як від сорту, так і

від суми ефективних температур понад 10 °С (2199–2562 °С) та кількості опадів за вегетаційний період [17].

Враховуючи, що салат стебловий рослина довгого дня, необхідно зазначити, що тривалість його у 9–10 годин сприяє формуванню листків і стебел для товарних цілей. Оскільки салат стебловий вимогливий до світла, за високої інтенсивності освітлення прискорюється процес утворення листків, зменшується співвідношення між їх довжиною і шириною. Дуже важливо для рослин салату стеблового під час росту й розвитку враховувати взаємовплив температури та освітленості: в умовах недостатнього освітлення рослини краще розвиваються, якщо нічна температура повітря нижча за денну на 4–8 °С. В умовах достатнього освітлення цього не спостерігається. Для формування показника врожайності слід обов'язково враховувати підвищення коефіцієнту корисної дії ФАР.

Площа листової поверхні на один гектар, яка сформувалася рослинами салату стеблового за роки досліджень, становила: 11 364,21

(‘Целтус’), 13 109,12 (‘Кобра’) і 12 632,18 м² (‘Погонич’).

Ґрунтово-кліматичні чинники середовища, погодні умови, технологічні заходи вирощування салату стеблового забезпечили оптимальні умови проходження фенологічних фаз росту й розвитку рослин, формування габітусу листків, продуктивних стебел і насіння.

Салату стебловому властиві всі господарсько-цінні ознаки інших різновидів салату посівного: скоростиглість, відносна холодостійкість, висока врожайність. Елементами структури врожаю салату стеблового є довжина і діаметр стебла, кількість листків на стеблі, довжина та ширина листка.

На основі проведеного обліку встановлено масу товарних стебел салату стеблового залежно від сорту (табл. 2 і 3).

Таблиця 2

Маса товарних стебел салату стеблового без листків, кг (середнє за 2015–2017 рр.)

Сорт	Середнє	± до контролю
‘Целтус’ (к)	0,270	–
‘Кобра’	0,290	+ 0,020
‘Погонич’	0,310	+ 0,040

Маса товарних стебел і зелених листків салату стеблового у дослідках складала в середньому для сорту ‘Погонич’: однієї розетки листків – 760 г разом зі стеблом: одного товарного стебла без листків – 310 г. Довжина стебла коливалася від 25 до 40 см, діаметр – від 3,8 до 4,2 см. Аналіз маси товарних стебел салату стеблового без листків показує, що параметри її коливалися від 0,270 (‘Целтус’) до 0,310 кг (‘Погонич’) за безрозсадного способу вирощування.

У результаті проведеного аналізу маси товарних розеток листків, одержаних за одноразового збирання виявлено, що рослини салату стеблового за різних способів вирощування забезпечили неоднакову масову частку за роки досліджень і в розрізі сортів. Найсприятливішими умовами для формування маси листків і товарних стебел салату стеблового були 2015 і 2017 роки. Саме за таких умов найвищі показники маси товарних розеток листків зі стеблом забезпечив сорт вітчизняної селекції ‘Погонич’ – 0,760 кг за безрозсадного способу вирощування (табл. 3).

Урожайність розеток листків разом із соковитими стеблами була в межах від 53,2 (‘Целтус’) до 57,0 т/га (‘Погонич’) за безрозсадного способу вирощування. Сорт ‘Кобра’ польської селекції більш адаптований до ґрунтово-кліматичних умов України, про що свідчать по-

Таблиця 3

Маса товарних листків салату стеблового за одноразового збирання, кг (2015–2017 рр.)

Сорт	Роки			Середнє	Урожайність розеток разом зі стеблами, т/га
	2015	2016	2017		
‘Целтус’ (к)	0,720	0,705	0,715	0,710	53,2
‘Кобра’	0,735	0,720	0,740	0,730	54,7
‘Погонич’	0,765	0,740	0,775	0,760	57,0
НІР _{0,05}	0,030	0,036	0,042	–	2015 – 1,5 2016 – 2,3 2017 – 3,8

казники маси розетки листків за одноразового збирання (0,730 кг) за всі роки досліджень.

За роки досліджень салат стебловий формував потужні стебла і листки, які споживаються у їжу. На основі аналізу одержаних даних встановлено, що найвищий показник урожайності 23,5 т/га за безрозсадного способу вирощування забезпечили рослини сорту ‘Погонич’. Тоді як у контролі врожайність товарних стебел була на 1,4 і 3,2 т/га нижчою порівняно із сортами ‘Кобра’ і ‘Погонич’ відповідно (табл. 4).

Таблиця 4

Урожайність товарних стебел салату стеблового, т/га (2015–2017 рр.)

Сорт	Роки			Середнє	± до контролю
	2015	2016	2017		
‘Целтус’ (к)	21,1	19,1	20,6	20,3	–
‘Кобра’	22,1	20,6	22,5	21,7	+ 1,4
‘Погонич’	24,4	22,2	24,0	23,5	+ 3,2
НІР _{0,05}	1,5	1,2	2,2	–	–

Вищі показники врожайності соковитих стебел і маси листків – на 32% – можна отримати за триразового збирання (табл. 5).

Аналіз граничної потенційно можливої врожайності та її абсолютно сухої речовини сортів салату стеблового вказує на те, що параметри досліджуваних величин були найвищими у сорту вітчизняної селекції ‘Погонич’ (74,0 і 7,80 т/га). Мінімальне значення розрахованих величин $Y_{\text{пм}}$ і $Y_{\text{с}}$ зафіксовано в контрольного сорту ‘Целтус’ – 66,0 і 6,90 т/га відповідно.

Реально досягти такої врожайності можна за наявності оптимуму температури повітря та ґрунту, кількості вологи, вмісту вуглекислого газу в повітрі. За таких умов гранично потенційно можлива врожайність сортів салату стеблового перевищить фактичну для сорту ‘Погонич’ на 8,2–9,0 т/га. Слід пам’ятати, що оптимум зазначених чинників має різне співвідношення залежно від фаз росту

Таблиця 5

**Потенційно можлива врожайність сортів салату стеблового
за багаторазового збирання (середнє за 2015–2017 рр.)**

Сорт	Сума частин основної і побічної продукції	Гранично потенційно можлива врожайність ($Y_{\text{пм}}$), т/га	Урожайність абсолютно сухої речовини (Y_c), т/га
‘Целтус’ (к)	1,05	Стебло 46,0 Розетка 20,0 } 66,0	6,9
‘Кобра’	1,05	Стебло 49,0 Розетка 19,0 } 68,0	7,1
‘Погонич’	1,05	Стебло 53,0 Розетка 21,0 } 74,0	7,8

й розвитку рослин салату посівного. Тому для розрахунків використовують ще один показник – дійсно можливу врожайність, рівень якої лімітується ресурсами вологи.

Показник, який визначає пластичність сортів, тобто вивчається реакція генотипу сорту салату стеблового на зміну екологічних умов вирощування і доквілля називають екологічною адаптивністю [18]. Індекс умов (b_i) – це відхилення середнього врожаю кожного варіанту від всіх сортів. Найвище значення індексу умов становило для сорту ‘Целтус’ – 1,07; ‘Кобра’ – 1,00; ‘Погонич’ – 0,93. Чим вище значення b_i , тим більша чутливість властива сорту [19].

Висока гомеостатичність була притаманна всім досліджуваним сортам, у яких спостерігали вищий за 70% коефіцієнт агрономічної стабільності. Оцінка ступеня стабільності й пластичності сортів за відхиленнями від загальної дисперсії (Еберхарт і Рассел) наведено на рисунку 2.

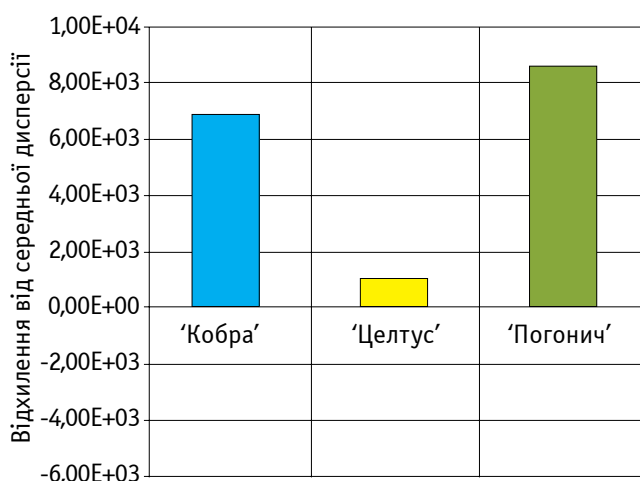


Рис. 2. Екологічна пластичність сортів салату стеблового за врожайністю

Стабільність сорту є показник стійкої реалізації потенційної продуктивності конкретного генотипу до певних умов доквілля, а пластичність – здатність сорту до пристосування за мінливості умов. Досліди про-

водяться за схемою змішування, за якою ефекти екологічних умов регіонів змішуються з ефектами відмін родючості ґрунтів. За ступенем стабільності сортів салату стеблового до стресових умов вирощування за роки досліджень у регіоні кращим був сорт ‘Погонич’. Сорт ‘Кобра’ польської селекції теж забезпечив високу екологічну пластичність.

За методом Еберхарта та Рассела екологічну пластичність і стабільність селекційної ознаки оцінюють за двома параметрами: коефіцієнтом регресії (β_i) та варіансою стабільності. Для визначення екологічної стабільності прояву кількісних ознак використали модель С. А. Еберхарта і В. А. Рассела, яку формально можна представити у вигляді функції програми «Екопласт», де визначали: Y_{ij} – середнє значення ознаки в умовах вирощування; μ_i – середнє значення ознаки в усіх умовах вирощування; β_i – коефіцієнт регресії, який відображає реакцію на зміну умов вирощування; I_j – індекс умов середовища. Сорти усіх різновидів салату посівного з коефіцієнтом регресії більше 1 характеризувалися низькою екологічною стабільністю, але кращою адаптивністю. В основу програмного продукту «Екопласт» покладено розрахунки на основі формул С. А. Еберхарта і В. А. Рассела з урахуванням коефіцієнту умов середовища. Для визначення екологічної пластичності сортів встановлено, чим більша кількість пунктів спостережень у зоні вирощування тим точніший результат екологічної оцінки сорту.

Результати сумарної рангової оцінки за врожайністю сортів салату стеблового показали, що сорти ‘Погонич’ і ‘Кобра’ за генотиповим ефектом слід віднести до другого рангу, а ‘Целтус’ до третього. За ступенем пластичності ‘Погонич’ і ‘Кобра’ – перший ранг, а ‘Целтус’ – другий. Чим нижчий ранг, тим вища господарська цінність сорту. Сорти ‘Погонич’ і ‘Кобра’ в Західному Лісостепу України забезпечили високі господарсько-цінні показники врожайності.

Висновки

Аналіз граничної потенційно можливої врожайності та її абсолютно сухої речовини сортів салату стеблового вказує на те, що параметри досліджуваних величин були найвищими у сорту вітчизняної селекції 'Погонич' (74,0 і 7,80 т/га).

Сорт 'Погонич' зарекомендував себе екологічно пластичним, стабільним і толерантним до стресових умов середовища у Західному Лісостепу України, але менш адаптивним за сталих лімітів ґрунтово-кліматичних параметрів чинників довкілля.

Висока гомеостатичність була притаманна всім досліджуваним сортам, у яких спостерігали вищий за 70% коефіцієнт агрономічної стабільності.

Результати рангової оцінки за врожайністю сортів салату стеблового показали, сорти 'Погонич' і 'Кобра' за генотиповим ефектом слід віднести до другого рангу, а 'Целтус' до третього. За ступенем пластичності 'Погонич' і 'Кобра' – перший ранг, а 'Целтус' – другий. Чим нижчий ранг, тим вища господарська цінність сорту.

Використана література

- Ацци Д. Сельскохозяйственная экология. Ленинград : Госсельхозиздат. 1932. С. 7–284.
- Литун П. П. Взаимодействие генотип – среда в генетических исследованиях и способы его изучения. *Проблемы отбора и оценки селекционного материала*. Киев : Наук. думка, 1980. С. 69–93.
- Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (Эколого-генетические основы): теория и практика. Москва : Агрорус, 2009. Т. 2. 1098 с.
- Жученко А. А., Урсул А. Д. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства. Кишинёв : Штиинца, 1983. 303 с.
- Солонечный П. М. Гомеостатичність та селекційна цінність сучасних сортів ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2013. Вип. 103. С. 36–41. doi: 10.30835/2413-7510.2013.54064
- Марухняк А. Я., Дацько А. О., Лісова Ю. А., Марухняк Г. І. Кореляційні зв'язки між продуктивністю та параметрами екологічної адаптивності у зразків вівса. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2014. Вип. 56(1). С. 123–135.
- Пакудин В. З. Оценка экологической пластичности сортов. *Генетический анализ количественных и качественных признаков с помощью математическо-статистических методов*. Москва : ВНИИТЭИсельхоз, 1973. С. 40–44.
- Потанин В. Г., Алейников А. Ф., Степочкин П. И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014. Т. 18, № 3. С. 548–552.
- Лещук Н. В., Коховська І. В., Башкатова О. П. та ін. Особливості ідентифікації сортів *Lactuca sativa* var. *angustana* Irish. *Вісник ЛНАУ. Агрономія*. 2019. № 23. С. 119–123. doi: 10.31734/agronomy2019.01.119
- Божко Л. Ю. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні. Одеса : Екологія, 2010. 365 с.
- Eberhart S. A., Russel W. A. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Sci.* 1966. Vol. 6, Iss. 1. P. 36–40. doi: 10.2135/CROPSCI1966.0011183X000600010011X
- Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. 3-тє вид., пер. і доп. Харків : Основа, 2001. 369 с.
- Андрющенко А. В., Лещук Н. В., Шовгун Н. В. Особливості ідентифікаційних ознак стійкості сортів салату посівного (*Lactuca sativa* L.) проти несправжньої борошнистої роси (*Bremia lactucae* Regel). *Plant Var. Stud. Prot.* 2008. № 1. С. 62–65. doi: 10.21498/2518-1017.1(7).2008.64241
- Лещук Н. В., Улянич О. І., Позняк О. В. Особливості технології вирощування салату стеблового на товарні й насіннєві цілі. *Збірник наук. праць УНУС. Сер. : Агрономія*. 2009. № 71, Ч. 1. С. 123–131.
- Лещук Н. В., Рахметов Д. Б., Позняк О. В. Особливості введення у культуру салату стеблового (*Lactuca sativa* var. *angustana* Irish) в Україні. *Plant Var. Stud. Prot.* 2009. № 1. С. 95–101. doi: 10.21498/2518-1017.1(9).2009.66358
- Лещук Н. В., Хареба В. В., Хареба О. В. та ін. Визначник морфологічних ознак сортів салату посівного *Lactuca sativa* L. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2019. 146 с.
- Мулярчук О. І. Екологічна пластичність сортів капусти біло-голової. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2011. № 6. URL: http://nd.nubip.edu.ua/2011_6/11moi.pdf
- Хареба О. В., Хареба В. В., Кокійко В. В. Екологічна оцінка сортів гарбуза мускатного за основними господарсько-цінними показниками в умовах Лісостепу України. *Вісн. аграр. науки*. 2020. № 3. С. 77–82. doi: 10.31073/agrovisnyk202003-11
- Bowring J. D. C. The identification of varieties of lettuce. *J. Natl. Inst. Agric. Bot.* 1969. Vol. 11. P. 499–520.

References

- Attsi, D. (1932) *Sel'skokhozyaystvennaya ekologiya* [Agricultural ecology]. (pp. 7–284). Leningrad: Gossel'hozizdat. [in Russian]
- Litun, P. P. (1980). Genotype – Environment Interaction in Genetic Research and Methods of Studying It. In *Problemy otbora i ozenki selekcionnogo materiala* [Problems of selection and evaluation of breeding material] (pp. 69–93). Kyiv: Naukova dumka. [in Russian]
- Zhuchenko, A. A. (2009). *Adaptivnoe rastenievodstvo (Ekologo-geneticheskie osnovy): teoriya i praktika* [Adaptive Crop Production (Ecological and Genetic Foundations): Theory and Practice] (Vol. 2). Moscow: Agrorus. [in Russian]
- Zhuchenko, A. A., & Ursul, A. D. (1983). *Strategiya adaptivnoy intensifikatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Adaptive Intensification Strategy for Agricultural Production]. Chisinau: Stiinta. [in Russian]
- Solonechnyi, P. M. (2013). Homeostaticity and selection of the value of the occasional varieties of ardent barley. *Selekcija i Nasinnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 103, 36–41. doi: 10.30835/2413-7510.2013.54064 [in Ukrainian]
- Marukhniak, A. Ya., Datsko, A. O., Lisova, Yu. A., & Marukhniak, H. I. (2014). Correlation connections between productivity and parameters of ecological adaptivity in oat samples. *Peredgirne ta Girs'ke Zemlerobstvo i Tvarinnictvo* [Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding], 56(1), 123–135. [in Ukrainian]
- Pakudin, V. Z. (1973). Assessment of Ecological Plasticity of Varieties. In *Geneticheskij analiz kolichestvennykh i kachestvennykh priznakov s pomoshchyu matematicheskostatisticheskikh metodov* [Genetic Analysis of Quantitative and Qualitative Characteristics Using Mathematical and Statistical Methods] (pp. 40–44). Moscow: VNIITEIsel'khoz. [in Russian]
- Potaniin, V. G., Aleynikov, A. F., & Stepochkin, P. I. (2014). A new approach to estimation of the ecological plasticity of plant varieties. *Vavilovskij Zhurnal Genetiki i Selekcii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 18(2), 548–552. [in Russian]
- Leshchuk, N. V., Kokhovsky, I. V., Bashkatova, O. P., Dydiv, O. Y., & Dydiv, I. V. (2019). Identification features varieties *Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish. *Visnik Lvivs'kogo Nacional'nogo Agrarnogo Universitetu. Agronomiia* [Journal of Lviv National

- Agrarian University. Agronomy], 23, 119–123. doi: 10.31734/agronomy2019.01.119 [in Ukrainian]
10. Bozhko, L. Yu. (2010). *Klimat i produktyvnist ovochevykh kultur v Ukraini* [Climate and productivity of vegetable crops in Ukraine]. Odesa: Ekolohiia. [in Ukrainian]
 11. Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Science*, 6(1), 36–40. doi: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x
 12. Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (Eds.). (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtantnytsi* [Methods of conducting experiments in vegetable and melon growing] (3rd ed., rev.). Kharkiv: Osnova. [in Ukrainian]
 13. Andriushchenko, A. V., Leshchuk, N. V., & Shovhun, N. V. (2008). Peculiarities of identifying steadiness characteristics of the cutting lettuce (*Lactuca sativa* L.) to the false powdery mildew (*Bremia lactucae* Regel). *Plant Varieties Studying and Protection*, 1, 62–65. doi: 10.21498/2518-1017.1(7).2008.64241 [in Ukrainian]
 14. Leshchuk, N. V., Ulianych, O. I., & Pozniak, O. V. (2009). Features of technology of cultivation of a salad of a stalk for the commodity and seed purposes. *Zbirnik Naukovih Prac Umans'kogo Nacional'nogo Universitetu Sadivnictva* [Collection of Scientific Papers of Uman National University of Horticulture], 71, 123–131. [in Ukrainian]
 15. Leshchuk, N. V., Rakhmetov, D. B., & Pozniak, O. V. (2009). Peculiarities of Lettuce (*Lactuca sativa* var. *angustana* Irish) introduction to the crop-ping culture in Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 1, 95–101. doi: 10.21498/2518-1017.1(9).2009.66358 [in Ukrainian]
 16. Leshchuk, N. V., Khareba, V. V., Khareba, O. V., Dydiv, O. Y., & Pozniak, O. V. (2019). *Vyznachnyk morfolohichnykh oznak sortiv salatu posivnoho Lactuca sativa* L. [Determinant of morphological features of lettuce varieties *Lactuca sativa* L.]. Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]
 17. Muliarchuk, O. I. (2011). Ecological plasticity of sorts of white cabbage. *Naukovi Dopovidi NUBiP Ukraini* [Scientific reports NULES of Ukraine], 6. Retrieved from http://nd.nubip.edu.ua/2011_6/11moi.pdf
 18. Khareba, O. V., Khareba, V. V., & Kokoiko, V. V. (2020). Ecological assessment of *Cucurbita moschata* varieties according to economically valuable indicators in the conditions of Forest-Steppe of Ukraine. *Visnik Agrarnoi Nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 3, 77–82. doi: 10.31073/agrovisnyk202003-11 [in Ukrainian]
 19. Bowring, J. D. C. (1969). The identification of varieties of lettuce. *Journal of the National Institute of Agricultural Botany*, 11, 499–520.

UDC 635.52(292.485:477)

Leshchuk, N. V.^{1*}, Bashkatova, O. P.¹, Symonenko, N. V.¹, & Dydiv, O. Y.² (2021). Ecological plasticity of lettuce varieties (*Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish) in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(4), 305–311. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249021>

¹Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: nadiya1511@ukr.net

²Lviv National Agricultural University, 1 Volodymyr Velykyi St., Dubliany, Zhovkva district, Lviv region, 80381, Ukraine, e-mail: olga.dydiv@gmail.com

Purpose. To reveal the adaptive potential of stem lettuce varieties (*Lactuca sativa* L. var. *angustana* Irish) according to the parameters of yield, ecological plasticity, stability and adaptability in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The stability and plasticity of stem lettuce yield was evaluated according to S. A. Eberhart and W. A. Russell method. Soil and climatic conditions of the research area were generally favorable for lettuce growth and development. Research methods: field, laboratory and statistical. **Results.** Stem lettuce varieties showed different duration of the interfacial period of germination – technical ripeness: for ‘Pogonych’ variety it was 35 days, which made it possible to collect marketable products 6 days earlier than in the control. ‘Cobra’ variety showed the largest leaf area (13 109.12 m²). The value of the yield index of the rosette of leaves and stems over the years of research was in the range of 53.2–57.0 t/ha. Variety ‘Pogonych’ showed the highest

rates of Yp.p. and Yd. – 74.0 and 7.8 t/ha, respectively. The stem lettuce varieties had a high coefficient of agronomic stability > 70%. ‘Tseltus’ variety showed the highest value of the index of environmental conditions (b_i = 1.07), which indicates its high sensitivity in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. ‘Pogonych’ variety demonstrated ecological plasticity. **Conclusions.** ‘Pogonych’ stem lettuce variety showed ecological plasticity, stability and tolerance to stressful environmental conditions in the Western Forest-Steppe of Ukraine, but it was less adaptive to the constant limits of soil and climatic parameters of environmental factors. High homeostaticity was inherent in all studied varieties, which had a higher, than 70% coefficient of agronomic stability, namely: ‘Pogonych’, ‘Cobra’ and ‘Tseltus’.

Keywords: stability; adaptability; plasticity; yield; quality; variety potential; coefficient of environmental conditions; productivity; photosynthesis.

Надійшла / Received 27.10.2021
Погоджено до друку / Accepted 16.11.2021

Уміст амінокислот у зерні різних сортів гороху озимого та продуктах його перероблення

В. І. Войтовська¹, Л. І. Сторожик^{1*}, В. В. Любич², С. М. Романов¹

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110 Україна, *e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com

²Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305, Україна, e-mail: LyubichV@gmail.com

Мета. Визначити вміст амінокислот, біологічну та харчову цінність зерна різних сортів гороху озимого та продуктів його перероблення. **Методи.** Вміст амінокислот визначали методом іонообмінної рідинної хроматографії. Математичне оброблення отриманих даних проводили дисперсійним аналізом однофакторного польового досліду. Амінокислотний та інтегральний скори визначали розрахунково. **Результати.** Зерно гороху озимого сортів 'НС Мороз', 'Баллтрап' та 'Ендуро' мало високий вміст амінокислот. У складі есенційних амінокислот частка лізину та лейцину була найвищою – 1,53–1,77%, а частка метіоніну – найнижчою 0,25–0,28% залежно від сорту гороху озимого. Основною амінокислотою зерна гороху озимого є глютамінова, частка якої складала 3,25–3,30% від усіх амінокислот. Частка аспарагінової кислоти становила 2,30–2,37% залежно від сорту. У складі незамінних амінокислот частка цистину була найнижчою – 0,31–0,37% залежно від сорту. Частка есенційних амінокислот зерна гороху озимого становила 40–41% від їхньої суми. Частка триптофану порівняно із зерном знижувалась на 30–43%, ізолейцину – на 20–24%, метіоніну – на 8–29%, фенілаланіну, лізину, лейцину – на 8–12%, валіну – на 5–9%, треоніну – на 1–5%. У складі незамінних амінокислот щодо зерна найбільше знижувалась частка цистину – на 58–73%, гістидину – на 36–43%, гліцину – на 42–45%. Частка аланіну щодо зерна знижувалась на 19–25%, глютамінової кислоти – на 12–15%, тирозину – на 8–18%, аспарагінової кислоти – на 9–12%. Найменше знижувалась частка серину та аргініну – на 3–8%. Проте сума незамінних амінокислот знижувалась лише на 15–17% залежно від сортових особливостей. Встановлено, що амінокислотний скор зерна гороху озимого та продуктів його перероблення був бездефіцитним. Розрахунки показали, що 100 г зерна гороху озимого задовольняють біологічну потребу дорослої людини в ізолейцині – на 55–58%, валіні – на 51–42%, триптофані – на 41–50%, лізині – на 37–40%, треоніні – на 39–40%, лейцині – на 36–38%. Найбільшу добову потребу забезпечувало 100 г продуктів перероблення зерна аргініном і глютаміновою кислотою – на 20–26% залежно від сорту гороху озимого. Для решти незамінних амінокислот цей показник був на рівні 6–16% у борошні та 2–15% у крупі завдяки зниженню вмісту амінокислот у цих продуктах. **Висновки.** Було визначено частку амінокислот, біологічну та харчову цінність зерна різних сортів гороху озимого та продуктів його перероблення, таких як крупа та борошно. В амінокислотному складі частка незамінних амінокислот переважала, проте 100 г зерна та продуктів його перероблення найбільше задовольняють потребу в незамінних амінокислотах. Частка амінокислот знижувалась у продуктах перероблення зерна гороху озимого, особливо в крупі. Амінокислотний скор зерна гороху озимого сортів 'НС Мороз', 'Баллтрап' та 'Ендуро' і продуктів його перероблення був збалансованим.

Ключові слова: сорт; горох озимий; зерно; амінокислота; амінокислотний скор; інтегральний скор; борошно; крупа.

Вступ

Горох (*Pisum sativum* L.) є однією з найважливіших зернобобових культур у світі і має різноманітне використання: кормове, сидеральне, продовольче. Розвиток нових технологій його переробки сприяє розширенню асортименту харчових продуктів, їхнього функціонального призначення, а також можливостей використання його інгредієнтів у вигляді біологічно активних

добавок до їжі [1]. Горох – важлива зернобобова культура, зерно якої містить близько 20% білка. Підвищення продуктивності гороху – важливе завдання сільськогосподарського виробництва. Впровадження озимих форм гороху може забезпечити формування високої врожайності зерна [2]. Встановлено, що за відповідного рівня технологій вирощування озимий горох може формувати врожайність від 4,0 до 6,2 т/га [1]. Дефіцит білка в продуктах харчування зумовлює дослідження біологічної цінності гороху озимого за вмістом амінокислот, що знаходяться в усіх тканинах рослини. Вони беруть важливу участь в обміні речовин. Амінокислоти є структурним матеріалом білків, а склад амінокислот впливає на якість їжі (корму). Їхня нестача призводить до порушення обміну речовин (негативного азотного балансу), що є причиною

Viktorii Voitovska
<https://orcid.org/0000-0001-5538-461X>

Larysa Storozhyk
<https://orcid.org/0000-0003-1587-1477>

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

Stanislav Romanov
<https://orcid.org/0000-0002-0775-3940>

багатьох серйозних функціональних змін в організмі людини і тварин, втрати апетиту, патологічних змін у нервовій системі, органах внутрішньої секреції, складі крові, ферментних системах [3]. Слід зазначити, що якість продуктів перероблення зерна залежить від його біохімічного складу. Тому важливо проводити регулярний скринінг щодо формування амінокислотної складової зерна сучасних сортів гороху озимого та продуктів його перероблення [4, 5].

Амінокислотний скор – це відношення фактичного вмісту амінокислот до їхнього вмісту в ідеальному продукті, вираженого у відсотках [3]. Встановлено, що зерно гороху має бездефіцитний амінокислотний скор [6]. Це дозволяє застосовувати його зерно в раціоні свинюматок, поросят і свиней на відгодівлі [7]. Його можна згодовувати жуйним тваринам як енергетичний і багатий на амінокислоти корм [8]. Горох використовують у раціонах птиці завдяки високому вмісту есенційних амінокислот [9].

Відомо, що середня частка білка в зерні гороху може становити 24%, яка змінюється залежно від біологічних особливостей сорту, умов вирощування та погодних умов [10–12]. Білок гороху містить велику кількість деяких незамінних амінокислот, таких як лізин, аргінін і лейцин [13]. Так, в амінокислотному складі вміст глютамінової кислоти найвищий – 39,2–46,9 г/кг, вміст аспарагінової кислоти – 25,1–28,8, а вміст цистину – 3,2–3,3 г/кг зерна залежно від сорту гороху [14].

Отже, амінокислотний склад зерна гороху озимого значно змінюється залежно від сорту. Впровадження сортів гороху озимого у виробництво зумовлює необхідність вивчення особливостей формування вмісту амінокислот у зерні та продуктах його перероблення.

Мета досліджень – визначити частку амінокислот, біологічну та харчову цінність зерна різних сортів гороху озимого та продуктів його перероблення.

Матеріали та методика досліджень

Сорти гороху озимого вирощували упродовж 2019–2021 рр. у фермерському господарстві «Ромнана» Дніпропетровської області Криворізького району, с. Новомайське – зона Степу та у зоні Правобережного Лісостепу України на дослідних полях навчально-науково-виробничого комплексу Уманського національного університету садівництва (м. Умань).

Ґрунт у фермерському господарстві «Ромнана» – чорнозем звичайний малогумусний з умістом гумусу 3,6%. Уміст азоту легкогідролізованих сполук – дуже низький, рухомих сполук фосфору та калію – високий та підвищений, pH_{KCl} – 6,47. Ґрунт дослідного поля Уманського НУС – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Вміст гумусу в орному шарі – 3,8%, вміст азоту легкогідролізованих сполук – низький, рухомих сполук фосфору та калію – підвищений, pH_{KCl} – 5,7.

Загальна площа дослідних ділянок становила 630 м², облікова – 516 м². Повторність дослідів чотириразова. Висівали ранні сорти 'НС Мороз' (Сербія), 'Баллтрап' (Франція) та ультраранній 'Ендуро' (Чехія), у яких визначали вміст незамінних і замінних амінокислот у зерні та продуктах перероблення – борошні та крупі відповідно до загальноприйнятих методик [21–23]. Зерно сортів гороху відповідало ДСТУ 4523:2006. Горох. Технічні умови, крупі горохові – ДСТУ 7701:2015. Крупі горохові. Технічні умови. Для визначення цистину та метіоніну пробу зерна окиснювали надмурашиною кислотою, вміст триптофану – гідролізом лугом із 5%-м розчином хлориду олова. Для визначення вмісту решти амінокислот пробу зерна піддавали гідролізу розчином 0,1 моль/дм³ HCl, що містить 2% тіодінгліколю. Кількість аналітичних повторень була триразовою. Вміст амінокислот визначали методом іонообмінної рідинної хроматографії на аналізаторі амінокислот Т-339 (Чехія). Індекс комплексного оцінювання (ІКО) визначали за формулою:

$$ІКО = n \sqrt{\frac{\Phi_1}{O_1} \times \frac{\Phi_2}{O_2} \times \dots \times \frac{\Phi_n}{O_n} \times \frac{D_1}{\Phi_1} \times \frac{D_2}{\Phi_2} \times \frac{D_n}{\Phi_n}},$$

де Φ – фактичне значення показника; O – оптимальне значення показника; D – допустиме значення показника;

$\frac{\Phi}{O}$ – відношення, що застосовують для показників, фактичне значення яких може бути більшим оптимального;

$\frac{D}{\Phi}$ – відношення, що застосовують для показників, фактичне значення яких повинно бути меншим допустимого рівня; n – кількість показників, які використовуються в моделі.

Амінокислотний скор розраховували за формулою:

$$A = \frac{\Phi}{O} \times 100$$

де A – амінокислотний скор, %; Φ – фактичний уміст амінокислоти, мг/г зерна; O – оптимальний уміст амінокислоти, мг/г зерна.

Інтегральний скор – за формулою:

$$I = \frac{D}{\Phi} \times 100$$

де I – інтегральний скор, %; Φ – фактичний уміст компоненту, мг/100 г зерна; D – добова потреба компоненту організмом здорової людини, мг.

Математичне оброблення отриманих результатів виконували за допомогою дисперсійного аналізу однофакторного польового досліду [15]. Для статистичного оброблення результатів досліджень і визначення достовірності одержаних експериментальних даних використовували пакет стандартних програм (ППК «Agrostat», MS Office Excel).

Результати досліджень

Встановлено, що частка амінокислот змінювалася залежно від виду зернопродукту гороху озимого (табл. 1). Так, частка всіх амінокислот у зерні гороху озимого становила: в насінні гороху 20,91–21,34%, у бо-

рошні – 17,64–18,37 або на 14–16% менше порівняно з насінням, а в крупі – 15,48–15,96% або на 25–26% менше порівняно з насінням і ці показники відрізнялись для різних сортів.

Було встановлено, що в складі есенційних амінокислот частка лізину та лейцину була найвищою і становила 1,53–1,77% залежно від сорту, а частка метіоніну була найнижчою і досягала значення 0,25–0,28% залежно від сорту гороху озимого. Основною амінокислотою зерна гороху озимого є глютамінова кислота. Її вміст був 3,25–3,30%. Частка аспарагінової кислоти становила 2,30–2,37% і також відрізнялась для кожного досліджуваного сорту.

Серед незамінних амінокислот частка цистину була найменшою і становила 0,31–0,37%. Частка всіх незамінних амінокислот зерна гороху озимого була на рівні 40–41% від їхньої загальної кількості.

У борошні частка триптофану знижувалась на 30–43%, ізолейцину та метіоніну – на 20–24% і 8–29%, відповідно, фенілаланіну, лізину, лейцину – в середньому на 8–12%, а частка валіну та треоніну відпо-

Таблиця 1

Уміст амінокислот у зерні різних сортів гороху озимого та продуктах його перероблення (2019–2021 рр.), % (n = 27)

Амінокислота	Продукт											
	Зерно				Крупа				Борошно			
	Сорт											
	‘НС Мороз’	‘Балтрап’	‘Ендуро’	НІР _{0,05}	‘НС Мороз’	‘Балтрап’	‘Ендуро’	НІР _{0,05}	‘НС Мороз’	‘Балтрап’	‘Ендуро’	НІР _{0,05}
Метіонін	0,25	0,28	0,25	0,01	0,17	0,16	0,20	0,01	0,22	0,20	0,23	0,01
Триптофан	0,33	0,37	0,40	0,02	0,15	0,15	0,18	0,01	0,23	0,21	0,26	0,01
Метіонін + Цистеїн	0,51	0,55	0,55	0,03	0,42	0,40	0,43	0,02	0,45	0,45	0,47	0,02
Треонін	0,93	0,95	0,97	0,05	0,76	0,70	0,80	0,04	0,90	0,90	0,96	0,05
Фенілаланін	1,05	1,07	1,09	0,05	0,88	0,83	0,90	0,05	0,95	0,95	1,00	0,05
Фенілаланін + Тирозин	1,78	1,83	1,84	0,09	1,48	1,43	1,45	0,08	1,62	1,57	1,65	0,08
Валін	1,06	1,02	1,03	0,05	0,93	0,88	0,90	0,05	0,96	0,93	0,98	0,05
Ізолейцин	1,11	1,09	1,15	0,06	0,85	0,80	0,83	0,04	0,89	0,85	0,87	0,04
Лізін	1,59	1,53	1,63	0,08	1,35	1,35	1,32	0,07	1,43	1,40	1,45	0,07
Лейцин	1,77	1,67	1,75	0,09	1,34	1,31	1,37	0,07	1,55	1,51	1,55	0,08
Σ_e	8,60	8,53	8,82	0,41	6,85	6,58	6,93	0,39	7,58	7,40	7,77	0,37
Цистеїн	0,31	0,37	0,35	0,02	0,09	0,04	0,05	0,01	0,13	0,10	0,11	0,01
Гістидин	0,55	0,53	0,55	0,03	0,18	0,15	0,17	0,01	0,32	0,30	0,35	0,02
Тирозин	0,73	0,76	0,75	0,04	0,60	0,60	0,55	0,03	0,67	0,62	0,65	0,03
Пролін	0,77	0,75	0,75	0,04	0,56	0,43	0,50	0,03	0,61	0,65	0,70	0,04
Серін	0,88	0,92	0,90	0,05	0,65	0,77	0,80	0,04	0,82	0,85	0,84	0,04
Гліцин	0,97	0,95	0,95	0,05	0,41	0,33	0,45	0,02	0,56	0,52	0,55	0,03
Аланін	0,98	0,95	0,95	0,05	0,67	0,64	0,60	0,03	0,76	0,71	0,77	0,04
Аргінін	1,67	1,56	1,65	0,08	1,57	1,52	1,55	0,08	1,60	1,51	1,60	0,08
Аспарагінова кислота	2,33	2,30	2,37	0,12	1,78	1,75	1,80	0,09	2,12	2,02	2,15	0,11
Глутамінова кислота	3,25	3,29	3,30	0,17	2,12	2,71	2,56	0,13	2,77	2,89	2,88	0,14
Σ_3	12,44	12,38	12,52	0,62	8,63	8,94	9,03	0,44	10,36	10,24	10,60	0,56
Σ_a	21,04	20,91	21,34	1,09	15,48	15,52	15,96	0,85	17,94	17,64	18,37	0,95

відно на 5–9 і 1–5% порівняно з їхнім умістом у зерні гороху озимого. Слід відмітити, що в борошні, отриманому з насіння сорту 'Балтрап' частка триптофану та метіоніну знижувалась на 29–43% порівняно з іншими сортами, що можна пояснити особливостями помелу зерна. Зародок зерна містить вищу частку есенційних амінокислот, а під час перемолу відокремлюються насінневі оболонки і частинки зародків, яких у зерні сорту 'Балтрап' було більше, ніж в іншому насінні.

Частка цистину щодо зерна знижувалась на 58–73%, гістидину та гліцину – на 36–43% і 42–45%, відповідно. Частка аланіну, глютамінової кислоти та тирозину знижувалась на 19–25%, 12–15 та 8–18%, відповідно, а аспарагінової кислоти – на 9–12%. Встановлено, що при переробленні зерна на борошно найменше знижувалась частка се-

рину та аргініну, лише на 3–8%. Проте сума незамінних амінокислот знизилась на 15–17% залежно від сортових особливостей гороху озимого. Результати аналізу свідчать, що в крупі гороху озимого частка амінокислот була найнижчою. Проте сума есенційних амінокислот знижувалась на 20–23%, а замінних – на 28–31% завдяки технологічним процесам під час перероблення зерна гороху озимого на крупу.

Встановлено, що амінокислотний скор зерна гороху озимого та продуктів його перероблення був бездефіцитним, оскільки становив понад 100% (табл. 2). При цьому зазначений показник для зернопродуктів був нижчим. У борошні найбільше знижувався скор для триптофану та ізолейцину, у крупі – для триптофану, ізолейцину, фенілаланіну, лейцину, треоніну та метіоніну.

Таблиця 2

Амінокислотний скор зерна різних сортів гороху озимого та продуктів його перероблення (2019–2021 рр.), % (n = 27)

Амінокислота	Продукт								
	Зерно			Крупа			Борошно		
	Сорт								
	‘НС Мороз’	‘Балтрап’	‘Ендуро’	‘НС Мороз’	‘Балтрап’	‘Ендуро’	‘НС Мороз’	‘Балтрап’	‘Ендуро’
Метіонін + Цистеїн	131	141	141	108	103	110	115	115	121
Валін	193	185	187	169	160	164	175	169	178
Треонін	211	216	220	173	159	182	205	205	218
Лейцин	230	217	227	174	170	178	201	196	201
Ізолейцин	252	248	261	193	182	189	202	193	198
Лізин	261	251	267	221	221	216	234	230	238
Фенілаланін + Тирозин	270	277	279	224	217	220	245	238	250
Триптофан	300	336	364	136	136	164	209	191	236

Розрахунки показали, що 100 г зерна гороху озимого задовольняють біологічну потребу дорослої людини ізолейцином на 55–58%, валіном, триптофаном, лізином відповідно на 51–42%, 41–50% та 37–40%, треоніном та лейцином – на 39–40 та 36–38% (табл. 3).

Найменший інтегральний скор забезпечувало 100 г зерна метіоніном – на 14–16% і фенілаланіном – на 24–25% залежно від біологічних особливостей сорту гороху озимого, проте інтегральний скор у крупі та борошні був меншим. Індекс комплексного оцінювання інтегрального скору в зерні становив 0,34–0,35, у борошні знижувався до 0,28–0,31 або на 11–17%, а в крупі – до 0,24–0,27, або на 23–29% порівняно з зерном.

Визначено, що 100 г зерна найбільше задовольняє потребу дорослої людини неза-

мінними амінокислотами гліцином, аргініном, гістидином і глютаміновою кислотою – на 24–28%. Для решти незамінних амінокислот потреба задовольнялась лише на 11–19%.

Найбільший інтегральний скор був для аргініну та глютамінової кислоти – 20–26% залежно від сортових особливостей гороху озимого.

Для решти незамінних амінокислот цей показник був на рівні 6–16% для борошна та 2–15% для крупі завдяки зниженню вмісту амінокислот у цих продуктах. Індекс комплексного оцінювання інтегрального скору був нижчим порівняно з есенційними амінокислотами.

Так, зазначений показник становив 0,19, у борошна – 0,14–0,15, а в крупі – 0,10–0,11.

Таблиця 3

**Інтегральний скор та індекс комплексного його оцінювання 100 г зерна
різних сортів гороху озимого і продуктів його перероблення
(2019–2021 рр.), %**

Амінокислота	Продукт								
	Зерно			Крупа			Борошно		
	Сорт								
	‘НС Мороз’	‘Балтрап’	‘Ендуро’	‘НС Мороз’	‘Балтрап’	‘Ендуро’	‘НС Мороз’	‘Балтрап’	‘Ендуро’
Метіонін	14	16	14	9	9	11	12	11	13
Фенілаланін	24	24	25	20	19	20	22	22	23
Лейцин	38	36	38	29	28	30	34	33	34
Треонін	39	40	40	32	29	33	38	38	40
Лізин	39	37	40	33	33	32	35	34	35
Триптофан	41	46	50	19	19	23	29	26	33
Валін	42	41	41	37	35	36	38	37	39
Ізолейцин	56	55	58	43	40	42	45	43	44
ІКО _е	0,34	0,35	0,35	0,25	0,24	0,27	0,29	0,28	0,31
Серін	11	11	11	8	9	10	10	10	10
Аланін	15	14	14	10	10	9	12	11	12
Цистеїн	17	21	19	5	2	3	7	6	6
Тирозин	17	17	17	14	14	13	15	14	15
Пролін	17	17	17	12	10	11	14	14	16
Аспарагінова	19	19	19	15	14	15	17	17	18
Глутамінова	24	24	24	16	20	19	20	21	21
Гістидин	26	25	26	9	7	8	15	14	17
Аргінін	27	26	27	26	25	25	26	26	26
Гліцин	28	27	27	12	9	13	16	15	16
ІКО _з	0,19	0,19	0,19	0,11	0,10	0,11	0,14	0,14	0,15
ІКО _а	0,25	0,25	0,25	0,16	0,15	0,16	0,20	0,19	0,20

Висновки

Визначено частку амінокислот та харчову цінність зерна різних сортів гороху озимого та продуктів його перероблення. Частка амінокислот у зерні становила 20,91–21,34% і залежала від біологічних особливостей сорту. В амінокислотному складі частка незамінних амінокислот переважала. При переробленні зерна гороху озимого вміст амінокислот знижувався в борошні на 15–17%, у крупі вміст есенційних амінокислот знижувався на 20–23%, а замінних – на 28–31%. Амінокислотний скор зерна гороху озимого та продуктів його перероблення був збалансованим.

Використана література

- Karpenko V., Boiko Y., Prytuliak R. Anatomical changes in the epidermis of winter pea stipules and their area under usage of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation. *Agron. Res.* 2021. Vol. 19, Iss. 2. P. 472–483. doi: 10.15159/AR.21.026
- Балан В. М., Присяжнюк О. І., Балагура О. В., Карпук Л. М. Рослинництво основних культур. Вінниця: Твори, 2018. 384 с.
- Пшениця спельта / за ред. Г. М. Господаренка. Київ: Сік Груп Україна, 2016. 312 с.
- Frikha M., Valencia D. G., de Coca-Sinova A. et al. Ileal digestibility of amino acids of unheated and autoclaved pea protein concentrate in broilers. *Poult. Sci.* 2013. Vol. 92, Iss. 7. P. 1848–1857. doi: 10.3382/ps.2013-03007
- Goodarzi Boroojeni F., Senz M., Kozlowski K. et al. The effects of fermentation and enzymatic treatment of pea on nutrient digestibility and growth performance of broilers. *Animal.* 2017. Vol. 11. P. 1698–1707. doi: 10.1017/S1751731117000787
- Walk C. L., Pirgozliev V., Juntunen K. et al. Evaluation of novel protease enzymes on growth performance and apparent ileal digestibility of amino acids in poultry: Enzyme screening. *Poult. Sci.* 2018. Vol. 97, Iss. 6. P. 2123–2138. doi: 10.3382/ps/pey080
- Zuber T., Siegert W., Salehi H. et al. Variability of amino acid digestibility of lupin and pea grains in caecotomised laying hens. *Br. Poult. Sci.* 2019. Vol. 60, Iss. 3. P. 229–240. doi: 10.3390/ani10112099
- Hejdysz M., Kaczmarek S. A., Adamski M., Rutkowski A. Influence of graded inclusion of raw and extruded pea (*Pisum sativum* L.) meal on the performance and nutrient digestibility of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2017. Vol. 230. P. 114–125. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.05.016
- Konieczka P., Smulikowska S., Czerwiński J., Mieczkowska A. Raw vs extruded coloured-flower pea as an ingredient in broiler diets: Effects on performance, ileal digestibility, gut morphology, and intestinal microbiota activity. *J. Anim. Feed Sci.* 2014. Vol. 23, Iss. 3. P. 244–252. doi: 10.1080/00071668.2018.1507017
- Hejdysz M., Kaczmarek S. A., Rutkowski A. Factors affecting the nutritional value of pea (*Pisum sativum*) for broilers. *J. Anim. Feed Sci.* 2015. Vol. 24, Iss. 3. P. 252–259. doi: 10.22358/jafs/65631/2015

11. Olle M., Williams I. H., Rosa E., Tamm S. Finding best field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars for breeding in Northern climatic conditions. *Acta Agric. Scand. B.* 2019. Vol. 70. P. 1–7. doi: 10.1080/09064710.2019.1660400
 12. Любич В. В. Продуктивність сортів і ліній пшениць залежно від абіотичних і біотичних чинників. *Вісн. аграр. науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 95. С. 146–161.
 13. Брежнева В. И., Брежнев А. В., Мирошниченко А. Н. Результаты селекции ярового и зимующего гороха. *Земледелие*. 2014. № 3. С. 14–17.
 14. Vann R. A., Reberg-Horton S. C., Castillo M. S. et al. Winter pea, crimson clover, and hairy vetch planted in mixture with small grains in the Southeast United States. *Agron. J.* 2019. Vol. 111, Iss. 2. P. 805–815. doi: 10.2134/agronj2018.03.0202
 15. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця : ТД Едельвейс і К, 2014. 332 с.
- ## References
1. Karpenko, V., Boiko, Y., & Prytuliak, R. (2021). Anatomical changes in the epidermis of winter pea stipules and their area under usage of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation. *Agron. Res.*, 19(2), 472–483. doi: 10.15159/AR.21.026
 2. Balan, V. M., Prysyazhnyuk, O. I., Balagura, O. V., & Karpuk, L. M. (2018). *Roslynnytstvo osnovnykh kultur* [Crop production of major crops]. Vinnytsia: Tvory. [in Ukrainian]
 3. Hospodarenko, H. M. (Ed.). (2016). *Pshenytsia spelta* [Wheat spelt]. Kyiv: Sik group Ukraine. [in Ukrainian]
 4. Frikha, M., Valencia, D. G., de Coca-Sinova, A., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2013). Ileal digestibility of amino acids of unheated and autoclaved pea protein concentrate in broilers. *Poult. Sci.*, 92(7), 1848–1857. doi: 10.3382/ps.2013-03007
 5. Goodarzi Borojani, F., Senz, M., Kozłowski, K., Boros, D., Wisniewska, M., Rose, D., Männer, K., & Zentek, J. (2017). The effects of fermentation and enzymatic treatment of pea on nutrient digestibility and growth performance of broilers. *Animal*, 11, 1698–1707. doi: 10.1017/S1751731117000787
 6. Walk, C. L., Pirgozliev, V., Juntunen, K., Paloheimo, M., & Ledoux, D. R. (2018). Evaluation of novel protease enzymes on growth performance and apparent ileal digestibility of amino acids in poultry: enzyme screening. *Poult. Sci.*, 97(6), 2123–2138. doi: 10.3382/ps/pey080
 7. Zuber, T., Siegert, W., Salehi, H., Hummel, F., & Rodehutschord, M. (2019). Variability of amino acid digestibility of lupin and pea grains in caecotomised laying hens. *Br. Poult. Sci.*, 60(3), 229–240. doi: 10.3390/ani10112099
 8. Hejdysz, M., Kaczmarek, S. A., Adamski, M., & Rutkowski, A. (2017). Influence of graded inclusion of raw and extruded pea (*Pisum sativum* L.) meal on the performance and nutrient digestibility of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 230, 114–125. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.05.016
 9. Konieczka, P., Smulikowska, S., Czerwiński, J., & Mieczkowska, A. (2014). Raw vs extruded coloured-flower pea as an ingredient in broiler diets: Effects on performance, ileal digestibility, gut morphology, and intestinal microbiota activity. *J. Anim. Feed Sci.*, 23(3), 244–252. doi: 10.1080/00071668.2018.1507017
 10. Hejdysz, M., Kaczmarek, S. A., & Rutkowski, A. (2015). Factors affecting the nutritional value of pea (*Pisum sativum*) for broilers. *J. Anim. Feed Sci.*, 24(3), 252–259. doi: 10.22358/jafs/65631/2015
 11. Olle, M., Williams, I. H., Rosa, E., & Tamm, S. (2019). Finding best field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars for breeding in Northern climatic conditions. *Acta Agric. Scand. B.*, 70, 1–7. doi: 10.1080/09064710.2019.1660400
 12. Liubych, V. V. (2017). Productivity of varieties and lines of wheat depending on abiotic and biotic factors. *Visnik agrarnoi nauki Pričornomor'ja* [Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science], 95, 146–161. [in Ukrainian]
 13. Brezhneva, V. I., Brezhnev, A. V., & Miroshnichenko, A. N. (2014). The results of selection of spring and wintering peas. *Zemledelie* [Agriculture], 3, 14–17. [in Russian]
 14. Vann, R. A., Reberg-Horton, S. C., Castillo, M. S., McGee, R. J., & Mirsky, S. B. (2019). Winter pea, crimson clover, and hairy vetch planted in mixture with small grains in the Southeast United States. *Agron. J.*, 111(2), 805–815. doi: 10.2134/agronj2018.03.0202
 15. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. G., Kostohryz, P. V., & Opryshko, V. P. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Vinnytsa: TD Edelweiss and K. [in Ukrainian]

UDC 633.35:[612.398.192:631.526.3:664.6/7

Voitovska, V. I.¹, Storozhyk, L. I.^{1*}, Liubych, V. V.², & Romanov, S. M.¹ (2021). Amino acid content in grain of different winter pea varieties and products of its processing. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(4), 312–318. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249013>

¹Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine,

*e-mail: larisastorozhyk1501@gmail.com

²Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska St., Uman, Cherkasy region, 20305, Ukraine, e-mail: LyubichV@gmail.com

Purpose. Determine amino acid content, biological and nutritional value of grain of different winter pea varieties and products of its processing. **Methods.** The amino acid share was determined by ion exchange liquid chromatography. Mathematical processing of the obtained data was performed by variance analysis of a one-factor field experiment. Amino acid and integral scores were determined by calculation. **Results.** Winter pea grain of 'NS Moroz', 'Baltrap' and 'Enduro' varieties had high amino acid content. In the composition of essential amino acids, lysine and leucine share was the highest – 1.53–1.77%, and methionine share was the lowest – 0.25–0.28% depending on winter pea variety. The main amino acid of winter pea grain was glutamic acid, the share of which was 3.25–3.30% of the share of all amino acids. The share of aspartic acid was 2.30–2.37% depending on the variety. In the composition of essential amino acids, cystine share was the lowest – 0.31–0.37% depending on the

variety. The share of essential amino acids in winter pea was 40–41% of their total. The share of tryptophan decreased by 30–43%, isoleucine – by 20–24%, methionine – by 8–29%, phenylalanine, lysine, leucine – by 8–12%, valine share – by 5–9%, threonine one – by 1–5%. In the composition of essential amino acids, cystine share decreased most – by 58–73%, histidine – by 36–43%, glycine – by 42–45% compared to grain. Alanine share decreased by 19–25%, glutamic acid – by 12–15%, tyrosine – by 8–18%, aspartic acid – by 9–12%. The share of serine and arginine decreased least of all – by 3–8%. However, the amount of essential amino acids decreased by only 15–17% depending on the varietal characteristics. It was found that the amino acid score of winter pea grain and products of its processing was non-deficient. Calculations showed that 100 g of winter pea grain satisfied the biological need of adults with isoleucine by 55–58%, valine – 51–42%, tryptophan – 41–50%, lysine – 37–40%,

threonine – 39–40%, leucine – 36–38%. The highest daily requirement was provided by 100 g of grain processing products with arginine and glutamic acid – by 20–26%, depending on winter pea variety. For the rest of the essential amino acids, this figure was 6–16% for flour and 2–15% for cereals due to a decrease in the amino acid content in these products.

Conclusions. The share of amino acids, biological and nutritional value of grain of different winter pea varieties and products of its processing, such as cereals and flour were de-

termined. In the amino acid composition, the share of essential amino acids predominated, but 100 g of grain and products of its processing most meet the need for essential amino acids. The share of amino acids is reduced in the products of winter pea processing, especially in cereals. The amino acid score of winter pea grain of 'NS Moroz', 'Baltrap' and 'Enduro' varieties and products of its processing was balanced.

Keywords: *variety; winter pea; grain; amino acid; amino acid score; integral score; flour; cereals.*

Надійшла / Received 12.11.2021

Погоджено до друку / Accepted 16.12.2021

Інтеграція інформаційних систем, що використовуються в процесі охорони прав на сорти рослин

Н. С. Орленко*, О. В. Якобчук, К. М. Мажуга, Є. А. Шкапенко

Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна,

*e-mail: n.s.orlenko@gmail.com

Мета. Висвітлення особливостей інформаційної взаємодії Компетентного органу, Експертного закладу та Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин (UPOV) в процесі забезпечення охорони прав на сорти рослин. Реалізація нового технологічного підходу під назвою витримки даних, які додають новий шар для категоризації запитів до сховища даних кваліфікаційної експертизи сортів рослин та інформації, яка супроводжує цей процес. А також, розкриття особливостей інформаційної технології надання доступу заявникам, володільцям, власникам та авторам сорту до інформації щодо їхніх сортів у процесі кваліфікаційної експертизи із забезпеченням високого рівня захисту від зовнішніх та внутрішніх загроз. **Методи.** В процесі проєктування сховища застосовано концепцію Вільяма Х. Інмона, адаптовану для сфери охорони прав на сорти рослин, а також теорію реляційних баз, сховищ та вітрин даних. Використано теорію побудови інформаційних систем, теорію об'єктно-орієнтованого проєктування, теорію безпеки інформаційних систем для удосконалення функціональної структури ІСЦ УІЕСР та забезпечення захисту даних, що в ній зберігаються. **Результати.** Досліджено інформаційні потреби у сфері охорони прав на сорти рослин. Визначено інформаційну технологію взаємодії Компетентного органу та Експертного закладу в сфері захисту прав на сорти рослин, а також надання інформації до міжнародної організації UPOV. Висвітлено особливості організації сховищ даних для збереження результатів експертиз ВОС та ПСП. Проаналізовано ідею поєднання концепції сховища і вітрини даних в одній реалізації, що дозволить використовувати сховище для інтелектуального аналізу даних, як єдиного джерела інтегрованих даних усіх вітрин даних Компетентного органу, Експертного закладу в сфері охорони прав на сорти рослин та Електронного кабінету заявника. Проведено огляд методів захисту інформації від зовнішніх та внутрішніх загроз. **Висновки.** Розроблена інформаційна модель дозволить забезпечити електронну взаємодію між Компетентним органом, Експертним закладом та UPOV, а також заявниками, які отримують інформацію щодо проходження і стану заявки через програмний додаток «Сервіс-офіс – Кабінет заявника». Концепція використання вітрин даних для Компетентного органу дозволила оптимізувати обсяги інформації, з якими працюють фахівці міністерства. Функціональний зміст інформаційної системи Експертного закладу повністю охоплює склад дій з кваліфікаційної експертизи сортів рослин. Розроблена інформаційна технологія забезпечення життєвого циклу інформаційних систем та захисту даних забезпечує захист від зовнішніх та внутрішніх загроз.

Ключові слова: кваліфікаційна експертиза сортів рослин; єдине джерело інтегрованих даних; сховище даних; вітрини даних; електронний кабінет заявника; інформаційна безпека.

Вступ

У процесі охорони прав на сорти рослин Український інститут експертизи сортів рос-

лин (УІЕСР), який виконує функції Експертного закладу, взаємодіє з Міністерством аграрної політики та продовольства України, що є Компетентним органом, Міжнародним союзом з охорони нових сортів рослин (UPOV), заявниками та селекціонерами. Для забезпечення такої взаємодії виникає необхідність в електронному обміні інформацією та в інтеграції інформаційних систем, що функціонують в установах, пов'язаних з охороною прав на сорти рослин та агропромисловим комплексом. Наразі в агропромисловому комплексі значну увагу приділяють створенню ефек-

Natalia Orlenko

<https://orcid.org/0000-0003-0494-2065>

Oleksandr Yakobchuk

<https://orcid.org/0000-0003-1666-7486>

Kostiantyn Mazhuha

<http://orcid.org/0000-0002-1434-8687>

Yevheniya Shkapenko

<http://orcid.org/0000-0002-8600-1543>

тивних інформаційних систем, впровадженню новітніх комп'ютерних технологій та програмного забезпечення, для підвищення ефективності виробництва, багатопланових перетворень у відповідності зі світовими тенденціями [1]. Інформаційні системи в сфері охорони прав на сорти рослин та кваліфікаційної експертизи сортів рослин мають свої особливості. Ці особливості регламентовані діючим в Україні законодавством [2–5] та вимогами UPOV.

УІЕСР здійснює державну науково-технічну експертизу сортів рослин для визначення придатності їх до поширення в Україні та набуття прав інтелектуальної власності, проводить кваліфікаційну експертизу сортів рослин, що є складовою процесу охорони прав на сорти рослин відповідно до чинних методик [6–7]. Інформаційна система УІЕСР розроблена для забезпечення автоматизації процесу опрацювання інформації, що виникає під час кваліфікаційної експертизи сортів рослин та збереження великого обсягу даних, що супроводжує цей процес. Опису інформаційних систем у сфері сільського господарства присвячені роботи [8–11]. Функціональні особливості інформаційної системи УІЕСР та її інтеграція з ІС Компетентного органу та інформаційною системою UPOV PLUTO є предметом розгляду цієї статті.

Останні кілька років реалізація нових концепцій зберігання та аналізу великих обсягів даних (зокрема, тих, що накопичуються в процесі кваліфікаційної експертизи нових сортів рослин) свідчить про динамічний розвиток інформаційних технологій, а саме появу систем, заснованих на концепції сховищ та вітрин даних [12–18].

Мета досліджень – висвітлення особливостей інформаційної взаємодії Компетентного органу, Експертного закладу та Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин UPOV в процесі забезпечення охорони прав на сорти

рослин. Реалізація інформаційно-технологічного підходу, що має назву вітрини даних (Data mart). Цей підхід полягає у формуванні шаблонів доступу зовнішніх користувачів до ІС УІЕСР, визначає правила отримання даних зі сховища даних УІЕСР для певних груп користувачів (фахівців Компетентного органу, заявників, селекціонерів тощо). Розкриття особливостей інформаційної технології надання доступу заявникам, володільцям, власникам та авторам сорту до інформації щодо їхніх сортів в процесі кваліфікаційної експертизи з забезпеченням високого рівня захисту від зовнішніх та внутрішніх загроз.

Методи дослідження

Під час дослідження застосовано теорію побудови інформаційних систем, теорію об'єктно-орієнтованого проектування, теорію безпеки інформаційних систем. У процесі проектування сховища застосовано концепцію Вільяма Х. Інмона, адаптовану для сфери охорони прав на сорти рослин, а також теорію реляційних баз, сховищ та вітрин даних.

Результати дослідження

У процесі охорони прав на сорти рослин відбувається інформаційна взаємодія селекціонерів, заявників, власників і володільців майнових та немайнових прав на сорти рослин з Компетентним органом та Експертним закладом. Для набуття майнових та немайнових прав заявники подають комплект паперових документів заявки, що складається з заяви, технічної анкети, показників придатності сорту для поширення та клопотань до Компетентного органу, де відбувається реєстрація цих документів з подальшою передачею до Експертного закладу. Взаємодію Компетентного органу та Експертного закладу в процесі охорони прав на сорти рослин описано в таблиці 1.

Таблиця 1

Суб'єкти та функції в процесі електронної взаємодії Компетентного органу та Експертного закладу

Суб'єкт	Функція в процесі електронної взаємодії
Компетентний орган	Узгодження, формування та виконання міжнародних науково-технічних програм і проєктів з охорони прав на сорти рослин; Формування державного замовлення на проведення науково-технічної експертизи у сфері охорони прав на сорти рослин; Приймання і розгляд заявки на сорт рослин та прийняття рішення щодо державної реєстрації сорту та/або прав на них; Ведення Реєстру заявок, Реєстру патентів, Реєстру сортів рослин України.
Експертний заклад	Формування обґрунтованих експертних висновків за результатами проведення комплексу досліджень за заявкою та прийняття рішення щодо державної реєстрації сорту і прав на нього, що включає: – визначення новизни сорту шляхом проведення експертизи на відповідність критеріям відмінності, однорідності та стабільності; – визначення придатності сорту для поширення в Україні шляхом аналізу господарсько-цінних ознак.

Документообіг між Мінагрополітики та УІЕСР здійснюється в електронний спосіб та відбувається з використанням системи електронної взаємодії органів виконавчої влади (СЕВ ОБВ). Від Компетентного до Експертного органу передаються електронні копії заявки. Прийняті в УІЕСР документи реєструються в системі електронного документо-

обігу АСКОД. Далі інформацію зі сканованих копій документів заявки вносять в БД автоматизованої інформаційної системи УІЕСР (АІС «Сорт»). Графічне зображення процесу взаємодії Компетентного органу, Експертного закладу та заявника в процесі охорони прав на сорти рослин подано на інформаційній моделі (рис. 1).

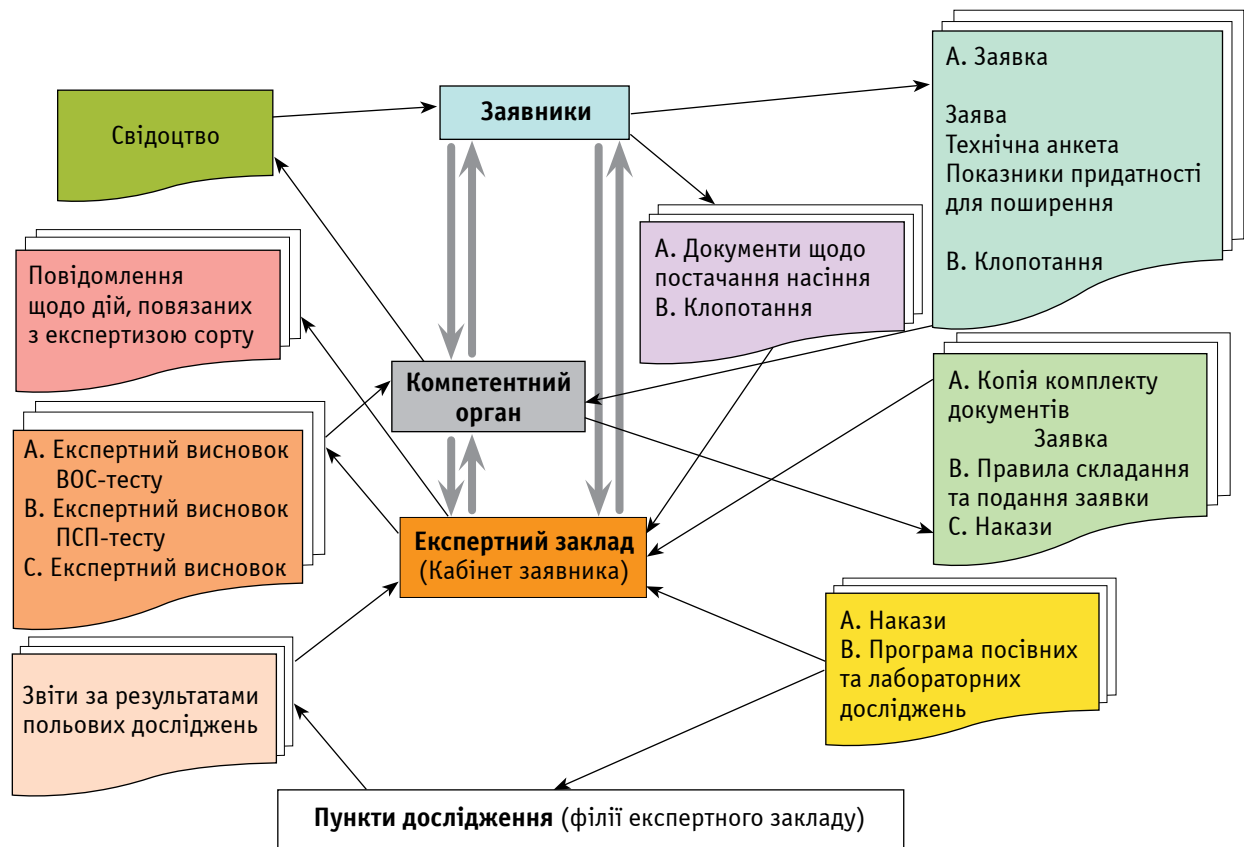


Рис. 1. Інформаційна модель взаємодії Компетентного органу, Експертного закладу та заявника

Схему інтеграції інформаційних систем Експертного закладу, Компетентного органу й Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин відображено на рисунку 2. Автоматизована інформаційна система «Сорт», яка належить УІЕСР, складається з оперативної БД, що містить дані кваліфікаційної експертизи сортів рослин та зовнішні дані, які надходять з програмно-апаратного комплексу Метеотрек. Сховище даних АІС УІЕСР побудоване на основі клієнт-серверної архітектури та має предметну орієнтацію. Предметна орієнтація сховища даних зумовлена особливостями кваліфікаційної експертизи, а саме визначенням критеріїв відмінності, однорідності та стабільності (ВОС-тест) та визначенням господарсько-цінних показників придатності сортів до поширення на території України (ПСП).

Таким чином, дані в сховище надходять з оперативної БД АІС УІЕСР та з зовнішніх

джерел даних і є доступними тільки у режимі читання.

Перед завантаженням до СД польових та лабораторних даних відбуваються логічні та арифметичні операції, які в теорії інформаційних систем мають назву інтеграція та агрегація даних. Агрегація даних відбувається за сортами рослин, напрямками їхнього використання, ботанічними таксонами, природно-кліматичними зонами, роками проведення експертизи тощо. Функціональний склад модулів інформаційної системи «Сорт» наведено у таблиці 2.

Інформація сховища даних використовується для формування експертних висновків кваліфікаційної експертизи за двома типами експертизи: визначення критеріїв відмінності, однорідності та стабільності (експертиза на ВОС) та визначення господарсько-цінних показників придатності сортів

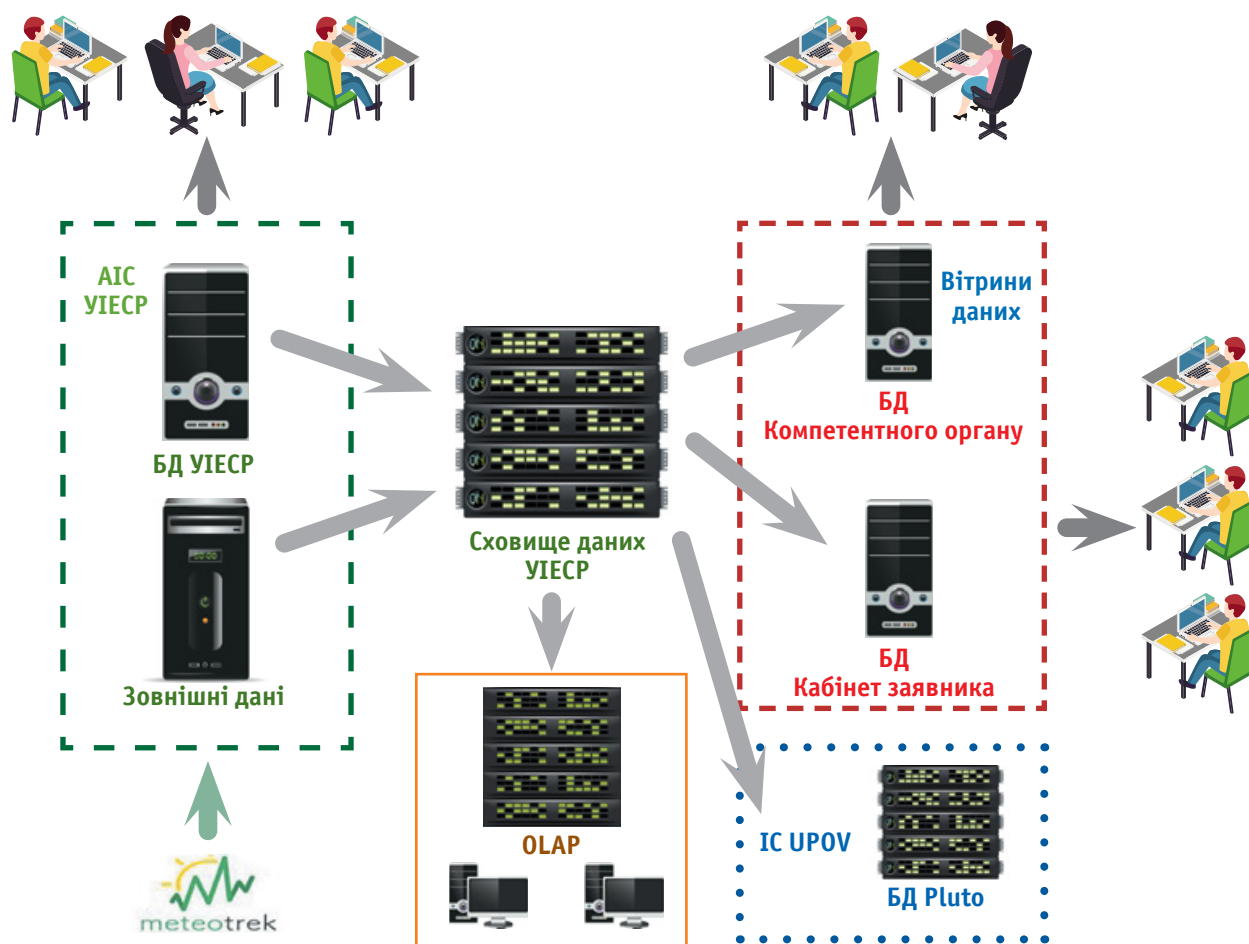


Рис. 2. Схема взаємодії інформаційних систем в процесі електронного обміну інформацією, що пов'язана з охороною прав на сорти рослин

Таблиця 2

Склад та функції модулів інформаційної системи «Сорт»

Назва модуля	Функціональне призначення
Загальносистемна довідникова інформація	Ведення довідників заявників, авторів, культур та ботанічних таксонів (видів, підвидів та різновидів), показників морфологічних ознак сортів рослин, показників придатності до використання сортів рослин, показників реєстру, блоків, пунктів дослідження, елементів опису сорту тощо.
Офіційне видання	Введення та редагування інформації для оприлюднення в офіційному виданні. Формування звітів щодо авторів сортів, підтримки сортів, представників та власників сортів й таблиць бюлетеня.
Заявка	Реєстрація заявок для набуття майнових і немайнових прав на сорт рослин. Ведення та редагування заявок під час формальної та кваліфікаційної експертизи.
Історія сорту	Режим перегляду повної інформації щодо історії експертизи сортів рослин. Формування відповідних звітів. Друкування документів, що засвідчують майнові права на сорт рослин.
План досліджень	Введення та редагування інформації щодо програми проведення польових досліджень відповідно до заявки та оплати за дослідження.
Насіннєпостачання	Облік надходження насіннєвого матеріалу для пунктів досліджень, його зберігання в центральному сховищі довготривалого зберігання, виконання процедур щодо оновлення офіційного зразка.
ВОС-тест	Ведення нормативно-довідникової бази (довідників сортів та ботанічних таксонів), опису сорту відповідно до заявки, складання робочої програми випробувань, внесення інформації щодо здійснення оплати за ділянковий контроль та лабораторний сортовий контроль сортів рослин, формування звіту за результатами експертизи, введення результатів ґрунтового контролю, формування експертного висновку кваліфікаційної експертизи на відмінність, однорідність та стабільність.
Польові дослідження ПСП	Внесення даних показників придатності сортів до поширення (Форма 1), які надходять з пунктів дослідження. Виконання розрахунку середньої урожайності. Формування експертних висновків щодо результатів експертизи на ПСП.
Оплата зборів за експертизу	Ведення довідників зборів, введення та редагування інформації щодо надходження оплати відповідно до повідомлень. Формування звітів по залишках, перерахуванню.

до поширення на території України (експертиза на ПСП). Експертні висновки з пропозиціями щодо включення сортів до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні подаються до Мінагрополітики. Компетентний орган користується вітринами даних, які організовані на підґрунті сховища даних УІЕСР. Вітрина даних є деяким «зрізом» сховища даних, що виокремлює масив вузькоспеціалізованої, тематичної інформації, орієнтований під запити фахівців Компетентного органу, в якому містяться відомості щодо Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, Реєстру заявок та Реєстру патентів. Концепція вітрин даних має низку переваг. Так, співробітники Міністерства аграрної політики та продовольства України та заявники працюють лише з тими даними, робота з якими входить до їхньої компетенції – Реєстром заявок, Реєстром сортів та Реєстром патентів. Реєстр заявок містить повний перелік заявок, поданих для набуття майнових і немайнових прав, Реєстр сортів містить перелік заявок на сорти рослин, які набули майнове право інтелектуальної власності на поширення сорту рослин, а Реєстр патентів містить перелік заявок на сорти рослин, які набули майнове право інтелектуальної власності на сорт рослин.

Відомості про сорти рослин, що призначені для розміщення на офіційному вебсайті Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин, зберігаються в базі даних Українського інституту експертизи сортів рослин, яка постійно поповнюється актуальними даними. Взаємодія з UPOV відбувається з використанням електронної пошти. За вимогами UPOV дані можуть передаватись у форматі XML або Excel. Структура даних XML файлу визначається документом UPOV «Information databases» (TWF/45/5). Вибірка даних для передачі в БД Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин Pluto здійснюється залежно від зазначених заявником видів прав. Якщо заявником зазначено лише один вид прав, а саме майнове право інтелектуальної власності на поширення сорту рослин (proprietary intellectual property right for dissemination), то формується один запис з позначенням NLI. Якщо заявник зазначив також вид права – майнові права інтелектуальної власності на сорт рослин (proprietary intellectual property rights for a plant variety), то формується другий запис у базі даних, який позначається PBR. Записи, які містять дані заявок, що вперше передаються до UPOV, позначаються кодом 1,

а записи, які містять оновлення або залишилися без змін позначаються кодом 2.

Сховище даних також використовується як джерело даних для проведення інтелектуального аналізу даних (OLAP) з використанням багатовимірного статистичного аналізу (дисперсійний та кластерний аналіз). Дисперсійний аналіз використовується під час розв'язання трьох типів завдань кваліфікаційної експертизи на ПСП, а саме: аналіз однорідності дисперсії результатів дослідження за поточний рік у межах природнокліматичної зони, аналіз однорідності дисперсії результатів дослідження за кілька років проведення кваліфікаційної експертизи на ПСП в межах кожного пункту дослідження для виявлення впливу випадкового фактору та аналізу сортів рослин-кандидатів з урахуванням умовного стандарту для показника урожайності. Як інструментальні програмні засоби використовуються SPSS-Statistic і R.

Заявники та їхні представники (автори, представники, володільці патентів та підтримувачі сорту рослин) отримують інформацію за допомогою програмного застосування «Кабінет заявника». Програмне меню електронного кабінету заявника складається з таких розділів: заявка, формування повідомлення для оплати за дії, що пов'язані з експертизою сорту, перелік дій, які відбулись щодо заявки на сорт рослин, висновки ВОС та ПСП. Інтерфейс сервісу відповідає вимогам юзабіліті (usability) [19, 20].

Зважаючи на те, що сховища даних УІЕСР містять конфіденційні дані, особливу увагу приділено зовнішній і внутрішній безпеці інформаційної системи. На сьогодні ступінь захисту інформаційної системи УІЕСР відповідає сучасним вимогам щодо захисту інформації в інформаційній системі від несанкціонованого втручання, навмисного та ненавмисного пошкодження і знищення даних. Інтегрована система захисту даних складається з технічних, програмних та технологічних елементів. Технічно систему розгорнуто у гібридній хмарі для зберігання інформації, що суттєво підвищило захищеність від зовнішніх кіберзагроз, які стали більш агресивними останнім часом. Крім того, такий тип хмари дозволив забезпечити одночасно високу доступність даних й надійність їхнього зберігання, а також оптимізувати використання обчислювальних потужностей. Кіберзахист сервісів і даних відбувається завдяки використанню єдиної точки входу в інформаційну систему, двофакторної аутентифікації, авторизації зовнішніх і внутрішніх сервісів [21, 22, 23].

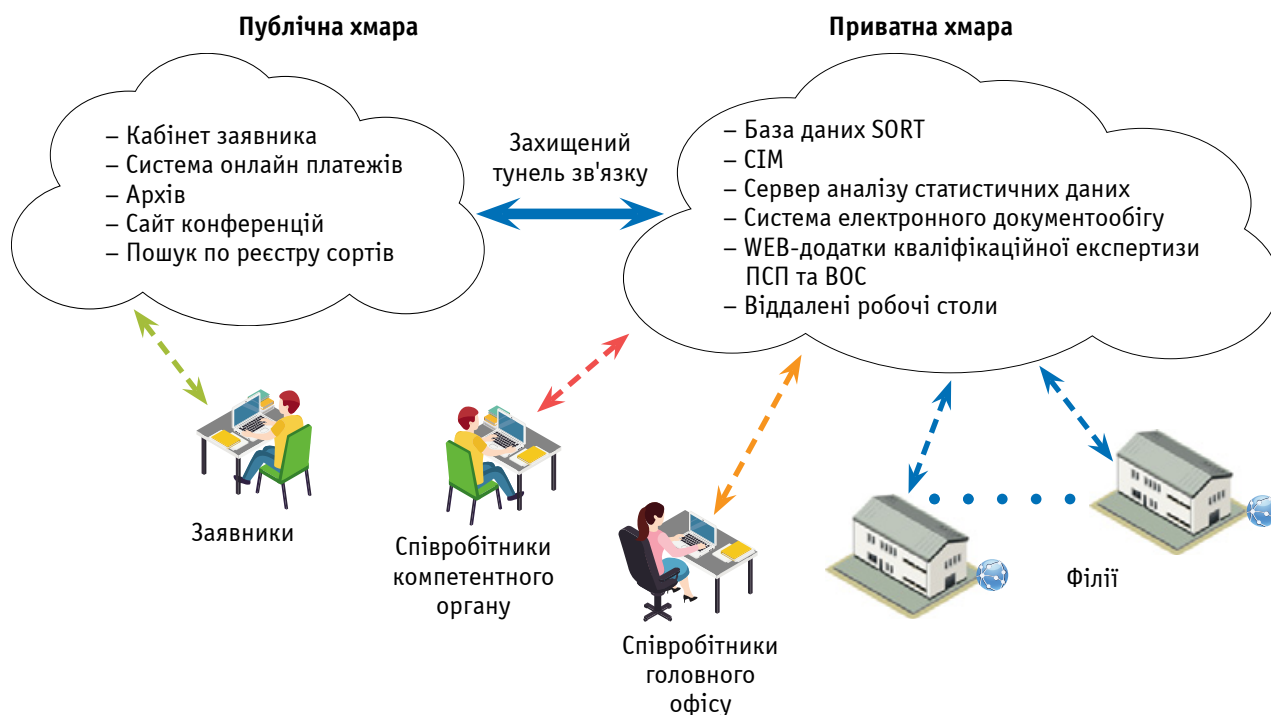


Рис. 3. Гібридна хмара УІЕСР

Співробітники головного офісу, філій УІЕСР та Міністерства аграрної політики та продовольства України мають доступ до ресурсів приватної хмари в межах своїх повноважень, визначених посадовими інструкціями (рис. 3). Ця категорія користувачів має пройти авторизацію та автентифікацію у AD/LDAP, після чого вони отримують дозвіл на доступ до сервісів та інформації, що зберігається у базах даних та файлах [24, 25]. Публічна хмара надає доступ заявникам, селекціонерам та володільцям майнових прав до інформації, що пов'язана з поданими заявками на сорти рослин. Захист від кіберзагроз на мережевому рівні та рівні сервісів у публічній хмарі забезпечується провайдером хмарних послуг. Науково-технічний відділ УІЕСР систематично здійснює моніторинг активностей та аналіз кіберзагроз на підставі даних мережевого трафіку.

Такий моніторинг виконують за допомогою вбудованого програмного забезпечення мережевого обладнання – маршрутизаторів та комутаторів Layer3, а також програмних аналізаторів NetFlow потоків мережевого трафіку – NetFlow Analyzer та ElasticFlow. На рівні операційних систем і сервісів аналіз активностей відбувається за допомогою інструментів збору даних, пошуку та візуалізації – Elasticsearch, Logstash, Kibana.

Ще одним з обов'язкових елементів захисту даних є технологія резервного копі-

ювання та відновлення даних з резервних копій у разі їхнього пошкодження. Повне та часткове резервне копіювання відбувається за затвердженими графіками. Повне резервне копіювання відбувається два рази на тиждень, його об'єктами є операційні системи з гіпервізором Hyper-V, віртуальні машини, файли мережевого спільного диску. Об'єктами щоденного інкрементального резервного копіювання є мережевий спільний диск, AD/LDAP, бази даних, що працюють під управлінням СУБД Oracle та MS SQL [26, 27].

Висновки

Розроблена інформаційна модель дозволить забезпечити електронну взаємодію між Компетентним органом, Експертним закладом та UPOV, а також заявниками, які отримують інформацію щодо проходження і стану заявки через програмний додаток «Сервіс-офіс – Кабінет заявника». Концепція використання вітрин даних для Компетентного органу дозволила оптимізувати обсяги інформації, з якими працюють фахівці міністерства. Функціональний зміст інформаційної системи Експертного органу повністю охоплює склад дій з кваліфікаційної експертизи сортів рослин. Розроблена інформаційна технологія забезпечення життєвого циклу інформаційних систем та захисту даних забезпечує захист від зовнішніх та внутрішніх загроз.

Використана література

- Верхова Н. А. Информационные технологии в сельском хозяйстве. *Международный студенческий научный вестник*. 2015. № 3 (Ч. 2) С. 231–234. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=12415>
- Про науково-технічну інформацію: Закон України від 25.06.1993 № 3322-XII : станом на 19.04.2014. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3322-12> (дата звернення 10.09.2021)
- Про охорону прав на сорти рослин: Закон України від 21.04.1993 № 3116-XII : станом на 16.10.2020. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/3116-12> (дата звернення 07.09.2021)
- Про інформацію : Закон України від 02.10.1992 № 2657-XII : станом на 16.07.2020. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2657-12> (дата звернення 12.10.2021)
- Про доступ до публічної інформації : Закон України від 13.04.2012 № 2939-VI : станом на 02.10.2021 URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2939-17> (дата звернення 12.10.2021)
- Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / Український інститут експертизи сортів рослин; укл. Ткачик С. О., Лещук Н. В., Присяжнюк О. І. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю. 2016. 120 с.
- Методика проведення експертизи сортів рослин групи овочевих, картоплі та грибів на відмінність, однорідність і стабільність. / Український інститут експертизи сортів рослин; за ред. Ткачик С. О.; укл. Киенко З. Б., Лещук Н. В. та ін. – 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю. 2016. 1145 с. URL: <http://sops.gov.ua/pdfbooks/01.vidannia/Metodiki/vos/Ovochevi.pdf>
- Мельник С. І., Присяжнюк О. І., Стариченко Є. М. та ін. Модель адаптивної інформаційної системи прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур. *Plant varieties studying and protection*. 2020. Т. 16, № 1. С. 63–77. 2020. doi: 10.21498/2518-1017.16.1.2020.201349.
- Boyaci M. A Comparison of Conventional and Ecological Agricultural Knowledge Systems in Turkey: Raisin Case. *Journal of Sustainable Agriculture*. 2006. Vol. 28, Iss. 2. P. 5–23.
- Dařena F. Global architecture of marketing information systems – Scientific Information. *Agricultural Economics – Czech*. 2007. Vol. 53. P. 432–440.
- Demiryürek K. The analysis of information systems for organic and conventional hazelnut producers in three villages of the Black Sea Region, Turkey, PhD Thesis, The University of Reading, Readings. 2000. doi:10.13140/RG.2.1.4378.8962 URL: <https://www.researchgate.net/publication/277906040>
- Demiryürek K. Analysis of information systems and communication networks for organic and conventional hazelnut producers in the Samsun province of Turkey. *Agricultural Systems*. 2010. Vol. 103, Iss. 7. P. 444–452. doi.org/10.1016/j.agsy.2010.04.002
- FAO. Agricultural Knowledge and Information Systems for Rural Development (AKIS/RD). Strategic Vision and Guiding Principles. 2005.
- Garforth C., Usher R. Methodologies for analyzing and improving the effectiveness of promotion and uptake pathways for renewable natural resources information and technology: a review paper. AERDD Working Paper, The University of Reading, Reading. 1996.
- Hoang L. A., Castella J., Novosad P. Social networks and information access: implications for agricultural extension in a rice farming community in northern Vietnam. *Agriculture and Human Values*. 2006. Vol. 23, Iss. 4. P. 513–527.
- Kizilaslan N. Agricultural information systems: a national case study. *Library Review*. 2006. Vol. 55, No. 8. P. 497–507. doi:10.1108/00242530610689347
- Gupta A. K., Mazumdar B. D. Multidimensional schema for agricultural Data Warehouse. 2013. *Int. j. res. eng. technol.* Vol. 2, Iss. 3. P. 245–253. doi:10.15623/ijret.2013.0203006
- Jindal R., Taneja S. Comparative Study of Data Warehouse Design Approaches: a Survey. *International Journal of Database Management Systems (IJDBMS)*. 2012. Vol. 4 No.1. doi: 10.5121/ijdbms.2012.4104 33
- Кіріленко О., Кузнецова Ю., Соколова Є., Фролова Г. Методи оцінювання usability інтерфейсу користувача *Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка»*. 2013. № 751. С. 66–70.
- Wiley J. Usability Inspection Methods. *Celebrating Interdependence: Conference Companion*. (April 24–28, 1994) Boston, Massachusetts USA, 1994. P. 413–414. URL: <https://rauterberg.employee.id.tue.nl/lecturenotes/OH420/Nielsen.pdf>
- Dykstra J. Essential Cybersecurity Science: Build, Test, and Evaluate Secure Systems. O'Reilly Media. 2016. 190 p.
- Tanner N. H. Cybersecurity Blue Team Toolkit. Wiley. 2019. 288 p.
- Carey M. J., Jin J. Tribe of Hackers Red Team. Wiley. 2019. 288 p.
- Johansen G. Digital Forensics and Incident Response - Second Edition. Packt Publishing. 2020. 448 p.
- Regalado D., Harris S., Harper A. et al. Gray Hat Hacking The Ethical Hacker's Handbook, Fifth Edition, 5th Edition. McGraw-Hill. 2018. 640 p.
- Diogenes Y., Ozkaya E. Cybersecurity - Attack and Defense Strategies - Second Edition. Packt Publishing. 2018. 384 p.
- Hsu T. Hands-On Security in DevOps. Packt Publishing. 2018. 356 p.

References

- Verhova, N. A. (2015). Informacionnye tekhnologii v sel'skom hozyajstve . *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik*, 3–2. [in Russian] URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=12415>
- About scientific and technical : Law of Ukraine of 25.06.1993 No. 3322-XII: as of. 19.04.2014, from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3322-12>
- On the protection of rights to plant varieties : Law of Ukraine of 21.04.1993 No. 3116-XII: as of. 16.10.2020, from <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/3116-12>
- About information : Law of Ukraine of 02.10.1992 No. 2657-XII: as of. 16.07.2020, from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2657-12>
- About access to public information : Law of Ukraine of 13.01.2011 No. 2939-VI: as of. 02.10.2021, from <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2939-17>
- Tkachyk, S. O., Prisyazhnyuk, O. I., Leshchuk, N. V. (2016). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini. Zahalna chastyna* [Methodology of conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part] (4th ed., rev. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu. 120 p. [in Ukrainian]
- Tkachyk, S. O. (Ed.) (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn grupy ovochevyh, kartopli ta grybiv na vidminnist, odnorodnist i stabilnist* [Methodology of expert examination of plant varieties of vegetable, potato and mushroom groups for difference, homogeneity and stability] (2nd ed., rev. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu. 1145 p. [in Ukrainian] available at: <http://sops.gov.ua/pdfbooks/uploads/page/5a5f413bb9be6.pdf> (Accessed 23 April 2018).
- Melnyk, S. I., Prisyazhnyuk, O. I., Starychenko, E. M., Mazhuga, K. M., Brovkin, V. V., Martinov, O. M., Maslechkin, V. V. (2020). Model of adaptive information system for forecasting crop productivity. *Plant varieties studying and protection*, 16 (1), 63–77. doi: 10.21498 / 2518-1017.16.1.2020.201349. Available at: <http://journal.sops.gov.ua/article/view/201349>. Access: Nov 5 2021. [in Ukrainian]
- Boyaci, M. (2006). A Comparison of Conventional and Ecological Agricultural Knowledge Systems in Turkey: Raisin Case. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28(2), 5–23.
- Dařena, F. (2007). Global architecture of marketing information systems – Scientific Information. *Agricultural Economics – Czech*, 53, 432–440.
- Demiryürek, K. (2000). The analysis of information systems for organic and conventional hazelnut producers in three villages

- of the Black Sea Region, Turkey, PhD Thesis, The University of Reading, Readings.. doi:10.13140/RG.2.1.4378.8962 URL: <https://www.researchgate.net/publication/277906040>
12. Demiryurek, K. (2010). Analysis of information systems and communication networks for organic and conventional hazelnut producers in the Samsun province of Turkey. *Agricultural Systems*, 103(7), 444–452. doi.org/10.1016/j.agsy.2010.04.002
 13. FAO. (2005). Agricultural Knowledge and Information Systems for Rural Development (AKIS/RD). Strategic Vision and Guiding Principles.
 14. Garforth, C., Usher, R. (1996). Methodologies for analyzing and improving the effectiveness of promotion and uptake pathways for renewable natural resources information and technology: a review paper. AERDD Working Paper, The University of Reading, Reading.
 15. Hoang, L. A., Castella, J., Novosad, P. (2006). Social networks and information access: implications for agricultural extension in a rice farming community in northern Vietnam. *Agriculture and Human Values*, 23 (4), 513–527.
 16. Kizilaslan, N. (2006). Agricultural information systems: a national case study. *Library Review*, 55(8), 497–507. doi: 10.1108/00242530610689347
 17. Gupta, A. K., Mazumdar, B. D. (2013). Multidimensional schema for agricultural Data Warehouse. *Int. j. res. eng. technol.*, 2(3), 245–253. doi:10.15623/ijret.2013.0203006
 18. Jindal, R., Taneja, S. (2012). Comparative study of data warehouse design approaches: a survey. *International Journal of Database Management Systems (IJDBMS)*, 4, 1. doi: 10.5121/ijdbms.2012.4104 33
 19. Kyrylenko, O. (2013). Methods for evaluating usability of the user interface / O. Kirilenko, Yu. Kuznetsova, Y. Sokolova, G. Frolova // *Vysn. National University Lviv Polytechnic University*, 52, 66–70. [in Ukrainian]
 20. Wiley J. (1994). Usability Inspection Methods. Celebrating Interdependence: Conference Companion. (April 24–28, 1994) Boston, Massachusetts USA. URL: <https://rauterberg.employee.id.tue.nl/lecturenotes/0H420/Nielsen.pdf>
 21. Dykstra, J. (2016). Essential Cybersecurity Science: Build, Test, and Evaluate Secure Systems. O'Reilly Media, 190 p.
 22. Tanner, N. H. (2019). Cybersecurity Blue Team Toolkit. Wiley, 288 p.
 23. Carey, M. J., Jin, J. (2019). Tribe of Hackers Red Team. Wiley, 288 p.
 24. Johansen, G. (2020). Digital Forensics and Incident Response - Second Edition. Packt Publishing, 448 p.
 25. Regalado, D., Harris, S., Harper, A., Eagle, C., Ness, J., Spasojevic, B., Linn, R., Sims, S. (2018). Gray Hat Hacking The Ethical Hacker's Handbook, Fifth Edition, 5th Edition. McGraw-Hill, 640 p.
 26. Diogenes, Y., Ozkaya, E. (2018). Cybersecurity - Attack and Defense Strategies - Second Edition. Packt Publishing, 384 p.
 27. Hsu, T. (2018). Hands-On Security in DevOps. Packt Publishing, 356 p.

UDC 004.4'2: 631.526.3

Orlenko, N. S.*, Yakobchuk, O. V., Mazhuha, K. M., & Shkapenko, Ye. A. (2021). Features of integration of information systems in the field of protection of plant variety rights. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(4), 319–326. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249030>

*Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: n.s.orlenko@gmail.com*

Purpose. Coverage of the peculiarities of information interaction between the Competent Authority, the Expert Institution, and the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) in the process of ensuring the protection of plant variety rights. Implementation of a new technological approach called data extraction which adds a new layer for categorization of queries to the data warehouse of qualification examination of plant varieties and information that accompanies this process. Also, disclosing the features of information technology provides access to applicants, owners, owners, and authors of varieties to information about their varieties in the process of qualification examination with a high level of protection against external and internal threats. **Methods.** The methodology of conceptual modeling of the subject area is applied, which includes the representation of the relational structure of databases, as well as the technology of designing data warehouses on the basis of a single conceptual model. The theory of the construction of information systems, the theory of databases, the theory of object-oriented design, the theory of security of information systems are used. **Results.** The analysis of existing information systems and technologies in agriculture is carried out. As well as means of information protection. Sources of information on the formation of the database and data repository of the results of qualification examination of plant varieties are considered. Particular attention is paid to the study of information needs in the field of protection of plant variety

rights. problems of information dissemination are discussed. The information technology of interaction of the Competent and Expert body in the field of protection of the rights to plant varieties, and also providing of the information to the international organization UPOV is defined. Features of the organization of data warehouses for the preservation of results of DUS and VSU examinations are covered. The idea of combining the concept of storage and data showcase in one implementation is analyzed, which will allow using data storage both for data mining and as a single source of integrated data of all data showcases of the Competent Authority, Expert Body for Plant Variety Rights and the Applicant's Electronic Cabinet. There is also a review of methods for protecting information from external and internal threats. **Conclusions.** An information model has been developed that provides electronic interaction between the Competent Authority, the Expert Institution, and UPOV and the display of information through the software application «Service Office - Applicant's Office». The peculiarities of the data showcase of the Competent Authority are highlighted. The functional content of the information system of the Expert Body is highlighted. The information technology of ensuring the life cycle of information systems and data protection from external and internal threats has been developed.

Keywords: *qualification examination of plant varieties; single source of integrated data; data warehouse; data showcases; electronic office of the applicant; information security.*

Надійшла / Received 06.10.2021
Погоджено до друку / Accepted 19.11.2021

Agrobiological evaluation of collection of vegetable soybean varieties in the Forest-Steppe of Ukraine

V. V. Yatsenko*, S. P. Poltoretskyi, A. O. Yatsenko

Uman National University of Horticulture, 1 Instytutska St., Uman, 20301, Ukraine, e-mail: slaviksklavin16@gmail.com

Purpose. Agrobiological assessment of soybean varieties *Glycine max* var. *Shirofumi* on a complex of economically valuable traits for introduction in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. Selection of promising breeding forms based on morpho-biological and physiological-biochemical characteristics. **Methods.** Field, laboratory, statistical, computational and analytical. The studies were carried out in the conditions of the educational and production department of Uman National University of Horticulture during 2020–2021, using collection varieties of different ecological and geographical origin (Ukraine, Belarus, Sweden, Japan and Russia). The cultivars were assessed according to the following parameters: plant height, leaf area, net productivity of photosynthesis and indices of individual productivity (weight of beans per plant, number of seeds in a bean, etc.), productivity of green beans and biologically mature seeds and, accordingly, quality indicators of production (dry matter, sugar and protein content). The counts were carried out in the phase of the technical ripeness of the beans. **Results.** The variability of the “plant height” trait of the studied varieties had an average variation – the coefficient of variation was 22%. The results showed that the standard cultivar ‘Romatnyka’ and the collection cultivars ‘Karikachi’ and ‘Astra’ belong to the semi-determinant type of growth (97–109 cm), cultivar ‘Fiskeby V’, ‘L 380-2-13’, ‘Fiskeby V-E5’, ‘SibNIISOKh 6’, ‘Sac’, ‘Vesta’ belong to the determinant type of growth. According to the number of seeds in the pod, the studied varieties were clearly divided into two groups: with two-seeded beans (varieties ‘Karikachi’, ‘Astra’, ‘L 380-2-13’) and three-seeded beans [varieties ‘Romatnyka’ (standard), ‘Fiskeby V’, ‘Vesta’, ‘SibNIISOKh 6’, ‘Sac’, ‘Fiskeby V-E5’]. The maximum yield of edamame beans was produced by varieties ‘L 380-2-13’ (17.3 t/ha), ‘Vesta’ (18.8 t/ha), ‘Sac’ (19.6 t/ha), ‘Fiskeby V’ (21.4 t/ha), ‘Fiskeby V-E5’ (22.4 t/ha). A significant differentiation of soybean varieties in the biochemical composition of immature beans was revealed. The dry matter content was 22.70–31.70%. The share of protein in edamame green beans was 28.2–38.6%, in biologically mature seeds its share increased to 36.1–42.8%. Among soluble sugars, the highest concentration was noted for sucrose – 7.70–9.38 mg/100 g in dry seeds, what in average amounted to 81.6–86.2% of all sugars. The presented results provide a comprehensive assessment of breeding work on soybean varieties with a low content of oligosaccharides. **Conclusions.** Evaluation of collection varieties of vegetable soybeans by the variability of morphological traits and productivity made it possible to distinguish ‘Sac’ variety by a complex of valuable traits for creation of new varieties of vegetable soybeans adapted to the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

Keywords: edamame; yield; protein; sugar content; seeds.

Introduction

The consumption of soybeans has increased significantly in the world in recent years. Despite growing demand, most edamame (immature soybeans) are imported from Asian countries. Therefore, commercially viable varieties

adapted to the conditions of Ukraine that meet the needs of consumers become an important component for the soybean processing segment of industrial production.

Edamame vegetable soybean (*Glycine max* var. *Shirofumi*) has been widely used for centuries in East Asia and is a common food item in Europe and North America. Due to its high protein content (with isoflavones, vitamins C and E, monounsaturated fatty acids), it is very nutritious [1–4]. The unique combination of these biochemical components allows vegetable-type soybeans to be used in a variety of food products, namely: soy milk products, tofu,

Viacheslav Yatsenko
<https://orcid.org/0000-0003-2989-0564>
Serhii Poltoretskyi
<https://orcid.org/0000-0003-3334-0880>
Anatolii Yatsenko
<https://orcid.org/0000-0002-4755-9675>

saucers, sprouts (microgreens), fresh, frozen and canned beans.

In the USA, edamame is known as «vegetable soybean», but other common names are «edible soybean», «fresh green soybean», «garden soybean», «green soybean», «green ripe soybean», «vegetable green soybean», «immature soy», «large-seed soy», «beans for beer», «vegetable-type soybean» [5]. In North America, vegetable soybeans have been researched for more than 70 years. During 1929–1931 breeders Dorsett and Morse amassed an extensive collection of germplasm, which Morse used as starting material to create 49 edamame varieties [6].

In 1930–1940, an active stage began in the study of soybeans of the «edamame» type due to a lack of protein in the population's diet [7]. The next burst of enthusiasm for soybean vegetable research began with the rise in the growth rate of organic agriculture in the 1970s. To date, the third wave of intensive distribution and popularization of vegetable soybeans is noted.

Domestic production largely lags behind consumer demand. This is due to the fact that the greatest demand falls on residents of the United States and Western Europe. Often, the domestic consumer does not even know about the existence of this product.

One of the main obstacles for the domestic production of edamame is the general lack of competitive varieties created for the natural conditions of Ukraine. Varieties of other countries are poorly adapted, which leads to their low productivity and profitability [8]. From an agronomic point of view, it is important to provide producers with varieties that are better adapted to growing conditions, more tolerant to the effects of pests and phytopathogenic organisms, and will allow getting a high, quality yield. The consumer prefers edamame varieties that are not genetically modified, produce relatively large beans with a minimum incidence of one bean per pod [9].

High-quality edamame pods are bright green with sparse hairs (from white to gray), well shaped with a flawless surface, without damage or external defects, and contain two or more beans [10]. Edamame is harvested when the beans are still immature (between the reproductive growth stages R6 and R7), when the seeds have filled 80–90% of the pod and retain about 65% moisture [11]. In the phase of technological maturity, edamame at the R6 stage has an intense green color, a low concentration of oligosaccharides and antinutrients, as well as a high content of sucrose and a large mass

of immature seeds [12, 13]. Vegetable varieties of soybeans differ from oilseeds in increased content of monosaccharides (about a third higher), sucrose (1.5 times more), and a reduced content of trisaccharides (almost 2 times). In the dry matter of vegetable soybean seeds, the proportion of mono- and oligosaccharides ranges from 14–24%, sometimes reaching 35%, but in world collections there are vegetable-type soybean samples in which the proportion of $C_{12}H_{22}O_{11}$ is higher. Such beans are more palatable and do not cause digestive problems when consumed, which is why they are also called «sweet soybeans» [14]. An important element in the introduction of vegetable soybeans with a high content of biologically active substances is the study of the productivity of the starting material *Glycine max* var. *Shirofumi* L.

Materials and research methods

Research on the technology of growing vegetable soybean varieties in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine was carried out in 2020–2021 on the experimental field of the Department of Vegetable Growing at the Educational and Scientific Department of Uman National University of Horticulture with coordinates 48°46' North latitude 30°14' East longitude of Greenwich of altitude 245 m above sea level. The scheme of the experiment included seven collection varieties of vegetable soybeans (Table 1).

Table 1
The origin of the collection varieties of vegetable soybeans

Number according to State Catalog of Samples of Legume cultures of the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine	Variety name	Country of origin
'Romatnyka' St		Ukraine
UD0200177	'Fiskeby V'	Sweden
UD02200640	'Karikachi'	Japan
UD0201068	'Astra'	Russia
UD0201080	'Vesta'	Russia
UD0201152	'SibNIISOKh 6'	Russia
UD0202500	'Sac'	Japan
UD0202625	'Fiskeby V-E5'	Belarus
UKR001:02894	'L 380-2-13'	Ukraine

A randomized field experiment was conducted. The experiment was performed in four repetitions. The area of the experimental plot was 10 m². Sowing of vegetable soybeans was carried out according to the scheme 45 × 5 cm (444 000 pcs./ha) on May 5–10.

Collection samples of vegetable soybeans were provided by the National Center for Ge-

netic Resources of the Plant Production Institute named after V. Ya. Yuriev to study the suitability of cultivation for vegetable purposes and determine the technological properties of products. The presented collection samples originate from different regions; therefore they are characterized by significant differences among themselves. According to the recommendations of the Institute of Vegetable and Melon Growing of the NAAN of Ukraine, the variety 'Romantika' was taken as the standard, since it is being studied at the Institute as a soybean variety for vegetable use.

The soil of the experimental plot is podzolized hard loamy chernozem [15]. During the study period, the weather conditions were favorable for the cultivation of vegetable soybeans. Weather conditions throughout 2020–2021 differed in the main indicators; therefore, the variability of morphological characteristics and the productivity of vegetable soybean varieties were assessed objectively.

The technology for growing collection varieties of vegetable soybeans was generally accepted for the Forest-Steppe.

During 2020–2021 the productivity and biochemical composition of vegetable soybean, depending on the variety, were studied in field and laboratory experiments in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Biometric measurements (plant height, cm; leaf area, thousand m²; number of shoots, pcs/plant; number of seeds, pcs/bean; net primary productivity of photosynthesis in the period between phases of full pod – technical maturity, g/day/m²) and indicators of individual productivity (mass of beans, g/plant) were carried out in four repetitions on 100 typical plants in each.

The net primary productivity of photosynthesis (NPPF) was determined by the phases of plant development (full pod – technical ripeness) by dividing the growth of phytomass for a certain period of time by the average leaf area according to the formula:

$$\Phi_v = \frac{2 \cdot (B_2 - B_1)}{(L_1 + L_2) \cdot T} \quad (1)$$

The dry matter was determined by the drying method according to the State Standard 7804:2015 [16]. Sugars were extracted from crushed (1 g) unripe beans with water and analyzed by high-performance liquid chromatography (HPLC) using a Waters-2695 HPLC chromatograph. Measurement of sugar content was determined using a Waters 410 differential refractometer according to the Johansen

and others method. [17]. Protein content – by the Kjeldahl method, according to the State Standard ISO 5983-2003 [18].

To analyze the variability of traits, we used the index of the coefficient of variation, a relative value characterizing the dispersion (variability) of a trait. This indicator is the ratio of the SD standard deviation to the arithmetic mean, and is expressed as a percentage:

$$CV = \frac{SD}{\bar{X}} \quad (2)$$

The coefficient of variation was used to compare the variability of traits expressed in different units of measurement. The degree of variation was measured on a ratio scale:

CV < 10% – weak variation;

CV 11–25% – average;

CV > 25% – significant [19] using computer programs Excel and Statistica 10.

Statistical processing of the obtained results was carried out with the calculation of the arithmetic mean ($\bar{x}$) of the standard deviation (SD), calculated using Microsoft Excel 2016. The obtained data were compared using analysis of variance.

Research results

When evaluating the collection material, breeders analyze, in addition to the general vegetation period, the interphase period «germination-flowering», showing the rate of formation of soybean vegetative organs. This indicator mainly depends on genetic factors, to a lesser extent – on agro-climatic conditions. The duration of the growing season of soybeans is controlled by the dominant allele of the E1 gene [20]. For the Forest-Steppe zone of Ukraine, the duration of the growing season should be about 55–65 days; with a longer period, there is a possibility that the variety will not have time to produce a seed crop. When creating early ripening vegetable varieties, it is important to take into account that some varieties in the process of ontogenesis have a longer period of vegetative development, but in general, their ripening time does not increase [21].

Studies revealed that the processes of growth and development of vegetable soybeans during the growing season differed significantly depending on the plant variety. Seedlings of all studied varieties appeared 9–11 days after sowing, while the onset of the budding phase in the samples of 'Astra', 'Vesta' and 'SibNIISOKh 6' varieties occurred 24–30 days later than others.

On the basis of the «vegetation period» plants differed significantly. The technological

maturity of beans came on 61–100 days from seedlings emergence. This makes it possible to create a conveyor scheme for the consumption of green edamame beans by using varieties of different ripeness groups.

According to the results of research, it was established that 'Romatyka' standard variety and the 'Karikachi' and 'Astra' collection specimens belong to the semi-determinant type of growth. Plants of 'Karikachi' and 'Astra' varieties in the phase of technological maturity were larger. Compared to the standard, their height differed by 11.3 and 12.4%. Collection varieties 'Fiskeby V', 'L 380-2-13', 'Fiskeby V-E5', 'SibNIISOKh 6', 'Sac', 'Vesta' belong to the determinant type of growth, the height of which was in the range of 62.0–78.0 cm, which is 19.6–36.1% less than the standard.

It is known that 90–95% of the dry matter of crop yields is created by photosynthesis in leaves. Taking this into account, the yield of agricultural crops largely depends on the dynamics of the increase in the area of plant leaves and the intensity of their work during the growing season. The leaf surface area is a rather variable value, which formation is significantly influenced by varietal characteristics, conditions of moisture supply, nutrition and other technological methods of cultivation. According to this indicator, samples of vegetable soybeans were of medium variant – CV = 11%. The largest area of the assimilation surface was produced by plants of the varieties 'Astra', 'Karikachi', 'Fiskeby V', 'Sac', 'Fiskeby V-E5', 'Vesta' – 30.6–39.0 thousand m²/ha, which is more than the standard by 1.3–29.1% (Table 2).

Table 2

Productivity parameters of different varieties of vegetable soybeans (2020–2021)

Sample	Productivity parameters of vegetable soybeans in the phase of technological maturity of beans					
	Plant height, cm	Leaf area of crops, thousand m ²	Number of shoots, pcs./plant	Number of beans, pcs./plant	Number of seeds, pcs./bean	NPPF full pod - technological maturity, g/m ² /day
'Romatyka' St	97±5.2	30.2±0.64	2.0±0.11	31.0±1.9	2±0.10	2.52±0.07
'Fiskeby V'	62±1.7	34.6±0.98	2.0±0.08	31.8±0.7	2±0.07	2.65±0.14
'Karikachi'	108±3.3	33.0±1.13	2.0±0.06	34.0±0.5	2±0.07	2.41±0.04
'Astra'	109±2.9	30.6±1.60	2.5±0.07	38.0±2.1	3±0.07	2.43±0.07
'Vesta'	78±3.1	39.0±0.99	2.5±0.09	48.5±1.2	3±0.07	2.95±0.09
'SibNIISOKh 6'	70±2.5	30.0±0.83	3.0±0.11	49.0±1.3	3±0.21	2.55±0.08
'Sac'	72±0.6	35.0±1.12	3.0±0.08	58.0±1.3	3±0.04	2.74±0.07
'Fiskeby V-E5'	67±3.6	37.5±1.32	3.5±0.17	71.0±5.1	3±0.13	2.83±0.10
'L 380-2-13'	64±2.9	28.1±0.89	4.0±0.08	76.0±1.7	3±0.06	2.62±0.05
Xmed.	80.8	33.1	2.7	48.6	2.7	2.6
SD	17.7	3.5	0.7	15.8	0.5	0.2
CV, %	22	11	25	33	18	6

A smaller leaf area compared to the standard was produced by plants of 'L 380-2-13', 'SibNIISOKh 6' varieties – 28.1 and 30.0 thousand m²/ha, which is less than the standard by 0.7 and 7.0%.

In terms of the number of shoots, the plants of most samples varied significantly (CV = 25%). The maximum number of shoots was formed by plants of the 'Fiskeby V-E5' variety – 4 pcs./plant, which is 60% more than the standard, or 1.5 pcs./plant. Varieties 'Karikachi', 'Astra', 'Vesta' were characterized by slightly higher rates relative to the standard for this trait – 3.0–3.5 pcs./plant, which is 0.5–1.0 pcs./plant, more than the standard or 20–40%. Plant varieties 'Fiskeby V', 'SibNIISOKh 6', 'L 380-2-13' formed two shoots, which is less than the standard by 0.5 pcs., that is, 50% of the plants formed 2 and 3 shoots per plant.

The net primary productivity of photosynthesis varied little in all variants of the ex-

periment (CV = 6%). The maximum net primary productivity of photosynthesis was observed in samples 'Vesta' – 2.95 g/m²/day and 'Fiskeby V-E5' – 2.83 g/m²/day, which is 17.1 and 12.3% more than the standard. The net primary productivity of photosynthesis in 'Fiskeby V', 'Sac' samples was significantly higher than 'Romatyka' variety – 2.65 and 2.74 g/m²/day, which is more by 5.2 and 8.7%.

In terms of the number of beans per plant, samples 'Sac', 'Fiskeby V-E5', 'Astra' significantly prevailed over 'Romatyka' variety – 58–76 pcs./plant, which is more by 19.6–56.7%. A smaller number of beans in comparison with the standard was formed by samples 'Fiskeby V', 'SibNIISOKh 6', 'Karikachi', 'L 380-2-13' – 31–38 pcs./growth, which is 21.6–36.1 less %. The variation of this feature was strong – CV = 33%.

In terms of the number of seeds in one bean, the varieties were medium variable, the coeffi-

cient of variation was 18%, and they were clearly divided into two groups: with two-seeded beans ('Karikachi', 'Astra', 'L 380-2-13') and three-seeded beans ('Romantnyka' St, 'Fiskeby V', 'Vesta', 'SibNIISOKh 6', 'Sac', 'Fiskeby V-E5').

The marketable yield for vegetable purposes and the efficiency of cultivation in general depend on the mass of beans. The variation of this feature was significant, the coefficient of variation was 29%. Varieties 'L 380-2-13', 'Sac', 'Vesta', 'Fiskeby V', 'Fiskeby V-E5' were characterized by a significantly greater mass of beans. Thus, samples 'Vesta', 'Fiskeby V', 'Fiskeby V-E5' had beans weighing 163–176 g/plant, which is 81.1–95.6% more than the standard; samples 'L 380-2-13', 'Sac' – 138.6 and 156.6 g/plant (+54.0 and 74.0%). Only one variety 'Karikachi' was characterized by a lower mass of beans – 81 g/plant, which is 10% less than the standard.

The formation of a crop is a complex set of numerous physiological and biochemical processes of the vital activity of a plant organism, the intensity of which is influenced by a large number of factors. The yield value of agricultural crops depends on soil and climatic condi-

tions, characteristics of the biology of a culture, technological methods and other factors.

Crop yield is an indicator on which the expediency and efficiency of cultivation technology depends. Most of the collection samples significantly exceeded the standard variety 'Romantnyka', their yield fluctuated within 11.3–22.4 t/ha. Varieties 'L 380-2-13' (17.3 t/ha), 'Vesta' (18.8 t/ha), 'Sac' (19.6 t/ha), 'Fiskeby V' (21.4 t/ha), 'Fiskeby V-E5' (22.4 t/ha), were characterized by maximum yield, which was 6.2–98.2% more than the standard. Edamame yield variation was also strong with CV = 27%.

Consequently, the yield of vegetable soybeans largely depends on varietal characteristics, which differ significantly from each other for all indicators.

It is advisable to evaluate the productivity of varieties not only by the yield of marketable products, but also by the possibility of obtaining high-quality seed. High seed yield above the standard was obtained in samples 'L 380-2-13' (2.88 t/ha), 'Sac' (3.10 t/ha), 'Vesta' (3.10 t/ha), 'Fiskeby V' (3.63 t/ha), 'Fiskeby V-E5' (4.00 t/ha), which exceeded the standard by 8.0–64.8% (Table 3).

Table 3

Yield and quality parameters of vegetable soybean samples

Sample	Weight of beans, g/plant	Bean yield, t/ha	Seed yield, t/ha	Dry matter, %
'Romantnyka' St	90.0±2.4	11.3±0.40	2.00±0.06	31.70±0.62
'Fiskeby V'	171.0±6.2	21.4±0.41	2.11±0.18	23.00±1.58
'Karikachi'	81.0±1.5	10.5±0.36	2.20±0.06	32.00±1.92
'Astra'	90.0±2.8	12.7±0.55	2.38±0.11	30.70±1.62
'Vesta'	163.0±12.0	18.8±0.45	2.88±0.08	28.00±1.09
'SibNIISOKh 6'	95.4±2.4	12.0±0.24	3.08±0.16	31.10±0.79
'Sac'	156.6±9.0	19.6±0.62	3.08±0.09	26.00±1.26
'Fiskeby V-E5'	176.0±5.6	22.4±0.35	3.63±0.21	22.70±1.29
'L 380-2-13'	138.6±4.4	17.3±0.82	4.00±0.04	28.60±1.26
Xmed.	129.1	16.2	2.80	28.20
SD	37.2	4.4	0.7	3.4
CV, %	29	27	23	12

Dry matter is the main indicator on which the energy and bioenergy efficiency of the production of any product depends, so the analysis of this indicator was carried out in sufficient detail. 'Karikachi' sample dominated the standard in terms of solids content, although not significantly – 32.0%. The dry matter of varieties 'Vesta', 'L 380-2-13', 'Astra', 'SibNIISOKh 6' was insignificantly less than the standard – 28.0–31.1%, which is less than the variety 'Romantnyka' by 1.9–11.7%. Samples 'Fiskeby V-E5', 'Fiskeby V', 'Sac' had a dry matter of 22.7–26.0%, which is 18.0–28.4% less than the standard.

The study of crude protein content in the immature grain of vegetable soybean indicated

a significantly lower content of it relative to biologically mature grain. The protein concentration of edamame beans was in the range of 28.2–38.6%, which is less than the same indicator in biologically mature grain – 36.1–42.8% (Fig. 1).

A slightly higher protein content relative to the standard was noted in one sample – 'Karikachi' – 38.6% in the phase of technological maturity and 42.8% in the phase of biological maturity. Collection samples 'Fiskeby V-E5', 'Fiskeby V', 'Vesta', 'Sac', 'SibNIISOKh 6', 'L 380-2-13', 'Astra' accumulated less protein in the grain relative to the standard by 5.5–25.8% in the phase of technological maturity and 1.2–15.1% in the phase of biological maturity.

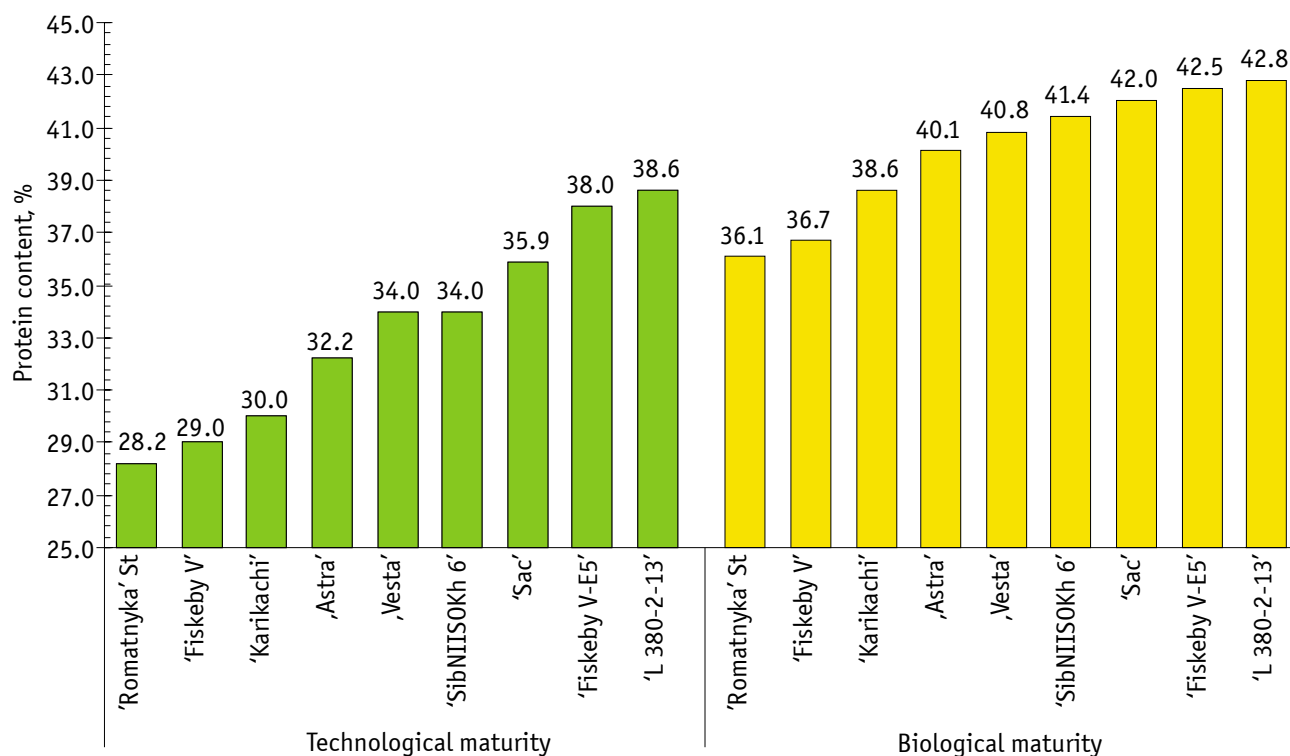


Fig. The content of crude protein at different stages of bean ripeness in edamame, depending on their variety (2020–2021), % (LCD_{0.05 t.m.} = 2.14; LCD_{0.05 b.m.} = 2.92)

The content of soluble sugars, including mono-saccharides (fructose, glucose), disaccharides (sucrose), and oligosaccharides (raffinose and stachyose) in edamame seeds are shown in Table 4. In plant samples of 'Sac' and 'Arikachi' varieties

fructose concentration was the highest – 0.96–1.12 mg/100 g, this is 26.3–47.4% more relative to the standard. Samples 'SibNIISOKh 6', 'Fiskeby V-E5' had somewhat lower fructose content, but exceeded the standard sample by 15.8–17.1%.

Table 4

Soluble sugar content in vegetable soybeans

Variety	Sugar content, g/100 g dry matter (X ± SD)				
	fructose	glucose	sucrose	raffinose	stachyose
'Romatnyka' St	0.76±0.012	0.24±0.005	9.26±0.15	0.45±0.013	0.06±0.001
'Fiskeby V'	0.82±0.019	0.21±0.006	9.14±0.35	0.39±0.010	0.08±0.003
'Karikachi'	0.96±0.007	0.15±0.005	8.24±0.22	0.27±0.008	0.11±0.005
'Astra'	0.98±0.026	0.15±0.007	7.70±0.04	0.21±0.012	0.11±0.003
'Vesta'	0.75±0.020	0.21±0.009	9.31±0.31	0.47±0.019	0.06±0.003
'SibNIISOKh 6'	0.88±0.022	0.18±0.009	8.64±0.18	0.36±0.012	0.09±0.004
'Sac'	1.12±0.046	0.13±0.004	6.82±0.22	0.16±0.004	0.13±0.003
'Fiskeby V-E5'	0.89±0.025	0.17±0.005	8.41±0.17	0.31±0.014	0.10±0.002
'L 380-2-13'	0.74±0.016	0.22±0.005	9.38±0.27	0.52±0.031	0.06±0.002
Xmed.	0.88	0.18	8.54	0.35	0.09
SD	0.12	0.04	0.81	0.11	0.02
CV, %	14	19	10	33	27

The concentration of glucose in all studied samples of vegetable soybeans varied markedly within the range of 0.13–0.24 mg/100 g (CV = 19%) and was below the standard by 8.3–45.8%. In terms of the concentration of sucrose and raffinose, the same tendency was observed – the studied samples were characterized by the lowest concentration, with the exception of individual samples ('Vesta' and 'L 380-2-13').

However, the sucrose content varied little – CV = 10%, and the raffinose content very strongly (CV = 33%).

The samples significantly varied in the content of stachyose (CV = 27%); most of the studied samples significantly exceeded the standard, with the exception of samples of 'Vesta' and 'L 380-2-13' varieties, where its content was equal to the standard.

The results of the study indicate a very strong differentiation of varieties according to all economic characteristics.

Conclusions

The results show that even with minor variations in genotype, vegetable soybean varieties/samples are reasonably similar to grain-type soybeans. Our results also support the benefits of edamame as a low oligosaccharide dietary product. A promising variety is UD0202500 'Sac' originating from Japan. It is characterized by large seeds of bright green color at the stage of technological and biological maturity, increased yield of green beans – 19.6 t/ha, seeds – 3.08 t/ha; has fairly high protein content – up to 35.9% in green beans and up to 42.0% in mature seeds. The obtained results provide useful information about seed and nutritional quality of edamame for further breeding practice and prove that the introduced vegetable soybean varieties are suitable for both vegetable production and high-quality seeds.

References

- Johnson, D., Wang, S., & Suzuki, A. (1999). Edamame: a vegetable soybean for Colorado. In J. Janick (Ed.), *Perspectives on New Crops and New Uses* (pp. 385–387). Alexandria, VA: ASHS Press.
- Mentreddy, S. R., Mohamed, A. I., Joshee, N., & Yadav, A. K. (2002). In *Edamame: a nutritious vegetable crop. Trends in new crops and new uses* (pp. 432–438). Atlanta, GA: ASHS Press.
- Zeipinē A. S., Alsinē A. I., & Lepse, L. (2017). Insight in edamame yield and quality parameters: A review. *Res. Rural. Dev.*, 2, 40–44. doi: 10.22616/rrd.23.2017.047
- Yu, D., Lord, N., Polk, J., Dhakal, K., Li, S., Yin, Y., ... Huang, H. (2021). Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chem.*, 368, 130799. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130799
- Carneiro, R., Duncan, S., O'Keefe, S., Yu, D., Huang, H., Yin, Y., ... Gillen, A. (2021). Utilizing Consumer Perception of Edamame to Guide New Variety Development. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4, 556–580. doi: 10.3389/fsufs.2020.556580
- Hymowitz, T. (1984). Dorsett-Morse soybean collection trip to East Asia: 50-year retrospective. *Econ. Bot.*, 38(4), 378–388. doi: 10.1007/BF02859075
- Smith, J. M., & Van Duyne F. O. (1951). Other soybean products. In K. S. Markley (Ed.), *Soybeans and soy-bean products* (Vol. 2, pp. 1055–1078). New York, NY: Interscience.
- Carneiro, R. C. V., Duncan, S. E., O'Keefe, S. F., Yin, Y., Neill, C. L., & Zhang, B. (2020). Sensory and consumer studies in plant breeding: A guidance for edamame development in the U.S. *Front. Sustain. Food Syst.*, 4, 124. doi: 10.3389/fsufs.2020.00124
- Zhang, B., Lord, N., Kuhar, T., Duncan, S., Huang, H., Ross, J., ... Buss, G. (2021). A vegetable soybean cultivar for commercial edamame production in the mid-Atlantic USA. *J. Plant Regist.*, 1–5. doi: 10.1002/plr2.20140
- Williams, M. M. (2015). Phenomorphological characterization of vegetable soybean germplasm lines for commercial production. *Crop Sci.*, 55, 1274–1279. doi: 10.2135/cropsci2014.10.0690
- Nolen, S., Zhang, B., & Kering, M. K. (2016). Increasing fresh edamame bean supply through season extension techniques. *J. Hortic.*, 3, 1–5. doi: 10.4172/2376-0354.1000170
- Xu, Y., Cartier, A., Kibet, D., Jordan, K., Ivy, H., & Davis, S. (2016). Physical and nutritional properties of edamame seeds as influenced by stage of development. *J. Food Meas. Character.*, 10, 193–200. doi: 10.1007/s11694-015-9293-9
- Jankauskienė, J., Brazaitytė, A., & Vaštakaite-Kairienė, V. (2021). Potential of vegetable soybean cultivation in Lithuania. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca*, 49, 12267. doi: 10.15835/nbha49112267
- Findlay, S., McKenzie, J., Al-Dujaili, E., & Davidson, H. (2015). Weight loss and reductions in body mass index, abdominal-girth and depth after a 12 week dietary intervention of soya beans (edamame). *Proc. Nutr. Soc.*, 74, E70. doi: 10.1017/S0029665115000853
- Nedvyha, M. V. (1994). *Morfolohichni kryterii ta henezys suchasnykh gruntiv Ukrainy* [Morphological criteria and genesis of modern soils of Ukraine]. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian]
- Produkty pererobliannia fruktiv ta ovochiv. Metody vyznachannia sukhyykh rechovyn abo volohy: DSTU 7804:2015* [Fruit and vegetable products. Methods for determination of total solids or moisture: State standard of Ukraine 7804:2015]. (2015). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
- Johansen, H. N., Glitso, V., & Knudsen, K. E. B. (1996). Influence of extraction solvent and temperature on the quantitative determination of oligosaccharides from plant materials by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 1470–1474. doi: 10.1021/jf950482b
- Kormy dlia tvaryn. Vyznachannia vmistu azotu i obchysliuvannia vmistu syroho bilka. Metod Kieldalia: DSTU ISO 5983-2003* [Animal feed. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content. Kjeldahl method: State standard of Ukraine ISO 5983-2003]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
- Lakin, G. F. (1990). *Biometriya* [Biometrics]. (4th ed., rev. and enl.). Moscow: Vysshaya shkola. [in Russian]
- Pylnev, V. V. (Ed.). (2005). *Chastnaya selektsiya polevykh kul'tur* [Private breeding of field crops]. Moscow: Kolos. [in Russian]
- Carneiro, R., Yin, Y., Duncan, S., & O'Keefe, S. (2021). Edamame Flavor Characteristics Driving Consumer Acceptability in the United States: A Review. *ACS Food Sci. Technol.*, 1, 1748–1756. doi: 10.1021/acsfoodscitech.1c00261

Використана література

- Johnson D., Wang S., Suzuki A. Edamame: A vegetable soybean for Colorado. *Perspectives on new crops and new uses* / J. Janick (Ed.). Alexandria, VA : ASHS Press, 1999. P. 385–387.
- Mentreddy S. R., Mohamed A. I., Joshee N., Yadav A. K. Edamame: a nutritious vegetable crop. *Trends in new crops and new uses*. Atlanta, GA : ASHS Press, 2002. P. 432–438.
- Zeipina S., Alsina I., Lepse L. Insight in edamame yield and quality parameters: A review. *Res Rural Dev*. 2017. Vol. 2. P. 40–44. doi: 10.22616/rrd.23.2017.047
- Yu D., Lord N., Polk J. et al. Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chem*. 2021. Vol. 368. 130799. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130799
- Carneiro R., Duncan S., O'Keefe S. et al. Utilizing Consumer Perception of Edamame to Guide New Variety Development. *Front. Sustain. Food Syst*. 2021. Vol. 4. P. 556–580. doi: 10.3389/fsufs.2020.556580
- Hymowitz T. Dorsett-Morse soybean collection trip to East Asia: 50-year retrospective. *Econ. Bot*. 1984. Vol. 38, Iss. 4. P. 378–388. doi: 10.1007/BF02859075
- Smith J. M., Van Duyne F. O. Other soybean products. *Soybeans and Soybean Products* / K. S. Markley (Ed.). New York, NY : Interscience, 1951. Vol. 2. P. 1055–1078.
- Carneiro R. C. V., Duncan S. E., O'Keefe S. F. et al. Sensory and consumer studies in plant breeding: A guidance for edamame development in the U.S. *Front. Sustain. Food Syst*. 2020. Vol. 4. 124. doi: 10.3389/fsufs.2020.00124

9. Zhang B., Lord N., Kuhar T. et al. A vegetable soybean cultivar for commercial edamame production in the mid-Atlantic USA. *J. Plant Regist.* 2021. P. 1–5. doi: 10.1002/plr2.20140
10. Williams M. M. Phenomorphological characterization of vegetable soybean germplasm lines for commercial production. *Crop Sci.* 2015. Vol. 55. P. 1274–1279. doi: 10.2135/cropsci2014.10.0690
11. Nolen S., Zhang B., Kering M. K. Increasing fresh edamame bean supply through season extension techniques. *J. Hortic.* 2016. Vol. 3. P. 1–5. doi: 10.4172/2376-0354.1000170
12. Xu Y., Cartier A., Kibet D. et al. Physical and nutritional properties of edamame seeds as influenced by stage of development. *J. Food Meas. Charact.* 2016. Vol. 10. P. 193–200. doi: 10.1007/s11694-015- 9293-9
13. Jankauskienė J., Brazaitytė A., Vaštakaitė-Kairienė V. Potential of vegetable soybean cultivation in Lithuania. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca.* 2021. Vol. 49. 12267. doi: 10.15835/nbha49112267
14. Findlay S., McKenzie J., Al-Dujaili E., Davidson H. Weight loss and reductions in body mass index, abdominal-girth and depth after a 12-week dietary intervention of soya beans (edamame). *Proc. Nutr. Soc.* 2015. Vol. 74. E70. doi: 10.1017/S0029665115000853
15. Недвига М. В. Морфологічні критерії та генезис сучасних ґрунтів України. Київ : Сільгоспосвіта, 1994. 344 с.
16. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання сухих речовин або вологі : ДСТУ 7804:2015. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 19 с.
17. Johansen H. N., Glitsso V., Knudsen K. E. B. Influence of extraction solvent and temperature on the quantitative determination of oligosaccharides from plant materials by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 1996 Vol. 44. P. 1470–1474. doi: 10.1021/jf950482b
18. Корми для тварин. Визначання вмісту азоту і обчислювання вмісту сирого білка. Метод К'ельдаля : ДСТУ ISO 5983-2003. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 8 с.
19. Лакин Г. Ф. Биометрия. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1990. 352 с.
20. Частная селекция полевых культур / под ред. В. В. Пыльнева. Москва : Колос, 2005. 552 с.
21. Carneiro R., Yin Y., Duncan S. et al. Edamame Flavor Characteristics Driving Consumer Acceptability in the United States: A Review. *ACS Food Sci. Technol.* 2021. Vol. 1. P. 1748–1756. doi: 10.1021/acsfoodscitech.1c00261

УДК 631:57-047.44:[635.655:631.526.3](477.4)

Яценко В. В.*, **Полторецкий С. П.**, **Яценко А. О.** Агробіологічне оцінювання колекційних сортів сої овочевої в умовах Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and Protection.* 2021. Т. 17, № 4. С. 327–334. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.248991>

Уманський національний університет садівництва, вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20301, Україна,
*e-mail: slaviksklav16@gmail.com

Мета. Агробіологічне оцінювання сортів сої *Glycine max* var. *Shirofumi* за комплексом господарсько-цінних ознак для інтродукції в умовах Лісостепу України. Добір перспективних селекційних форм за морфо-біологічними та фізіолого-біохімічними характеристиками. **Методи.** Польові, лабораторні, статистичні, розрахунково-аналітичні. Дослідження проводили в умовах навчально-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва впродовж 2020–2021 рр., використовували колекційні сорти різного еколого-географічного походження (Україна, Білорусь, Швеція, Японія і Росія).

Оцінювання сортів проводили за наступними параметрами: висота рослин, листову площу, чиста продуктивність фотосинтезу та показники індивідуальної продуктивності (маса бобів з однієї рослини, кількість насінин у бобі та ін.), врожайність зелених бобів та біологічно зрілого насіння і відповідно якісні показники продукції (суха речовина, вміст цукрів і протеїну). Обліки проводили у фазі технічної стиглості бобів. **Результати.** Мінливість ознаки «висота рослини» досліджуваних сортів мала середню варіацію – коефіцієнт варіювання складав 22%. Результати вказали, що сорт-стандарт 'Романтика' та колекційні сорти 'Karikachi' та 'Астра' відносяться до напівдетермінантного типу росту (97–109 см), сорти 'Fiskeby V', 'Л 380-2-13', 'Fiskeby V-E5', 'СибНИИСОХ 6', 'Sac', 'Веста' належать до детермінантного типу росту. За кількістю насінин у стручку

досліджувані сорти чітко розділилися на дві групи: з дво-насіnnими бобами (сорти 'Karikachi', 'Астра', 'Л 380-2-13') та тринасіnnими бобами (сорти 'Романтика' (St), 'Fiskeby V', 'Веста', 'СибНИИСОХ 6', 'Sac', 'Fiskeby V-E5'). Максимальну врожайність бобів едамаме формували рослини сорту 'Л 380-2-13' (17,3 т/га), 'Веста' (18,8 т/га), 'Sac' (19,6 т/га), 'Fiskeby V' (21,4 т/га), 'Fiskeby V-E5' (22,4 т/га). Виявлено істотну диференціацію сортів сої овочевої за показниками біохімічного складу незрілих бобів. Сухий залишок становив 22,70–31,70%. Частка протеїну у зелених бобах едамаме становила 28,2–38,6%, у біологічно зрілому насінні його частка зростала до 36,1–42,8%. Серед розчинних цукрів найбільшу концентрацію відзначено для сахарози – 7,70–9,38 мг/100 г сухого насіння, що в середньому складало 81,6–86,2% усіх цукрів. Наведені результати забезпечують комплексну оцінку для селекційної роботи над сортами сої овочевої з низьким вмістом олігосахаридів. **Висновки.** Оцінювання колекційних сортів сої овочевого напряму використання за варіабельністю морфологічних ознак та продуктивністю дозволило виділити серед інтродуктованих колекційних сортів за комплексом цінних ознак для використання у селекційному процесі сорт 'Sac' для створення нових сортів сої овочевого напряму, адаптованих до умов Лісостепу України.

Ключові слова: едамаме; урожайність; протеїн; вміст цукрів; насіння.

Надійшла / Received 27.10.2021
Погоджено до друку / Accepted 18.11.2021

Рівень прояву та варіабельність кількості зерен у колосі ячменю ярого

В. М. Гудзенко^{1*}, Т. П. Поліщук¹, А. А. Лисенко¹,
Л. В. Худолій², А. І. Бабенко³, С. М. Мандровська⁴

¹Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Обухівський р-н, Київська обл., 08853, Україна, *e-mail: barley22@ukr.net

²Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

³Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 12, м. Київ, 03041, Україна

⁴Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03080, Україна

Мета. Виявити особливості рівня прояву і варіабельність кількості зерен у колосі ячменю ярого та виділити нові генетичні джерела за поєднанням підвищеного та стабільного рівня прояву ознаки для селекції в умовах центральної частини Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проведено у 2018–2020 рр. в умовах Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН. Дослідили 96 колекційних зразків різних підвидів та груп різновидностей ячменю ярого походженням з 15 країн світу. Застосовували низку статистичних параметрів та графічних моделей. **Результати.** Дисперсійним аналізом АММІ моделі виявлено достовірно високі частки внеску у загальній фенотиповій варіації усіх її складових: умов року (33,8–40,2%), генотипу (35,2–48,9%) і взаємодії генотип–середовище (17,3–29,3%). За показниками гомеостатичності (Hom_i) і селекційної цінності (Sc_i) та візуалізаціями GGE biplot диференційовано зразки відповідно до рівня прояву і варіабельності ознаки та виокремлено нові генетичні джерела для селекції. Коефіцієнт фенотипової варіації варіював від низького у дворядних плівчастих зразків ($PCV = 9,60\%$) до наближеного до високого у голозерних ($PCV = 18,9\%$). Високе значення коефіцієнту генотипової варіації виявлено у голозерних ($GCV = 10,95\%$) та шестирядних зразків ($GCV = 13,28\%$). Коефіцієнт успадкованості ознаки мав значення від високого ($H^2 = 79,4\%$) у дворядних зразків до наближеного до низького ($H^2 = 33,7\%$) у шестирядних. Очікуване генетичне поліпшення становило від середнього у багаторядних зразків ($GAM = 13,10\%$) до високого у голозерних ($GAM = 23,51\%$). **Висновки.** Виділено колекційні зразки які поєднують підвищену озерненість та її відносну стабільність: дворядні плівчасті – ‘Тівер’ (UKR), ‘Almonte’ (CAN), ‘Despina’ (DEU), ‘Сымбат’ (KAZ), ‘Смарагд’ (UKR), ‘Новатор’ (UKR); дворядні голозерні – ‘CDC Candle’ (CAN) і ‘Millhouse’ (CAN), багаторядні плівчасті – ‘AC Westech’ (CAN) і ‘AC Alma’ (CAN). Перспективою подальших досліджень є залучення виділених зразків для створення нового вихідного матеріалу та встановлення особливостей успадкування кількості зерен у колосі, а також виявлення взаємозв’язків цієї ознаки з іншими структурними елементами врожайності.

Ключові слова: *Hordeum vulgare* L.; генотипова варіація; фенотипова варіація; успадкованість; гомеостатичність; селекційна цінність; АММІ; GGE biplot.

Вступ

Ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) – один з найперших окультурених людиною видів рослин, який і до цього часу залишається ключовим у світовому землеробстві для виробництва продукції яка використовується у різноманітних галузях промисловості [1–5]. Сучасні молекулярно-генетичні досліджен-

ня розширюють відомі та відкривають нові можливості щодо використання ячменю для задоволення різноманітних потреб людства [6–8].

На сьогодні за рахунок селекції досягнуто значного генетичного зрушення в напрямку підвищення потенціалу продуктивності та якісних показників зерна ячменю [9–11]. У свою чергу, загальноновизнаною аксіомою є факт того, що ефективна селекційна робота можлива лише за наявності у розпорядженні селекціонера достатньої кількості широкого генетичного різноманітного вихідного матеріалу. Одним з ключових аспектів цього безумовно є колекції сільськогосподарських культур, зосереджені у генетичних банках різних країн [12]. Тому залучення, оцінювання та використання нових колекційних зразків становить постійну актуальність в селекції для створення сортів з високим потенціалом продуктивності та іншими цінними господарськими ознаками [13–15].

Volodymyr Hudzenko

<https://orcid.org/0000-0002-9738-1203>

Tetiana Polishchuk

<https://orcid.org/0000-0001-9358-9181>

Anna Lysenko

<https://orcid.org/0000-0002-2575-5720>

Liudmyla Khudolii

<https://orcid.org/0000-0002-9586-7592>

Antonina Babenko

<https://orcid.org/0000-0001-5102-3438>

Svitlana Mandrovskaya

<https://orcid.org/0000-0002-7559-5892>

Урожайність – один з основних показників придатності сорту для комерційного використання. Це складна полігенна ознака яка формується за рахунок ознак нижчого рівня – структурних елементів [16–18]. Тому, для цілеспрямованого підвищення врожайності необхідно мати інформацію не лише про величину результуючої ознаки, але й особливості величини, варіабельності та взаємозв'язків її окремих складових [19–21]. У спрощеному вигляді врожайність можна охарактеризувати як добуток продуктивності індивідуальної рослини та їх кількості на одиницю площі посіву. Продуктивність рослини ячменю визначається кількістю продуктивних стебел, кількістю зерен у колосі та їх крупністю, вираженою через показник маси 1000 зерен [22–29]. Таким чином однією зі складових структури продуктивності рослини є кількість зерен у колосі.

Рід *Hordeum* L. має суттєві відмінності від інших представників триби *Triticeae* в архітектоніці колоса. Вони полягають у одноkwітковості колосків. Тобто в одному колоску, як правило, формується лише одна зернівка. У той же час, залежно від фертильності колосків на одному виступі стрижня розрізняють дворядний та шестирядний підвиди ячменю [30–32]. Різні проміжні (інтермедіальні) та мутантні (хімерні) форми не поширені у виробництві, а слугують здебільшого лише для генетичних досліджень. Встановлено, що мутації пов'язані зі зміною кількості фертильних рядів у колосі впливають і на інші ознаки рослини [33]. Виявлено, що взаємодія між генами, які пов'язані з кількістю рядів у колосі ячменю може бути використана як новий шлях підвищення продуктивності колоса ячменю [34].

Урожайність, її елементи структури, і в тому числі кількість зерен у колосі, є кількісними ознаками, рівень прояву яких значною мірою залежить від впливу різноманітних чинників навколишнього середовища (забезпечення поживними речовинами, зволоження, сонячної інсоляції, тощо) [35–40]. Фенотипова експресія даних ознак, окрім генетичної складової, значною мірою регулюється цілою низкою гормонів та ферментів [41–44]. У той же час, для використання в селекції необхідно мати максимально можливу інформацію щодо генетично детермінованої частки в загальній фенотиповій мінливості ознак пов'язаних з продуктивністю. У зв'язку з цим у різних країнах світу постійно проводяться дослідження щодо оцінювання рівня прояву та стабільності, фенотипової і генотипової варіації та успадкованості

кількісних ознак ячменю [45–58]. Отримані дані суттєво різняться, що очевидно пов'язано із дослідженням різного генетичного матеріалу та контрастними екологічними умовами проведення досліджень, що власне і визначає актуальність проведення таких досліджень безпосередньо умовах селекційної роботи.

Мета досліджень – виявлення особливостей за рівнем прояву і варіабельністю кількості зерен у колосі ячменю ярого та виділення нових генетичних джерел за поєднанням підвищеного та стабільного рівня прояву ознаки для створення нового вихідного матеріалу в умовах центральної частини Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проведено в умовах Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН (МІП) у 2018–2020 рр. Географічні координати: широта – 49°64', довгота – 31°08', висота над рівнем моря – 153 м. Ґрунт – чорнозем глибокий, малогумусний, слабо-вилугований. Глибина гумусового горизонту складає 38–40 см. Вміст гумусу 3,7–3,9%, лужногідролізованого азоту – 55–64 мг, фосфору – 205–238 мг, обмінного калію – 82–110 мг на 1 кг ґрунту, рН сольове – 5,1–6,6. Питома вага твердої фази ґрунту знаходиться в межах 2,62–2,71 г/см³. Об'ємна маса ґрунту за профілем не перевищує 1,29 г/см³, орного шару – 1,27 г/см³. Гранулометричний склад ґрунту сприяє його обробітці, водопроникності, сприятливим для вирощування ячменю повітряному та тепловому режимам.

Матеріалом для дослідження були 96 колекційних зразків ячменю ярого походженням з 15 країн (рис. 1). Зразки отримано з Національного центру генетичних ресурсів рослин України у рамках Програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук «Генофонд рослин», відповідно до завдань другого рівня МІП (номера державної реєстрації 0116U004013 та 0119U100208).

Зразки належать до двох підвидів: шестирядного (різновидності *var. pallidum* і *var. rikotense*) і дворядного. Дворядний підвид представлений двома групами різновидностей – плівчастими (*var. nutans*, *var. deficiens*, *var. inerme*, *var. medicum*, *var. submedicum*) та голозерними (*var. nudum*, *var. nigrinudum*). Для виявлення особливостей прояву та варіабельності ознаки у зразків різних підвидів і груп різновидностей, а також дворядних плівчастих зразків різного походження їх було умовно розподілено на шість груп. Плівчасті дворядні зразки поділили на чотири групи: I – зразки походженням з України, II –

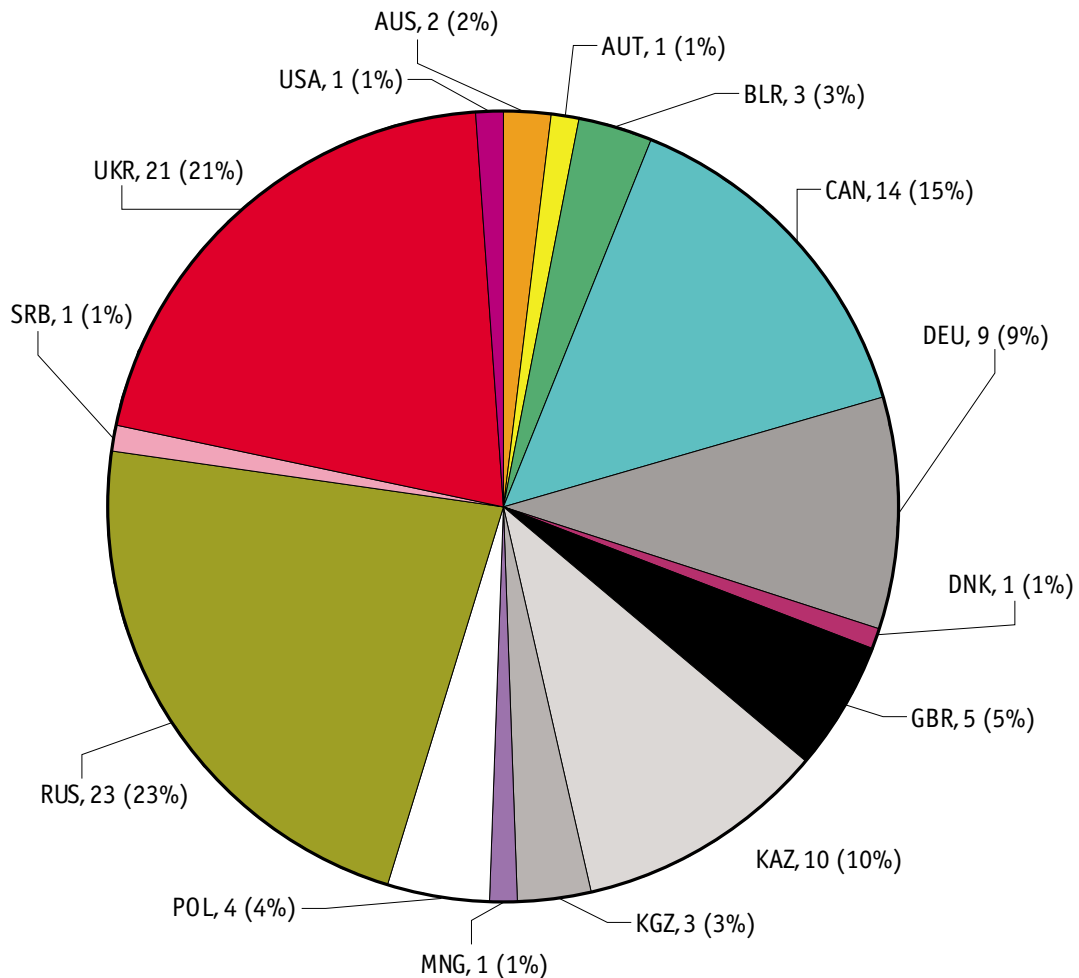


Рис. 1. Розподіл колекційних зразків ячменю ярого за країнами походження, шт. (%)

зразки із Західної Європи та по одному зразку з Австралії та Канади, III – зразки із Російської Федерації та Білорусі, IV – зразки із Казахстану, Киргизстану і Монголії. Голозерні зразки різного походження об'єднали в групу V, шестирядні зразки віднесли до групи VI. Повний перелік зразків та їх характеристика за різновидностями і країнами походження наведено нами у публікації [59].

Сівбу проводили сівалкою СКС-6-10Ц за настання фізичної стиглості ґрунту. Облікова площа ділянки 1 м². Повторність триразова. Розміщення ділянок – повними рендомізованими блоками. Стандарт – сорт ячменю ярого 'Взірець' розміщували через 20 номерів. Для структурного аналізу відбирали не менше 25 рослин із кожної повторності. Кількість зерен підраховували у головному колосі.

Коефіцієнти фенотипової (PCV) і генотипової варіації (GCV), коефіцієнт успадкованості в широкому розумінні (H^2), очікуване генетичне поліпшення (GA) та генетичне поліпшення виражене у відсотках до середнього рівня прояву ознаки (GAM) розраховували використовуючи формули запропо-

новані G. W. Burton, E. H. Devane [60], H. W. Johnson, H. F. Robinson, R. E. Comstock [61], R. W. Allard [62], D. S. Falconer [63]. Для ранжирування зразків за показниками статистичних параметрів застосовували наступні градації: для PCV, GCV і GAM = 0–10% – низький рівень, 11–20% – середній, > 20% – високий; H^2 = 0–30% – низький, 31–60% – середній, > 61% – високий. Показники гомеостатичності (Hom_i) та селекційної цінності (Sc_i) визначали відповідно до В. В. Хангільдіна, М. А. Литвиненка [64]. Статичний аналіз проводили з використанням комп'ютерних програм Excel 2010 і Statistica 12.

Дисперсійний аналіз АММІ моделі та візуалізації GGE biplot виконували програмою GEA-R. Детально основні принципи графічного аналізу та інтерпретація експериментальних даних викладена в оригінальних публікаціях [65–67].

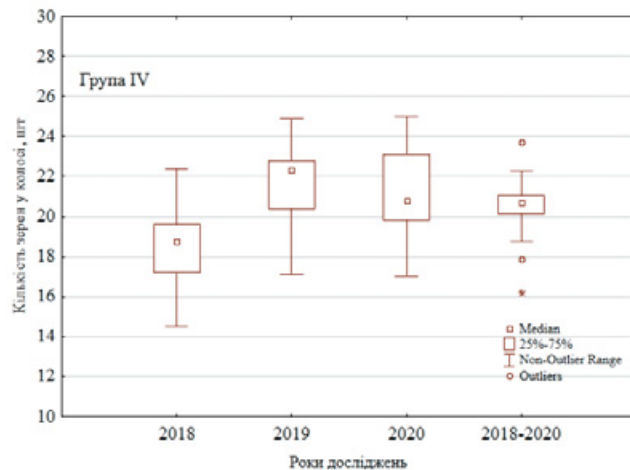
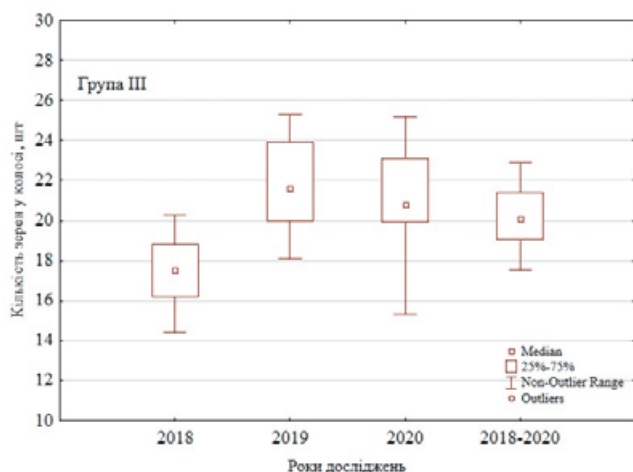
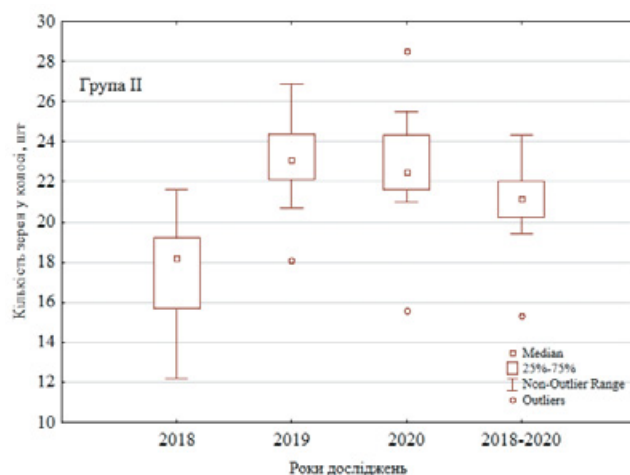
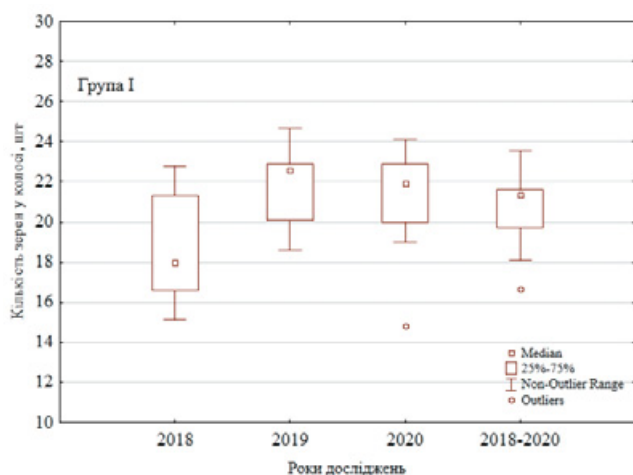
Результати досліджень

Погодні умови передпосівного та вегетаційного періоду ячменю ярого в 2018–

2020 рр. різнилися за роками досліджень, а також варіювали відносно середніх багаторічних значень (за даними Агromетеостанції Миронівка), що детально охарактеризовано нами за коефіцієнтом суттєвості відхилень і опубліковано в одному з попередніх повідомлень [68]. З детальним аналізом рівня прояву абіотичних та біотичних чинників та вилягання у досліджені роки, внаслідок коливання погодних умов можна познайомитись у вище згаданій нашій публікації [59]. Тут ми обмежимося лише узагальненням того, що контрастні погодні умови різних років і спричинені ними різні ступені прояву низки стресових чинників та їх поєднання сприяли всебічному дослідженню та диференціації колекційних зразків за рівнем прояву і стабільністю кількості зерен у колосі.

Рівень прояву ознаки суттєво варіював, залежно від умов року і груп досліджених генотипів (рис. 2). Найменшу кількість зерен у колосі виявлено в 2018 р. У 2019 і 2020 рр. рівень прояву відрізнявся у зразків різних груп. Однак, за три роки досліджень середнє значення в межах груп дворядних зразків (I–V) було досить близьким (20,1–

21,0 зерен), хоча й з значними відмінностями у варіації. Найбільшу варіабельність середнього значення за три роки виявлено у Групі V (від 15,9 до 26,4 зерен), найменшу – у Групі III (від 17,5 до 22,9 зерен). Очікувано більше числове значення ознаки було в шестирядних зразках (Група VI), але із подібними до вище наведених, як для загальної вибірки, тенденціями за рівнем прояву як у окремі роки, так і в середньому за 2018–2020 рр. Розмах варіювання у даній групі становив від 29,3 до 46,4 зерен. Враховуючи варіабельність ознаки очевидним є той факт, що для використання в якості генетичних джерел з метою поліпшення ознаки найбільш цінність становитимуть генотипи, з оптимальним поєднанням її підвищеного рівня прояву та відносної стабільності за роками. У таблиці 1 наведено характеристику зразків з найбільшим у середньому за три роки рівнем прояву кількості зерен у колосі, а також зразки з кращими показниками, які характеризують стабільність – мінімальними значеннями розмаху варіювання (R) та коефіцієнту варіації (V), а також максимальними значеннями параметрів гомеостатичності (Hom_i) та селекційної цінності (Sc_i).



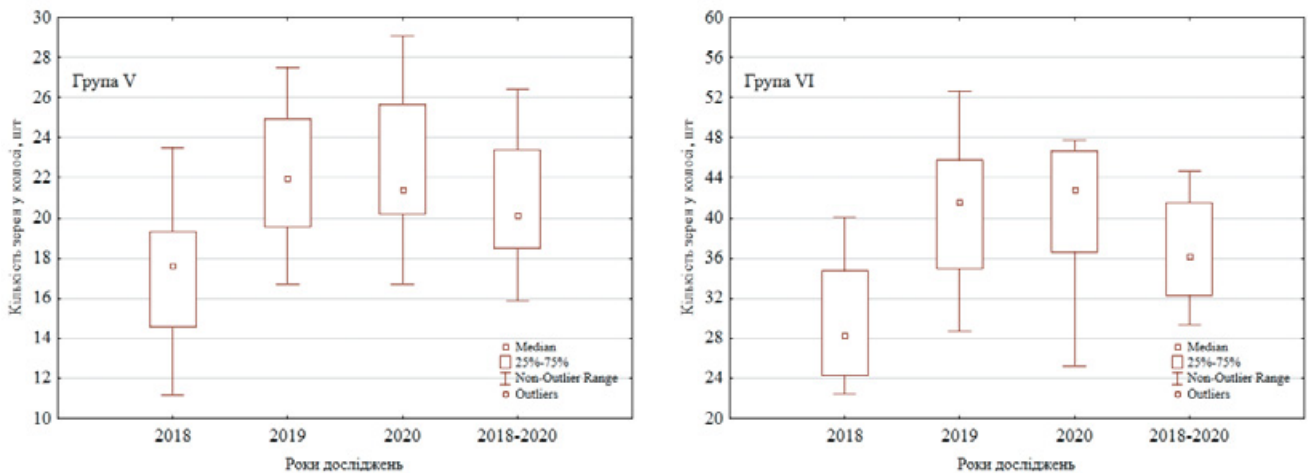


Рис. 2. Рівень прояву кількості зерен у колосі в різних групах зразків ячменю ярого залежно від умов років досліджень

Також для порівняння приведено середнє за групами значення (Mean) та стандартне відхилення (σ) рівня прояву ознаки і статистичних параметрів за кожною з груп. Особливістю статистичних параметрів Hom_i і селекційної цінності Sc_i , є те що вони не «прив'язані» до середнього значення у вибірці, а характеризують кожен зразок індивідуально, залежно від рівня прояву ознаки та її варіабельності. Тому ці показники можна використовувати і для порівняння генотипів у межах різних груп генотипів за умови дотримання розмірності числового вираження ознаки. У даному випадку – для дворядних плівчастих зразків різних груп та дворядних голозерних зразків. Шестирядні зразки за даними показниками «a priori» слід оцінювати окремо.

Дворядний плівчастий сорт-стандарт 'Взірець' (UKR) мав рівень прояву ознаки на рівні середніх значень для більшості дворядних груп зразків ($20,6 \pm 2,9$ зерен), але не високі показники гомеостатичності ($Hom_i = 144,7$) та селекційної цінності ($Sc_i = 15,6$). Найбільшу величину показника гомеостатичності виявлено у зразків Групи I 'Смарагд' ($Hom_i = 871,9$), 'Тівер' ($Hom_i = 831,8$) і 'Новатор' ($Hom_i = 723,5$) (UKR). Ці ж зразки мали і найбільші значення показника у межах даної групи ($23,5 \pm 0,7 \dots 21,6 \pm 0,6$ зерен), хоча у дещо іншому порядку розміщення. Тому, для них виявлено і одні з найвищих показників селекційної цінності ($Sc_i = 20,4-22,3$). Наочним прикладом необхідності не лише високого середнього значення рівня прояву ознаки за роками, але і його стабільності є сорт 'Concerto' (GBR), який мав найбільшу кількість зерен у колосі ($24,3 \pm 5,9$ зерен) як у Групі II, так і загалом для усіх дворядних плівчастих

зразків (Групи I–IV). Однак, значне варіювання за роками ($R = 10,9$ зерен) відобразилось на високому значенні коефіцієнту варіації ($V = 24,2\%$). І, як підсумок, даний сорт мав дуже низькі показники гомеостатичності ($Hom_i = 100,6$) та селекційної цінності ($Sc_i = 15,0$).

Показовими також були значення параметрів у зразків Групи III 'Оленёк' (RUS) і 'Медикум 139' (RUS). У сорту 'Оленёк' (RUS) рівень прояву ознаки становив $21,7 \pm 6,1$ зерен, однак унаслідок сильної варіабельності за роками ($R = 10,6$ зерен), коефіцієнт варіації сягав $V = 28,0\%$. Даний зразок мав також і найгірші серед представлених у таблиці 1 показники $Hom_i = 77,5$ і $Sc_i = 12,6$. У сорту 'Медикум 139' (RUS) за дещо нижчого середнього значення ознаки, але її меншої варіабельності за роками ($R = 2,2$ зерен, $V = 5,8\%$), показники гомеостатичності і селекційної цінності становили: $Hom_i = 332,5$ і $Sc_i = 17,2$, відповідно. У Групі IV поєднували відносно високе значення ознаки у середньому за три роки зразки 'Сымбат' (KAZ) ($23,7 \pm 1,3$ зерен, $Hom_i = 448,3$, $Sc_i = 21,3$), 'КАЗСУФФЛЕ 1' (KAZ) ($22,3 \pm 1,2$ зерен, $Hom_i = 431,2$, $Sc_i = 20,1$) і 'Памяти Раисы' (KAZ) ($20,7 \pm 1,0$ зерен, $Hom_i = 435,7$, $Sc_i = 19,0$). Абсолютне максимальне значення ознаки серед досліджених дворядних зразків (Групи I–V) виявлено у голозерного сорту 'CDC Candle' (CAN) ($26,4 \pm 3,4$ зерен) (Група V), але у зв'язку з варіабельністю за роками показник його гомеостатичності був посереднім ($Hom_i = 205,8$). Хоча за рахунок середнього значення ознаки селекційна цінність даного сорту була досить високою ($Sc_i = 20,5$). Найкраще поєднання рівня прояву ознаки ($24,7 \pm 1,3$ зерен), показників гомеостатичності ($Hom_i = 483,5$) та селекційної

Таблиця 1

Характеристика колекційних зразків ячменю ярого за кількістю зерен у колосі, гомеостатичністю та селекційною цінністю, 2018–2020 рр.

Шифр	Зразок	Різновид	Країна	Кількість зерен, шт.	R, шт.	V, %	Hom _i	Sc _i
G1	‘Взірець’ St	nutans	UKR	20,6 ± 2,9	5,6	14,2	144,7	15,6
Група I								
G53	‘Тівер’	nutans	UKR	23,5 ± 0,7	1,3	2,8	831,8	22,3
G75	‘Смарагд’	nutans	UKR	22,3 ± 0,6	1,1	2,6	871,9	21,2
G2	‘Новатор’	inerme	UKR	21,6 ± 0,6	1,2	3,0	723,5	20,4
Mean	–	–	–	20,6	3,9	10,4	332,4	17,1
σ	–	–	–	1,8	2,4	6,5	270,1	3,0
Група II								
G83	‘Concerto’	nutans	GBR	24,3 ± 5,9	10,9	24,2	100,6	15,0
G85	‘Almonte’	nutans	CAN	23,5 ± 2,0	3,9	8,3	284,0	19,9
G96	‘Despina’	deficiens	DEU	23,3 ± 2,5	4,5	10,6	220,7	19,1
G92	‘Vienna’	deficiens	AUT	22,1 ± 1,5	2,9	6,8	325,1	19,3
G94	‘Skald’	deficiens	POL	22,0 ± 3,0	5,8	13,8	159,5	16,8
G88	‘Mastvinster’	nutans	DEU	21,6 ± 1,6	3,1	7,2	300,0	18,7
Mean	–	–	–	21,0	6,1	15,6	169,6	15,7
σ	–	–	–	1,9	2,8	7,6	84	3,0
Група III								
G19	‘Карат’	nutans	RUS	22,9 ± 3,2	5,9	14,0	163,4	17,5
G22	‘Зубр’	nutans	BLR	22,5 ± 2,0	3,9	8,9	252,5	18,9
G42	‘Радзіміч’	nutans	BLR	21,8 ± 2,2	3,9	10,0	219,0	18,1
G41	‘Оленёк’	nutans	RUS	21,7 ± 6,1	10,6	28,0	77,5	12,6
G25	‘Медикум 139’	medicum	RUS	19,3 ± 1,1	2,2	5,8	332,5	17,2
Mean	–	–	–	20,1	4,8	12,7	189,0	15,8
σ	–	–	–	1,6	2,2	5,8	81,0	1,8
Група IV								
G29	‘Сымбат’	nutans	KAZ	23,7 ± 1,3	2,5	5,3	448,3	21,3
G47	‘КАЗСУФЛЕ 1’	nutans	KAZ	22,3 ± 1,2	2,3	5,2	431,2	20,1
G44	‘Азык’	nutans	KAZ	21,1 ± 2,0	3,9	9,3	227,0	17,5
G58	‘Памяти Раисы’	medicum	KAZ	20,7 ± 1,0	1,8	4,8	435,7	19,0
Mean	–	–	–	20,4	3,8	9,6	258,6	17,0
σ	–	–	–	1,8	2,1	5,3	114,3	2,3
Група V								
G13	‘CDC Candle’	nudum	CAN	26,4 ± 3,4	6,5	12,8	205,8	20,5
G73	‘Millhouse’	nudum	CAN	24,7 ± 1,3	2,5	5,1	483,5	22,3
G5	‘CDC Cartel’	nudum	CAN	23,8 ± 3,6	6,6	15,0	158,3	17,8
G10	‘4-1’	nudum	UKR	23,5 ± 4,1	7,5	17,4	135,2	16,8
G4	‘Phoenix’	nudum	CAN	23,3 ± 2,7	5,4	11,6	200,7	18,5
Mean	–	–	–	20,6	6,3	16,4	187,7	15,2
σ	–	–	–	3,1	3,4	9,6	132,0	4,1
Група VI								
G62	‘Омский 99’	pallidum	RUS	44,6 ± 7,2	14,0	16,1	276,8	32,8
G66	‘AC Westech’	pallidum	CAN	44,6 ± 8,2	15,4	18,2	244,6	31,1
G68	‘AC Alma’	pallidum	CAN	43,0 ± 4,0	7,5	9,3	462,1	36,3
G69	‘Казьминский’	ricotense	RUS	39,9 ± 5,1	9,6	12,8	312,6	31,1
Mean	–	–	–	37,0	15,0	21,8	206,7	24,7
σ	–	–	–	5,4	5,6	9,0	110,5	6,5

Примітка. X – середнє значення у зразка за три роки, шт.; R – розмах варіювання ознаки, шт.; V – коефіцієнт варіації, %; Hom_i – гомеостатичність; Sc_i – селекційна цінність; Mean – середнє значення у межах груп зразків, шт.; σ – стандартне відхилення у межах груп зразків

цінності (Sc_i = 22,3) серед голозерних зразків мав ‘Millhouse’ (CAN). Серед зразків шестирядного ячменю Групи VI оптимальніше поєднував озерненість та її стабільність ‘AC Alma’ (CAN) (43,0 ± 4,0 зерен, Hom_i = 462,1, Sc_i = 36,3).

З метою виявлення взаємодії генотип–середовище, диференціації та виявлення генотипів, які оптимально поєднують підвищену кількість зерен у колосі та її відносну стабільність застосували також дисперсійний аналіз AMMI моделі і візуалізації GGE biplot

окремо для підвидів та груп різновидностей дворядного підвиду. Встановлено достовірний внесок у загальну дисперсію генотипу, середовища та їх взаємодії для усіх досліджених варіантів (табл. 2). Однак, виявлено відмінності у співвідношенні їх часток для різних підвидів та груп різновидностей. Найбільший вплив умов середовища був ха-

рактерний для дворядних плівчастих зразків (40,2%). Для голозерних і шестирядних зразків значення даного джерела варіації було практично на одному рівні – 33,8 та 34,5%, відповідно. Найсуттєвіша взаємодія генотип–середовище (29,3%) виявлена для шестирядних зразків, найменша – для голозерних (17,3%).

Таблиця 2

Частки внеску в загальну дисперсію за результатами дисперсійного АММІ аналізу кількості зерен у колосі зразків ячменю ярого

Джерело варіації	Плівчасті дворядні зразки (Групи I–IV)	Голозерні дворядні зразки (Група V)	Шестирядні плівчасті зразки (Група VI)
Генотип	35,2	48,9	36,2
Середовище	40,2	33,8	34,5
Взаємодія генотип–середовище	24,6	17,3	29,3

У цілому дисперсійний аналіз підтверджує значне різноманіття у досліджених зразків за фенотиповим рівнем прояву ознаки за роками. Іншими словами, у дослідженій вибірці наявні зразки, які менше реагували на зміну умов року, тобто характеризувались вищою стабільністю, зразки з сильною мінливістю озерненості відповідно до загальних тенденцій варіювання для усієї вибірки у певному році, а також зразки мінливості яких мала перехресний тип взаємодії генотипу з середовищем. Тобто, рівень прояву ознаки в останніх у різні роки не співпадав з особливостями варіабельності загальної (усередненої) вибірки зразків.

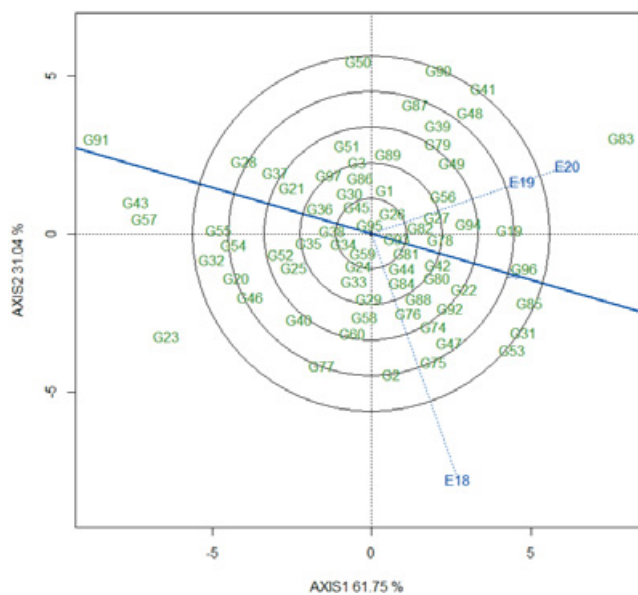
GGE biplot аналізом зразків Груп I–IV виявлено загальні подібності за рівнем прояву ознаки в умовах 2019 (E19) та 2020 (E20) рр. і відмінність в умовах 2018 р. (E18) (рис. 2). Відповідно до цього, умовами E19 і E20 утворено мегасередовище в якому найбільш вираженою була перевага зразка G83 'Concerto' (GBR). В умовах E18 переважав зразок G53 'Тівер' (UKR). Близькими до теоретичного «ідеального» генотипу розмістились зразки G85 'Almonte' (CAN), G96 'Despina' (DEU), G31 'Сымбат' (KAZ) і G53 'Тівер' (UKR). Однак, зразок G83 'Concerto' (GBR) не зважаючи на високий у середньому за три роки рівень прояву ознаки, внаслідок сильного «провалу» в 2018 р., і відповідно значної варіабельності, був сильно віддаленим від центру центричних кіл.

У Групі V голозерних зразків, умови E19 і E20 були також більш віддаленими від E18, хоча і не наскільки подібними між собою, порівняно з вище охарактеризованими для плівчастих дворядних зразків (рис. 4).

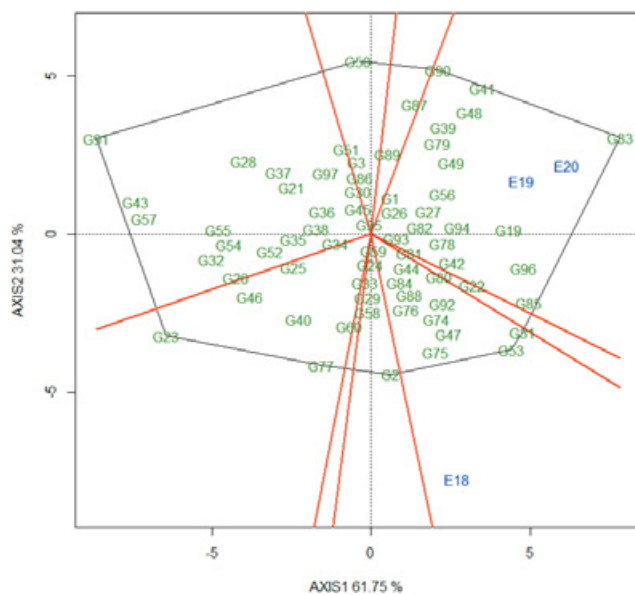
Однак, і для даної вибірки зразків умови E19 і E20 також утворили одне мегасередовище в якому слід виділити зразки G13 'CDC Candle' (CAN) і G73 'Millhouse' (CAN). Таким чином, хоча варіабельність зразка G13 'CDC Candle' (CAN) за розмахом варіювання ознаки і статистичними параметрами була вищою порівняно з G73 'Millhouse' (CAN), як було показано у таблиці 1, однак вона співпадала з особливостями зміни прояву ознаки у розрізі років для усієї вибірки голозерних зразків. Тому GGE biplot охарактеризував даний зразок як оптимальний. Не зважаючи на зміну рангів, обидва дані зразки були близькими до «ідеального» генотипу у даній групі. Окрім названих, значно переважали решту, зразки G5 'CDC Cartel' (CAN), G10 '4-1' (UKR) та G4 'Phoenix' (CAN). Тому, вони також можуть бути певною мірою перспективними в селекційному процесі для підвищення озерненості голозерного ячменю.

Зовсім іншою, порівняно з розглянутими, була характеристика середовищ для шестирядних зразків (рис. 5). У даному випадку подібними за реакцією зразків були умови E18 і E19, але суттєво від них відрізнялись умови E20.

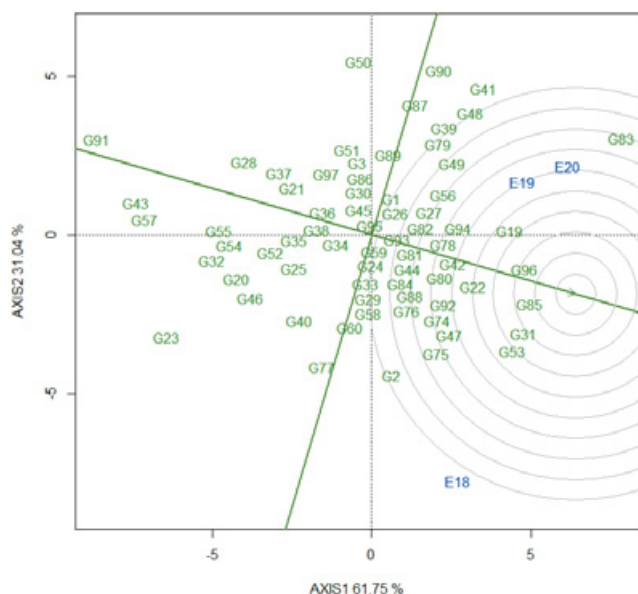
Відповідно, умови E18 і E19 утворили мегасередовище, переможцем у якому був зразок G62 'Омский 99' (RUS). У середовищі E20 переважав зразок G68 'AC Alma' (CAN), хоча на полігональній фігурі його розміщення було на лінії без яскраво вираженого кута. Слід виокремити зразок G66 'AC Westech' (CAN), який розмістився на вершині кута утвореного на лінії, що розмежовує мегасередовище E18–E19 і середовище E20. Таким чином, він мав досить високий



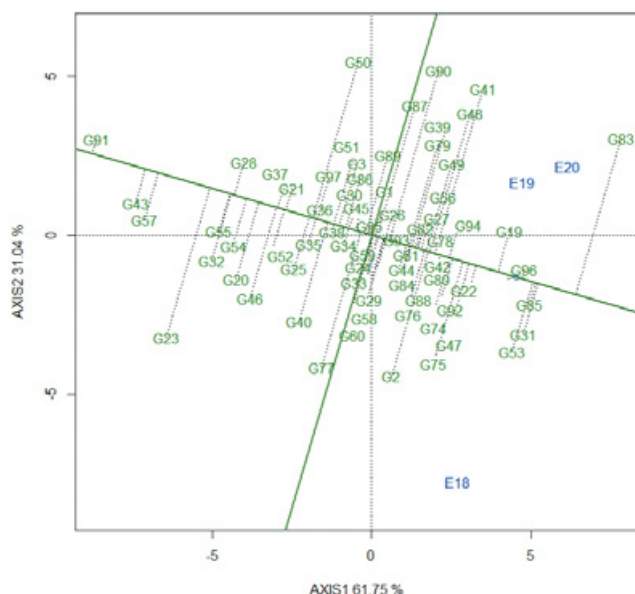
а – диференціальна здатність і репрезентативність



б – хто де переміг



в – ранжування відносно ідеального генотипу



г – рівень прояву та стабільність

Рис. 3. GGE biplot аналіз кількості зерен у колосі колекційних зразків ячменю ярого дворядного плівчастого (об'єднані Групи I–IV), 2018–2020 рр.

рівень прояву ознаки в обох цих секторах. Ранжирування відносно «ідеального» генотипу вказує, що найбільш оптимальне поєднання рівня прояву ознаки було у зразків G66 'AC Westech' (CAN) і G68 'AC Alma' (CAN). Зразок G62 'Омский 99' (RUS), хоча й мав високе середнє значення ознаки, однак внаслідок гірших показників відносно інших зразків у E20, був значно віддаленим від центру центричних кіл.

Слід підкреслити, що важливим практичним результатом проведених досліджень на наш погляд є виділені зразки походженням з Канади. Значна географічна віддаленість і інші кліматичні та едафічні умови місця їх створення дають можливість передбачати їх

як носії більш відмінної генетичної плазми, порівняно із зразками з Євразійського континенту, що сприятиме розширенню генетичної основи створюваних сортів.

На основі проведеного дослідження можна також узагальнити, що GGE biplot диференціює та характеризує зразки з урахуванням рівня прояву ознаки за роками (середовищами) для усієї дослідженої вибірки індивідів. Тому поєднання такого графічного аналізу і вище охарактеризованих статистичних показників, які характеризують окремі зразки незалежно від особливостей варіабельності загальної вибірки, дає можливість під різними кутами характеризувати таке складне явище, як взаємодія гено-

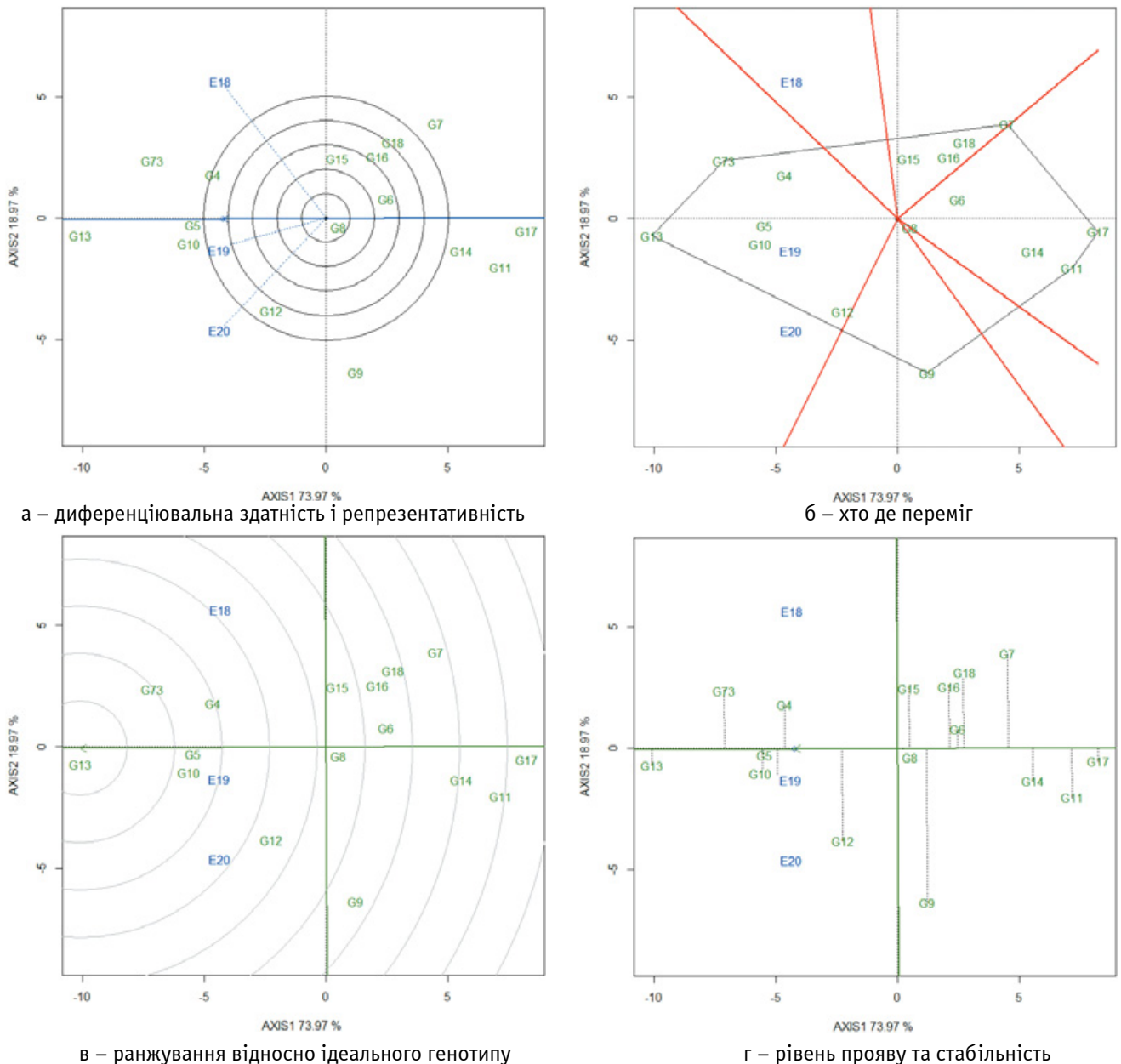


Рис. 4. GGE biplot аналіз кількості зерен у колосі колекційних зразків ячменю ярого дворядного голозерного (Група V), 2018–2020 рр.

тип – середовище та більш достовірно виділяти зразки з поєднанням величини прояву ознаки та її стабільності. Беззаперечною перевагою графічних моделей залишається можливість одночасної наочної характеристики відносно великої вибірки генотипів, що досить громіздко виглядає у табличному форматі.

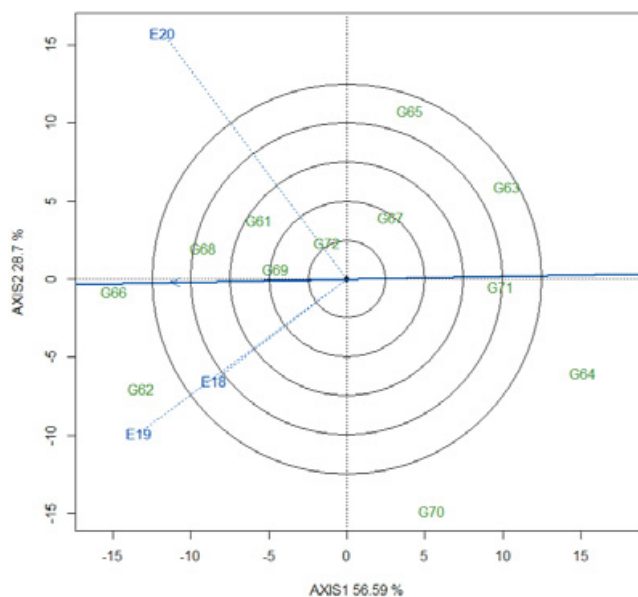
Враховуючи вище розглянуту суттєву залежність рівня прояву ознаки від умов вирощування для встановлення частки генетичної обумовленості в загальній фенотиповій мінливості визначено коефіцієнти фенотипової (PCV) і генотипової (GCV) варіацій, успадкованості (H^2), очікуваного генетичного поліпшення (GA) і генетичного поліп-

шення вираженого у відсотках до середнього значення ознаки (GAM) у загальному для кожної з шести досліджених груп зразків (табл. 3).

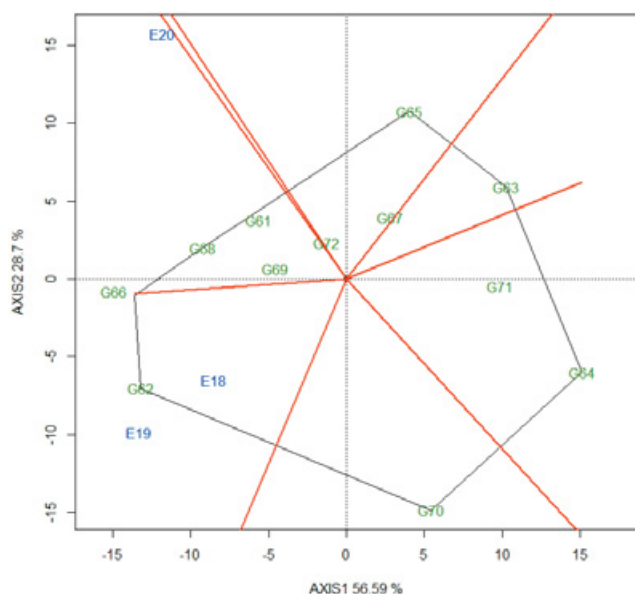
Таблиця 3

Фенотипове і генотипове варіювання, успадкованість та очікуване генетичне поліпшення за кількістю зерен у колосі ячменю ярого

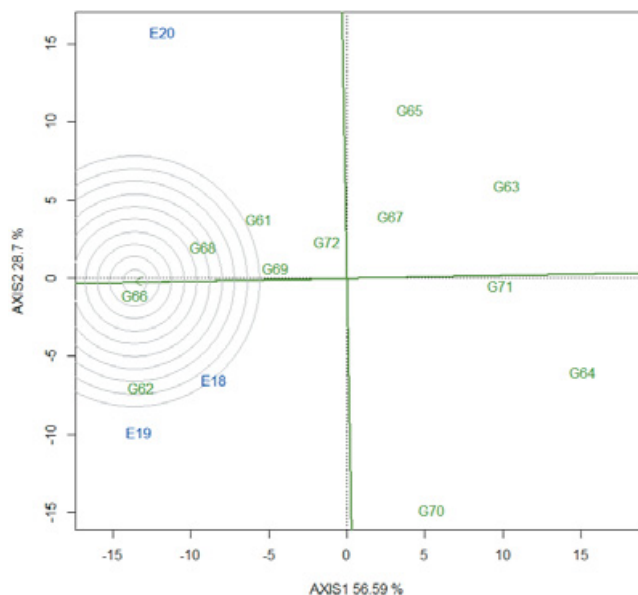
Група зразків	PCV, %	GCV, %	H^2	GA, шт.	GAM, %
Група I	9,6	7,93	68,3	2,92	13,50
Група II	9,7	8,25	72,5	3,30	14,47
Група III	11,0	9,78	79,4	3,84	17,95
Група IV	10,7	8,87	68,9	3,25	15,17
Група V	15,5	13,28	73,9	5,24	23,51
Група VI	18,9	10,95	33,7	5,30	13,10



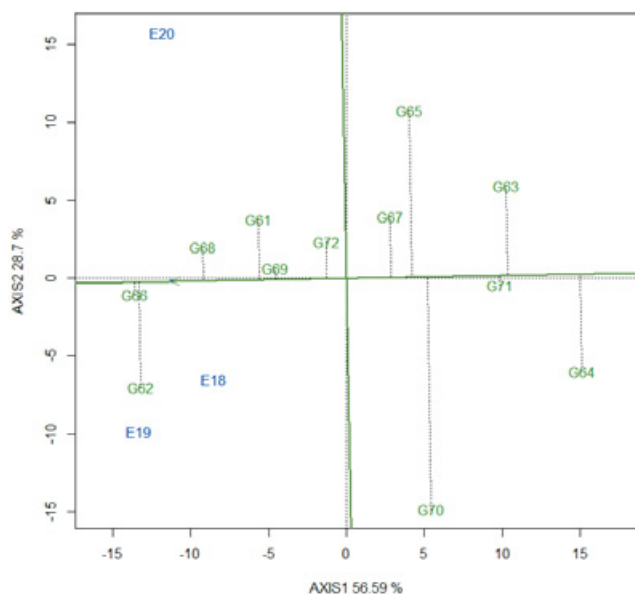
а – диференціальна здатність і репрезентативність



б – хто де переміг



в – ранжування відносно ідеального генотипу



г – рівень прояву та стабільність

Рис. 5. GGE biplot аналіз кількості зерен у колосі колекційних зразків ячменю ярого шестирядного плівчастого (Група VI), 2018–2020рр.

Відповідно до загальноприйнятої градації, коефіцієнт фенотипової варіації мав низьке значення у Групах I (PCV = 9,60%) та II (PCV = 9,7%). У решті груп він був середнім, з максимальним значенням у Групі VI (PCV = 18,9%). Коефіцієнт генотипової варіації був низьким у Групах I (GCV = 7,93%), II (GCV = 8,25%) і IV (GCV = 8,87%), наближався до високого в Групі III (GCV = 9,78%). Високе значення даного коефіцієнта було в Групі VI (GCV = 10,95%), і найбільшим в Групі V (GCV = 13,28%). Коефіцієнт успадкованості для Груп I–V був високим, з максимальним значенням для Групи III ($H^2 = 79,4\%$). У Групі VI він наближався до низького ($H^2 = 33,7\%$).

Показники генетичного поліпшення (GA) та генетичного поліпшення вираженого у відсотках до середнього значення ознаки (GAM) дають змогу прогнозувати ефективність використання досліджених генотипів для поліпшення відповідних ознак. Виходячи з отриманих значень показника генетичного поліпшення можна очікувати збільшення кількості зерен у колосі дворядного плівчастого ячменю (Групи I–IV) від GA = 2,92 до GA = 3,25 зерен, що у відсотках до середнього рівня прояву ознаки для різних груп становить, відповідно, від GAM = 13,5% у Групі I до GAM = 17,95% у Групі III. Для голозерних зразків (Група VI) збільшення кількості зерен у колосі можливе на GA = 5,24 шт., що

у відсотках до середнього значення ознаки становить майже четверту частину ($GAM = 23,51\%$) і відповідає високому значенню параметра. Для шестирядних зразків, не зважаючи на найбільше значення серед досліджених груп показника генотипової варіації, унаслідок низького коефіцієнту успадкованості, можливо отримати збільшення ознаки $GA = 5,30$ шт., що за відсотковим показником ($GAM = 13,10\%$) відповідає середньому рівню і є найнижчим значенням серед усіх досліджених груп зразків.

Висновки

У результаті проведених досліджень виявлено сильну зміну рівня прояву кількості зерен у колосі ячменю ярого залежно від умов року і груп досліджених зразків різних підвидів і різновидностей та географічного походження. Дисперсійний аналіз АММІ моделі виявив достовірно високі частки внеску усіх складових загальної фенотипової варіації з певними відмінностями у межах груп досліджених зразків. Умови років досліджень впливали на прояв ознаки у межах $33,8\text{--}40,2\%$, рівень перехресної взаємодії генотипу і середовища становив $17,3\text{--}29,3\%$. У той же час, виявлено і достовірно високий внесок у варіацію генотипу ($35,2\text{--}48,9\%$), що вказує на можливість виокремлення з дослідженої вибірки зразків з різними рівнями прояву ознаки та її стабільності.

За показниками гомеостатичності і селекційної цінності та візуалізаціями GGE biplot виділено колекційні зразки ячменю ярого які поєднують підвищену озерненість та її відносну стабільність за роками: дворядні плівчасті – ‘Тівер’ (UKR), ‘Almonte’ (CAN), ‘Despina’ (DEU), ‘Сымбат’ (KAZ), ‘Смарагд’ (UKR), ‘Новатор’ (UKR); дворядні голозерні – ‘CDC Candle’ (CAN) і ‘Millhouse’ (CAN), багаторядні плівчасті – ‘AC Westech’ (CAN) і ‘AC Alma’ (CAN). Встановлено, що у досліджених зразків можна очікувати генетичне поліпшення від середнього рівня ($GAM = 13,1\%$) у багаторядних зразків до високого ($GAM = 23,51\%$) у голозерних. Перспективою подальших досліджень є залучення виділених зразків для створення нового вихідного матеріалу та встановлення особливостей успадкування кількості зерен у колосі, а також виявлення взаємозв’язків цієї ознаки з іншими структурними елементами врожайності.

Використана література

1. Narwal S., Kumar D., Sheoran S. et al. Hullless barley as a promising source to improve the nutritional quality of wheat

- products. *J. Food Sci. Technol.* 2017. Vol. 54, Iss. 9. P. 2638–2644. doi: 10.1007/s13197-017-2669-6
2. Лінчевський А. А. Ячмінь – джерело здорового способу життя сучасної людини. *Вісн. аграр. науки.* 2017. № 12. С. 14–21. doi: 10.31073/agrovysnyk201712-03.
3. Shaveta S., Kaur H., Kaur S. Hullless barley: a new era of research for food purposes. *J. Cereal Res.* 2019. Vol. 11, Iss. 2. P. 114–124. doi: 10.25174/2249-4065/2019/83719
4. Habschied K., Lalić A., Krstanić V. et al. Comprehensive comparative study of the malting qualities of winter hull-less and hulled barley (2016–2019). *Fermentation.* 2021. Vol. 7, Iss. 1. Article 8. doi: 10.3390/fermentation7010008.
5. Tsige T., Shiferaw T., Gezahegn S., Taye K. Assessment of malt barley genotypes for grain yield and malting quality traits in the central highlands of Ethiopia. *J. Biol. Agric. Health.* 2020. Vol. 10, Iss. 20. doi: 10.7176/JBAH/10-20-01
6. Li Z., Lhundrup N., Guo G. et al. Characterization of genetic diversity and genome-wide association mapping of three agronomic traits in qingke barley (*Hordeum vulgare* L.) in the Qinghai-Tibet Plateau. *Front. Genet.* 2020. Vol. 11. Article 638. doi: 10.3389/fgene.2020.00638
7. Guo X., Sarup P., Jensen J. D. et al. Genetic variance of metabolomic features and their relationship with malting quality traits in spring barley. *Front. Plant Sci.* 2020. Vol. 11. Article 575467. doi: 10.3389/fpls.2020.575467
8. Riaz A., Kanwal F., Börner A. Advances in genomics-based breeding of barley: molecular tools and genomic databases. *Agronomy.* 2021. Vol. 11, Iss. 5. Article 894. doi: 10.3390/agronomy11050894
9. Laidig F., Piepo H.-P., Rentel D. et al. Breeding progress, genotypic and environmental variation and correlation of quality traits in malting barley in German official variety trials between 1983 and 2015. *Theor. Appl. Genet.* 2017. Vol. 130, Iss. 11. P. 2411–2429. doi: 10.1007/s00122-017-2967-4
10. Mastanjević K., Lenart L., Šimić G. et al. Malting quality indicators of Croatian dual-purpose barley varieties. *Croatian J. Food Sci. Technol.* 2017. Vol. 9, Iss. 2. P. 145–151. doi: 10.17508/CJFST.2017.9.2.09
11. Assefa A., Girmay G., Alemayehu T., Lakew A. Performance evaluation and stability analysis of malt barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties for yield and quality traits in Eastern Amhara, Ethiopia. *CABI Agriculture and Bioscience.* 2021. Vol. 2. Article 31. doi: 10.1186/s43170-021-00051-w
12. Govindaraj M., Vetriventhan M., Srinivasan M. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Gen. Res. Int.* 2015. Article 431487. doi: 10.1155/2015/431487
13. Nice L. M., Steffenson B. J., Blake T. et al. Mapping agronomic traits in a wild barley advanced backcross-nested association mapping population. *Crop Sci.* 2017. Vol. 57, Iss. 3. P. 1199–1210. doi: 10.2135/cropsci2016.10.0850
14. Yadav R. K., Gautam S., Palikhey E. Agro-morphological diversity of Nepalese naked barley landraces. *Agriculture & Food Secur.* 2018. Vol. 7. Article 86. doi: 10.1186/s40066-018-0238-5
15. Dyulgerova B., Dyulgerov N. Grain yield and yield related traits of sodium azide induced barley mutant lines. *J. Central Europ. Agric.* 2020. Vol. 21, Iss. 1. P. 83–91. doi: 10.5513/JCEA01/21.1.2419
16. Nadolska-Orczyk A., Rajchel I. K., Orczyk W., Gasparis S. Major genes determining yield-related traits in wheat and barley. *Theor. Appl. Genet.* 2017. Vol. 130, Iss. 6. P. 1081–1098. doi: 10.1007/s00122-017-2880-x
17. Rodrigues O., Minella E., Costenaro E. R. Genetic improvement of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Brazil: yield increase and associated traits. *Agric. Sci.* 2020. Vol. 11. P. 425–438. doi: 10.4236/as.2020.114025
18. Alqudah A. M., Koppolu R., Wolde G. M. et al. The genetic architecture of barley plant stature. *Front. Genet.* 2016. Vol. 7. Article 117. doi: 10.3389/fgene.2016.00117

19. Демидов О. А., Гудзенко В. М., Васильківський С. П. та ін. Рівень прояву та кореляція врожайності, морфологічних ознак і елементів структури врожаю ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Varieties Studying and Protection*. 2017. Т. 3, № 2. С. 190–197. doi: 10.21498/2518-1017.13.2.2017.105413
20. Swati S., Tiwari K. C., Jaiswal J. P. et al. Genetic architecture of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for grain yield and yield attributing traits. *Wheat Barley Res.* 2018. Vol. 10, Iss. 3. P. 179–184. doi: 10.25174/2249-4065/2018/83148
21. Marzougui S., Chargui A. Estimation of correlation, regression and heritability among barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. *J. New Sci. Agric. Biotech.* 2018. Vol. 60, Iss. 2. P. 3838–3843.
22. Hu X., Zuo J., Wang J. et al. Multi-locus genome-wide association studies for 14 main agronomic traits in barley. *Front. Plant Sci.* 2018. Vol. 9. Article 1683. doi: 10.3389/fpls.2018.01683
23. Matin M. Q. I., Amiruzzaman M., Billah Md. M. et al. Genetic variability and path analysis studies in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.* 2019. Vol. 7, Iss. 2. P. 243–247. doi: 10.3126/ijasbt.v7i2.24635
24. Haaning, A. M., Smith, K. P., Brown-Guedira, G. L. et al. Natural genetic variation underlying tiller development in barley (*Hordeum vulgare* L.). *G3 Genes, Genomes, Genetics*. 2020. Vol. 10, Iss. 4. P. 1197–1212. doi: 10.1534/g3.119.400612
25. Bai Y., Zhao X., Yao X. et al. Genome wide association study of plant height and tiller number in hulless barley. *PLoS ONE*. 2021. Vol. 16, Iss. 12. Article e0260723. doi: 10.1371/journal.pone.0260723
26. Hudzenko V., Polishchuk T., Babii O., Demydov O. Evaluation of breeding improvement for spring barley varieties in terms of yield and yield-related traits. *Agric. & Forest.* 2021. Vol. 67, Iss. 1. P. 151–161. doi: 10.17707/AgricultForest.61.1.13
27. Miroslavljević M., Momčilović V., Mikić S. et al. Breeding progress in grain filling and grain yield components of six-rowed winter barley. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2020. Vol. 107, Iss. 3. P. 271–278. doi: 10.13080/z-a.2020.107.035
28. Wang Q., Sun G., Ren X. et al. Dissecting the genetic basis of grain size and weight in barley (*Hordeum vulgare* L.) by QTL and comparative genetic analyses. *Front. Plant Sci.* 2019. Vol. 10. Article 469. doi: 10.3389/fpls.2019.00469.
29. Wang J., Wu X., Yue W. et al. Identification of QTL for barley grain size. *PeerJ*. 2021. Vol. 9. Article e11287. doi: 10.7717/peerj.11287
30. Youssef H. M., Allam M., Boussora F. et al. Dissecting the genetic basis of lateral and central spikelet development and grain traits in *intermedium*-spike barley (*Hordeum vulgare* convar. *intermedium*). *Plants*. 2020. Vol. 9, Iss. 12. Article 1655. doi: 10.3390/plants9121655
31. Sayed M. A., Allam M., Heck Q. K. et al. Analyses of MADS-box genes suggest HvMADS56 to regulate lateral spikelet development in barley. *Plants*. 2021. Vol. 10, Iss. 12. Article 2825. doi: 10.3390/plants10122825
32. van Esse G. W., Walla A., Finke A. et al. Six-rowed spike3 (VRS3) is a histone demethylase that controls lateral spikelet development in barley. *Plant Physiol.* 2017. Vol. 174, Iss. 4. P. 2397–2408. doi: 10.1104/pp.17.00108
33. Liller C. B., Neuhaus R., von Korff M. et al. Mutations in barley row type genes have pleiotropic effects on shoot branching. *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10, Iss. 10. Article e0140246. doi: 10.1371/journal.pone.0140246
34. Zwirk M., Waugh R., McKim S. M. Interaction between row-type genes in barley controls meristem determinacy and reveals novel routes to improved grain. *New Phytol.* 2019. Vol. 221, Iss. 4. P. 1950–1965. doi: 10.1111/nph.15548
35. Tamm Y., Jansone I., Zute S., Jakobsone I. Genetic and environmental variation of barley characteristics and the potential of local origin genotypes for food production. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B*. 2015. Vol. 69, Iss. 4. P. 163–169.
36. Abdel-Moneam M. A., Leilah A. A. A. Combining ability for yield and its attributes in barley under stressed and non-stressed nitrogen fertilization environments. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 2018. Vol. 5, Iss. 3. P. 37–50. doi: 10.22192/ijarbs.2018.05.03.006
37. Tanaka R., Nakano H. Barley yield response to nitrogen application under different weather conditions. *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9. Article 8477. doi: 10.1038/s41598-019-44876-y
38. Bauer B., von Wirén N. Modulating tiller formation in cereal crops by the signalling function of fertilizer nitrogen forms. *Sci. Rep.* 2020. Vol. 10. Article 20504. doi: 10.1038/s41598-020-77467-3
39. Al-Tawaha A. R. M., Jahan N., Odat N. et al. Growth, yield and biochemical responses in barley to DAP and chitosan application under water stress. *J. Ecol. Eng.* 2020. Vol. 21, Iss. 6. P. 86–93. doi: 10.12911/22998993/123251
40. Rajala A., Hakala K., Mäkelä P., Peltonen-Sainio P. Drought effect on grain number and grain weight at spike and spikelet level in six-row spring barley. *J. Agron. Crop Sci.* 2011. Vol. 197, Iss. 2. P. 103–112. doi: 10.1111/j.1439-037X.2010.00449.x
41. Koprna R., Humplik J. F., Špišek Z. et al. Improvement of tillering and grain yield by application of cytokinin derivatives in wheat and barley. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, Iss. 1. Article 67. doi: 10.3390/agronomy11010067
42. Ye L., Wang Y., Long L. et al. A trypsin family protein gene controls tillering and leaf shape in barley. *Plant Physiol.* 2019. Vol. 181, Iss. 2. P. 701–713. doi: 10.1104/pp.19.00717
43. Wang H., Chen W., Eggert K. et al. Abscissic acid influences tillering by modulation of strigolactones in barley. *J. Exp. Bot.* 2018. Vol. 69, Iss. 16. P. 3883–3898. doi: 10.1093/jxb/ery200
44. Youssef H. M., Hansson M. Crosstalk among hormones in barley spike contributes to the yield. *Plant Cell Rep.* 2019. Vol. 38. P. 1013–1016. doi: 10.1007/s00299-019-02430-0
45. Mehari M., Alamerew S., Lakew B. Genotype × environment interaction and yield stability of malt barley genotypes evaluated in Tigray, Ethiopia using the AMMI analysis. *Asian J. Plant Sci.* 2014. Vol. 13, Iss. 2. P. 73–79. doi: 10.3923/ajps.2014.73.79
46. Kiliç H. Additive main effects and multiplicative interactions (AMMI) analysis of grain yield in barley genotypes across environments. *J. Agr. Sci.* 2014. Vol. 20, Iss. 4. P. 337–344. doi: 10.15832/tbd.44431
47. Verma A., Singh J., Kumar V. et al. Non parametric analysis in multi environmental trials of feed barley genotypes. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2017. Vol. 6, Iss. 6. P. 1201–1210. doi: 10.20546/ijcmas.2017.606.139
48. Verma A., Kumar V., Kharab A. S., Singh G. P. AMMI model to estimate G × E for grain yield of dual purpose barley genotypes. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 2019. Vol. 8, Iss. 5. P. 1–7. doi: 10.20546/ijcmas.2019.805.001
49. Bocianowski J., Warzecha T., Nowosad K., Bathelt R. Genotype by environment interaction using AMMI model and estimation of additive and epistasis gene effects for 1000-kernel weight in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Appl. Genetics*. 2019. Vol. 60. P. 127–135. doi: 10.1007/s13353-019-00490-2
50. Yadav S. K., Singh A. K., Pandey P., Singh S. Genetic variability and direct selection criterion for seed yield in segregating generations of barley (*Hordeum vulgare* L.). *American J. Plant Sci.* 2015. Vol. 6. P. 1543–1549. doi: 10.4236/ajps.2015.69153
51. Ahmadi J., Vaezi B., Pour-Aboughadareh A. Analysis of variability, heritability, and interrelationships among grain yield and related characters in barley advanced lines. *Genetika*. 2016. Vol. 48, Iss. 1. P. 73–85. doi: 10.2298/GENSR1601073A
52. Malik P., Singh S. K., Singh L. et al. Studies on genetic heritability and genetic advance for seed yield and its component in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Int. J. Pure Appl. Biosci.* 2018. Vol. 6, Iss. 6. P. 810–813. doi: 10.18782/2320-7051.7207
53. Dinsa T., Mekbib F., Letta T. Genetic variability, heritability and genetic advance of yield and yield related traits of food barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Mid Rift valley of Ethiopia. *Adv. Crop Sci. Tech.* 2018. Vol. 6, Iss. 5. Article 1000401. doi: 10.4172/2329-8863.1000401

54. Jalata Z., Mekbib F., Lakew B., Ahmed S. Gene action and combining ability test for some agro-morphological traits in barley. *J. Appl. Sci.* 2019. Vol. 19, Iss. 2. P. 88–95. doi: 10.3923/jas.2019.88.95
55. Ali M. B., Sayed M. A. Stability analyses and heritability of a doubled haploid population of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Egypt. J. Agron.* 2019. Vol. 41, Iss. 1. P. 47–58. doi: 10.21608/agro.2019.5512.1116
56. Sayd R. M., Amabile R. F., Faleiro F. G. et al. Genetic parameters and agronomic characterization of elite barley accessions under irrigation in the Cerrado. *Acta Scientiarum. Agronomy.* 2019. Vol. 41, Iss. 1. Article e42630. doi: 10.4025/actasciagron.v41i1.42630
57. Katiyar A., Sharma A., Singh S. et al. A study on genetic variability and heritability in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Int. J. Cur. Microbiol. Appl. Sci.* 2020. Vol. 9, Iss. 10. P. 243–247. doi: 10.20546/ijcmas.2020.910.031
58. Negash G., Lule D., Jalata Z. Estimation of genetic variability, heritability and genetic advance among Ethiopian food barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces for yield and yield related traits. *Int. J. Agric. Agric. Sci.* 2021. Vol. 6, Iss. 3. P. 185–192.
59. Hudzenko V. M., Demydov O. A., Polishchuk T. P. et al. Comprehensive evaluation of spring barley yield and tolerance to abiotic and biotic stresses. *Ukrainian J. Ecol.* 2021. Vol. 11, Iss. 8. P. 48–55. doi: 10.15421/2021_267
60. Burton G. W., Devane E. H. Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy J.* 1953. Vol. 45, Iss. 10. P. 478–481.
61. Johnson H. W., Robinson H. F., Comstock R. E. Genotypic and phenotypic correlation in soybean and their implication in selection. *Agronomy J.* 1955. Vol. 47, Iss. 10. P. 477–483.
62. Allard R. W. *Principles of Plant Breeding*. New York : John Wiley and Sons, 1960. 485 p.
63. Falconer D. S. *Introduction to Quantitative Genetics*. 3rd ed. New York : John Wiley and Sons, 1989. 438 p.
64. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. *Научно-техн. бюл. ВСГИ*. 1981. Вып. 1. С. 8–14.
65. Yan W., Tinker N.A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 2006. Vol. 86, Iss. 3. P. 623–645. doi: 10.4141/P05-169
66. Hongyu K., Garcia-Pena M., de Araujo L. B., dos Santos Dias C. T. Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype × environment interaction. *Biom. Lett.* 2014. Vol. 51, Iss. 2. P. 89–102. doi: 10.2478/bile-2014-0007
67. Frutos E., Galindo M. P., Leiva V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stoch. Environ. Res. Risk. Assess.* 2014. Vol. 28, Iss. 7. P. 1629–1641. doi: 10.1007/s00477-013-0821-z
68. Гудзенко В. М., Поліщук Т. П., Бабій О. О. та ін. Комплексне оцінювання селекційних ліній ячменю ярого за врожайністю, стабільністю та стійкістю до біо- та абіотичних чинників в умовах центральної частини Лісостепу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2021. Т. 17, № 1. С. 30–42. doi: 10.21498/2518-1017.17.1.2021.228206
- barley (2016–2019). *Fermentation*, 7(1), 8. doi: 10.3390/fermentation7010008
5. Tsige, T., Shiferaw, T., Gezahegn, S., & Taye, K. (2020). Assessment of malt barley genotypes for grain yield and malting quality traits in the central highlands of Ethiopia. *J. Biol., Agric. Health.*, 10(20). doi: 10.7176/JBAH/10-20-01
6. Li, Z., Lhundrup, N., Guo, G., Dol, K., Chen, P., Gao, L., ... Li, H. (2020). Characterization of genetic diversity and genome-wide association mapping of three agronomic traits in qingke barley (*Hordeum vulgare* L.) in the Qinghai-Tibet Plateau. *Front. Genet.*, 11, 638. doi: 10.3389/fgene.2020.00638
7. Guo, X., Sarup, P., Jensen, J. D., Orabi, J., Kristensen, N. H., Mulder, F. A. A., ... Jensen, J. (2020). Genetic variance of metabolomic features and their relationship with malting quality traits in spring barley. *Front. Plant Sci.*, 11, 575467. doi: 10.3389/fpls.2020.575467
8. Riaz, A., Kanwal, F., & Börner, A. (2021). Advances in genomics-based breeding of barley: molecular tools and genomic databases. *Agronomy*, 11(5), 894. doi: 10.3390/agronomy11050894
9. Laidig, F., Piepo, H.-P., Rentel, D., & Meyer, U. (2017). Breeding progress, genotypic and environmental variation and correlation of quality traits in malting barley in German official variety trials between 1983 and 2015. *Theor. Appl. Genet.*, 130(11), 2411–2429. doi: 10.1007/s00122-017-2967-4
10. Mastanjević, K., Lenart, L., Šimić, G., Lalić, A., & Krstanović, V. (2017). Malting quality indicators of Croatian dual-purpose barley varieties. *Croatian J. Food Sci. Technol.*, 9(2), 145–151. doi: 10.17508/CJFST.2017.9.2.09
11. Assefa, A., Girmay, G., Alemayehu, T., & Lakew, A. (2021). Performance evaluation and stability analysis of malt barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties for yield and quality traits in Eastern Amhara, Ethiopia. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2, 31. doi: 10.1186/s43170-021-00051-w
12. Govindaraj, M., Vetriventhan, M., & Srinivasan, M. (2015). Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Gen. Res. Int.*, 431487. doi: 10.1155/2015/431487
13. Nice, L. M., Steffenson, B. J., Blake, T., Horsley, R., Smith, K., & Muehlbauer, G. J. (2017). Mapping agronomic traits in a wild barley advanced backcross–nested association mapping population. *Crop Sci.*, 57(3), 1199–1210. doi: 10.2135/cropsci2016.10.0850
14. Yadav, R. K., Gautam, S., & Palikhey, E. (2018). Agro-morphological diversity of Nepalese naked barley landraces. *Agriculture & Food Secur.*, 7, 86. doi: 10.1186/s40066-018-0238-5
15. Dyulgerova, B., & Dyulgerov, N. (2020). Grain yield and yield related traits of sodium azide induced barley mutant lines. *J. Central Europ. Agric.*, 21(1), 83–91. doi: 10.5513/JCEA01/21.1.2419
16. Nadolska-Orczyk, A., Rajchel, I. K., Orczyk W., & Gasparis S. (2017). Major genes determining yield-related traits in wheat and barley. *Theor. Appl. Genet.*, 130(6), 1081–1098. doi: 10.1007/s00122-017-2880-x
17. Rodrigues, O., Minella, E., & Costenaro, E. R. (2020). Genetic improvement of barley (*Hordeum vulgare* L.) in Brazil: yield increase and associated traits. *Agric. Sci.*, 11, 425–438. doi: 10.4236/as.2020.114025
18. Alqudah, A. M., Koppolu, R., Wolde, G. M., Graner, A., & Schnurbusch, T. (2016). The genetic architecture of barley plant stature. *Front. Genet.*, 7, 117. doi: 10.3389/fgene.2016.00117
19. Demydov, O. A., Hudzenko, V. M., Vasylyukivskyi, S. P., Melnyk, S. I., & Ukrainets, S. L. (2017). Expression level and correlation between yielding capacity, morphological characters and yield components in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Var. Stud. Prot.*, 13(2), 190–197. doi: 10.21498/2518-1017.13.2.2017.105413 [in Ukrainian]
20. Swati, S., Tiwari, K. C., Jaiswal, J. P., Kumar, A., & Goel, P. (2018). Genetic architecture of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for grain yield and yield attributing traits. *Wheat Barley Res.*, 10(3), 179–184. doi: 10.25174/2249-4065/2018/83148

References

1. Narwal, S., Kumar, D., Sheoran, S., Verma, R. P. S., & Gupta, R. K. (2017). Hullless barley as a promising source to improve the nutritional quality of wheat products. *J. Food Sci. Technol.*, 54(9), 2638–2644. doi: 10.1007/s13197-017-2669-6
2. Linchevskiy, A. A. (2017). Barley is the source of healthy lifestyle for modern men. *Visn. agrar. nauki* [Bull. Agric. Sci.], 12, 14–21. doi: 10.31073/agrovisnyk201712-03 [in Ukrainian]
3. Shaveta, S., Kaur, H., & Kaur S. (2019). Hullless barley: a new era of research for food purposes. *J. Cereal Res.*, 11(2), 114–124. doi: 10.25174/2249-4065/2019/83719
4. Habschied, K., Lalić, A., Krstanović, V., Dvojković, K., Abičić, I., Šimić, G., & Mastanjević, K. (2021). Comprehensive comparative study of the malting qualities of winter hull-less and hulled

21. Marzougui, S. & Chargui, A. (2018). Estimation of correlation, regression and heritability among barley (*Hordeum vulgare* L.) accessions. *J. New Sci., Agric. Biotech.*, 60(2), 3838–3843.
22. Hu, X., Zuo, J., Wang, J., Liu, L., Sun, G., Li, C., ... Sun, D. (2018). Multi-locus genome-wide association studies for 14 main agronomic traits in barley. *Front. Plant Sci.*, 9, 1683. doi: 10.3389/fpls.2018.01683
23. Matin, M. Q. I., Amiruzzaman, M., Billah, Md. M., Banu, M. B., Naher, N., & Choudhury, D. A. (2019). Genetic variability and path analysis studies in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Int. J. Appl. Sci. Biotechnol.*, 7(2), 243–247. doi: 10.3126/ijasbt.v7i2.24635
24. Haaning, A. M., Smith, K. P., Brown-Guedira, G. L., Chao, S., Tyagi, P., & Muehlbauer, G. J. (2020). Natural genetic variation underlying tiller development in barley (*Hordeum vulgare* L.). *G3 Genes, Genomes, Genetics*, 10(4), 1197–1212. doi: 10.1534/g3.119.400612
25. Bai, Y., Zhao, X., Yao, X., Yao, Y., An, L., Li, X., ... Wang, Z. (2021). Genome wide association study of plant height and tiller number in hulless barley. *PLoS ONE*, 16(12), e0260723. doi: 10.1371/journal.pone.0260723
26. Hudzenko, V., Polishchuk, T., Babii, O., & Demydov, O. (2021). Evaluation of breeding improvement for spring barley varieties in terms of yield and yield-related traits. *Agric. Forest.*, 67(1), 151–161. doi: 10.17707/AgricForest.61.1.13
27. Miroslavljević, M., Momčilović, V., Mikić, S., Abičić, I., & Pržulj, N. (2020). Breeding progress in grain filling and grain yield components of six-rowed winter barley. *Zemdirbyste-Agriculture*, 107(3), 271–278. doi: 10.13080/z-a.2020.107.035
28. Wang, Q., Sun, G., Ren, X., Du, B., Cheng, Y., Wang, Y., ... Sun, D. (2019). Dissecting the genetic basis of grain size and weight in barley (*Hordeum vulgare* L.) by QTL and comparative genetic analyses. *Front. Plant Sci.*, 10, 469. doi: 10.3389/fpls.2019.00469
29. Wang, J., Wu, X., Yue, W., Zhao, C., Yang, J., & Zhou, M. (2021). Identification of QTL for barley grain size. *Peer J.*, 9, e11287. doi: 10.7717/peerj.11287
30. Youssef, H. M., Allam, M., Boussora, F., Himmelbach, A., Milner, S. G., Mascher, M., & Schnurbusch, T. (2020). Dissecting the genetic basis of lateral and central spikelet development and grain traits in *intermedium*-spike barley (*Hordeum vulgare* convar. *intermedium*). *Plants*, 9(12), 1655. doi: 10.3390/plants9121655
31. Sayed, M.A., Allam, M., Heck, Q. K., Urbanavičiūtė, I., Rutten, T., Stuart, D., ... Youssef, H. M. (2021). Analyses of MADS-box genes suggest HvMADS56 to regulate lateral spikelet development in barley. *Plants*, 10(12), 2825. doi: 10.3390/plants10122825
32. van Esse, G. W., Walla, A., Finke, A., Koornneef, M., Pecinka, A., & von Korff, M. (2017). Six-rowed spike3 (VRS3) is a histone demethylase that controls lateral spikelet development in barley. *Plant Physiol.*, 174(4), 2397–2408. doi: 10.1104/pp.17.00108
33. Liller, C. B., Neuhaus, R., von Korff, M., Koornneef, M., & van Esse, W. (2015). Mutations in barley row type genes have pleiotropic effects on shoot branching. *PLoS ONE*, 10(10), e0140246. doi: 10.1371/journal.pone.0140246
34. Zwirek, M., Waugh, R., & McKim, S. M. (2019). Interaction between row-type genes in barley controls meristem determinacy and reveals novel routes to improved grain. *New Phytol.*, 221(4), 1950–1965. doi: 10.1111/nph.15548
35. Tamm, Y., Jansone, I., Zute, S., & Jakobsone, I. (2015). Genetic and environmental variation of barley characteristics and the potential of local origin genotypes for food production. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B*, 69(4), 163–169.
36. Abdel-Moneam, M. A., & Leilah, A. A. (2018). Combining ability for yield and its attributes in barley under stressed and non-stressed nitrogen fertilization environments. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.*, 5(3), 37–50. doi: 10.22192/ijarbs.2018.05.03.006
37. Tanaka, R., & Nakano, H. (2019). Barley yield response to nitrogen application under different weather conditions. *Sci. Rep.*, 9, 8477. doi: 10.1038/s41598-019-44876-y
38. Bauer, B., & von Wirén, N. (2020). Modulating tiller formation in cereal crops by the signalling function of fertilizer nitrogen forms. *Sci. Rep.*, 10, 20504. doi: 10.1038/s41598-020-77467-3
39. Al-Tawaha, A. R. M., Jahan, N., Odat, N., Al-Ramamneh, E. A.-D., Al-Tawaha, A. R., Abu-Zaitoon, Y. M., ... Khanum, S. (2020). Growth, yield and biochemical responses in barley to DAP and chitosan application under water stress. *J. Ecol. Eng.*, 21(6), 86–93. doi: 10.12911/22998993/123251
40. Rajala, A., Hakala, K., Mäkelä, P., & Peltonen-Sainio, P. (2011). Drought effect on grain number and grain weight at spike and spikelet level in six-row spring barley. *J. Agron. Crop Sci.*, 197(2), 103–112. doi: 10.1111/j.1439-037X.2010.00449.x
41. Koprna, R., Humplík, J. F., Špišák, Z., Bryksová, M., Zatloukal, M., Mik, V., ... Doležal, K. (2021). Improvement of tillering and grain yield by application of cytokinin derivatives in wheat and barley. *Agronomy*, 11(1), 67. doi: 10.3390/agronomy11010067
42. Ye, L., Wang, Y., Long, L., Luo, H., Shen, Q., Broughton, S., ... Zhang, G. (2019). A trypsin family protein gene controls tillering and leaf shape in barley. *Plant Physiol.*, 181(2), 701–713. doi: 10.1104/pp.19.00717
43. Wang, H., Chen, W., Eggert, K., Charnikhova, T., Bouwmeester, H., Schweizer, P., ... Kuhlmann, M. (2018). Absciscic acid influences tillering by modulation of strigolactones in barley. *J. Exp. Bot.*, 69(16), 3883–3898. doi: 10.1093/jxb/ery200
44. Youssef, H. M., & Hansson, M. (2019). Crosstalk among hormones in barley spike contributes to the yield. *Plant Cell Rep.*, 38, 1013–1016. doi: 10.1007/s00299-019-02430-0
45. Mehari, M., Alamerew, S., & Lakew, B. (2014). Genotype × environment interaction and yield stability of malt barley genotypes evaluated in Tigray, Ethiopia using the AMMI analysis. *Asian J. Plant Sci.*, 13(2), 73–79. doi: 10.3923/ajps.2014.73.79
46. Kiliç, H. (2014). Additive main effects and multiplicative interactions (AMMI) analysis of grain yield in barley genotypes across environments. *J. Agr. Sci.*, 20(4), 337–344. doi: 10.15832/tbd.44431
47. Verma, A., Singh, J., Kumar V., Kharab A. S., & Singh, G. P. (2017). Non parametric analysis in multi environmental trials of feed barley genotypes. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 6(6), 1201–1210. doi: 10.20546/ijcmas.2017.606.139
48. Verma A., Kumar V., Kharab A. S., & Singh, G. P. (2019). AMMI model to estimate G × E for grain yield of dual purpose barley genotypes. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 8(5), 1–7. doi: 10.20546/ijcmas.2019.805.001
49. Bocianowski, J., Warzecha, T., Nowosad, K., & Bathelt, R. (2019). Genotype by environment interaction using AMMI model and estimation of additive and epistasis gene effects for 1000-kernel weight in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Appl. Genetics*, 60, 127–135. doi: 10.1007/s13353-019-00490-2
50. Yadav, S. K., Singh, A. K., Pandey, P., & Singh, S. (2015). Genetic variability and direct selection criterion for seed yield in segregating generations of barley (*Hordeum vulgare* L.). *American J. Plant Sci.*, 6, 1543–1549. doi: 10.4236/ajps.2015.69153
51. Ahmadi, J., Vaezi, B., & Pour-Aboughadareh, A. (2016). Analysis of variability, heritability, and interrelationships among grain yield and related characters in barley advanced lines. *Genetika*, 48(1), 73–85. doi: 10.2298/GENSR1601073A
52. Malik, P., Singh, S. K., Singh, L., Gupta, P. K., Kumar, S., Yadav, R. K., ... Kumar, A. (2018). Studies on genetic heritability and genetic advance for seed yield and its component in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Int. J. Pure Appl. Biosci.*, 6(6), 810–813. doi: 10.18782/2320-7051.7207
53. Dinsa, T., Mekbib, F., & Letta, T. (2018). Genetic variability, heritability and genetic advance of yield and yield related traits of food barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Mid Rift valley of Ethiopia. *Adv. Crop Sci. Tech.*, 6(5), 1000401. doi: 10.4172/2329-8863.1000401
54. Jalata, Z., Mekbib, F., Lakew B., & Ahmed, S. (2019). Gene action and combining ability test for some agro-morphological traits in barley. *J. Appl. Sci.*, 19(2), 88–95. doi: 10.3923/jas.2019.88.95

55. Ali, M. B., & Sayed, M. A. (2019). Stability analyses and heritability of a doubled haploid population of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Egypt. J. Agron.*, 41(1), 47–58. doi: 10.21608/agro.2019.5512.1116
56. Sayd, R. M., Amabile, R. F., Faleiro, F. G., Costa, M. C., & Montalvo, A. P. L. (2019). Genetic parameters and agronomic characterization of elite barley accessions under irrigation in the Cerrado. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 41(1), e42630. doi: 10.4025/actasciagron.v41i1.42630
57. Katiyar, A., Sharma, A., Singh, S., Srivastava, A., & Vishwakarma, S. R. (2020). A study on genetic variability and heritability in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Int. J. Cur. Microbiol. Appl. Sci.*, 9(10), 243–247. doi: 10.20546/ijcmas.2020.910.031
58. Negash, G., Lule, D., & Jalata, Z. (2021). Estimation of genetic variability, heritability and genetic advance among Ethiopian food barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces for yield and yield related traits. *Int. J. Agric. Agric. Sci.*, 6(3), 185–192.
59. Hudzenko, V. M., Demydov, O. A., Polishchuk, T. P., Fedorenko, I. V., Lysenko, A. A., Fedorenko, M. V., ... Shevchenko T. V. (2021). Comprehensive evaluation of spring barley yield and tolerance to abiotic and biotic stresses. *Ukrainian J. Ecol.*, 11(8), 48–55. doi: 10.15421/2021_267
60. Burton, G. W., & Devane, E. H. (1953). Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy J.*, 45(10), 478–481.
61. Johnson, H. W., Robinson, H. F., & Comstock, R. E. (1955). Genotypic and phenotypic correlation in soybean and their implication in selection. *Agron. J.*, 47(10), 477–483.
62. Allard, R. W. (1960). *Principles of Plant Breeding*. New York: John Wiley and Sons.
63. Falconer, D. S. (1989). *Introduction to Quantitative Genetics*. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons.
64. Khangildin, V. V., & Litvinenko, N. A. (1981). Stability and adaptability of winter wheat varieties. *Nauchno-tehnicheskiiy byulleten VSGI* [Scientific and technical bulletin APBGI], 1, 8–14. [in Russian]
65. Yan, W., Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Can. J. Plant Sci.*, 86(3), 623–645. doi: 10.4141/P05-169
66. Hongyu, K., Garcia-Pena, M., de Araujo, L. B., & dos Santos Dias, C. T. (2014). Statistical analysis of yield trials by AMMI analysis of genotype environment interaction. *Biometrical Letters*, 51(2), 89–102. doi: 10.2478/bile-2014-0007
67. Frutos, E., Galindo, M. P., & Leiva, V. (2014). An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stoch. Environ. Res. Risk. Assess.*, 28(7), 1629–1641. doi: 10.1007/s00477-013-0821-z
68. Hudzenko, V. M., Polishchuk, T. P., Babii, O. O., Lysenko, A. A., & Yurchenko, T. V. (2021). Comprehensive evaluation of spring barley breeding lines in yield, stability and tolerance to biotic and abiotic factors under condition of the central part of the Ukrainian Forest-Steppe. *Plant Var. Stud. Prot.*, 17(1), 30–42. doi: 10.21498/2518-1017.17.1.2021.228206 [in Ukrainian]

UDC 633.16«321»:631.527

Hudzenko, V. M.^{1*}, Polishchuk, T. P.¹, Lysenko, A. A.¹, Khudolii, L. V.², Babenko, A. I.³, & Mandrov-ska, S. M.⁴ (2021). Level of manifestation and variability of grain number per spike in spring barley. *Plant Varieties Studying and Protection*, 17(4), 335–349. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249026>

¹The V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat, NAAS of Ukraine, Tsentralne village, Obukhiv district, Kyiv region, 08853, Ukraine, *e-mail: barley22@ukr.net

²Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., Kyiv, 03041, Ukraine

³National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 12 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine

⁴Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine

Purpose. To identify features of the level of manifestation and variability of grain number per spike in spring barley and reveal new genetic sources by combining increased and stable level of manifestation of the trait for breeding in the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was conducted in 2018–2020 under conditions of the V. M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS. We studied 96 collection accessions of different subspecies and groups of spring barley varieties originating from 15 countries. A number of statistical parameters and graphical models were used. **Results.** The ANOVA of the AMMI model revealed significantly higher part of contribution in the total phenotypic variation for every its component: growing season conditions (33.8–40.2%), genotype (35.2–48.9%), and genotype – environment interaction (17.3–29.3%). According to the homeostaticity (Hom_i) and breeding value (Sc_i) levels and GGE biplot visualizations, the samples were differentiated by the level of manifestation and variability of the trait and new genetic sources for barley breeding were identified. The coefficient of phenotypic variation ranged from low in two-rowed hulled samples (PCV = 9.60%) to near-high in

hulless ones (PCV = 18.9%). High values of the coefficient of genotypic variation were found in hulless (GCV = 10.95%) and six-rowed samples (GCV = 13.28%). The coefficient of heritability of the trait varied from high ($H^2 = 79.4\%$) in two-rowed samples to near-low ($H^2 = 33.7\%$) in six-rowed samples. The expected genetic improvement ranged from middle in multi-row samples (GAM = 13.10%) to high in hulless samples (GAM = 23.51%). **Conclusions.** Collection accessions combining increased grain number and its relative stability were identified, namely, two-rowed hulled ones 'Tiver' (UKR), 'Al-monte' (CAN), 'Despina' (DEU), 'Symbat' (KAZ), 'Smaragd' (UKR), 'Novator' (UKR); two-rowed hulless ones 'CDC Candle' (CAN) and 'Millhouse' (CAN); multi-row hulled ones 'AC Westech' (CAN) and 'AC Alma' (CAN). The prospect of further research is to involve the selected accessions into creation of new source material and establish the peculiarities of the inheritance of grain number per spike, as well as to identify the relationship of this trait with other yield components.

Keywords: *Hordeum vulgare* L.; genotypic variation; phenotypic variation; heritability; homeostaticity; selection value; AMMI; GGE biplot.

Надійшла / Received 22.11.2021
Погоджено до друку / Accepted 17.12.2021

М. А. Литвиненку – 75

Видатному вченому-селекціонеру, завідувачу відділу селекції та насінництва пшениці Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортівивчення, доктору сільськогосподарських наук, професору, академіку НААН Миколі Антоновичу Литвиненку 1 січня 2022 року виповнюється 75 років.

М. А. Литвиненко один з провідних вчених України у галузі селекції та насінництва пшениці м'якої озимої. За кількістю створених сортів та їхніх посівних площ є найбільш результативним селекціонером в країні.

Він уперше теоретично обґрунтував і експериментально реалізував нову селекційну програму створення якісно нових сортів озимої м'якої пшениці – короткостеблових за висотою, з поєднанням високої продуктивності, стійкості до низьких і високих температур, основних захворювань та з підвищеними показниками якості зерна.

Миколою Антоновичем була сформульована теорія оптимальних темпів росту і розвитку рослин восени, які відповідають ритмам лімітуючих метеорологічних факторів півдня України для реалізації високої продуктивності й адаптивного потенціалу генотипів.

М. А. Литвиненко створив у співавторстві перші в Україні сорти пшениці з комплексною стійкістю до збудників 7–9 хвороб, розробив 3 нових та удосконалив 13 методів і прийомів створення оригінального вихідного селекційного матеріалу, а також оцінювання й добору генотипів, які б поєднували високу продуктивність й адаптивні властивості. У 2015 р. завершив розроблення удосконаленої технології селекційного про-

цесу пшениці м'якої озимої з використанням біотехнологічних і молекулярно-генетичних методів.

Усього за роки досліджень вченим було створено і передано до державного сортовипробування 124 сорти озимої м'якої і твердої пшениці, 84 з яких у 1982–2021 роках були районовані в Україні та за її межами. На сьогодні в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, налічується 34 сорти озимої м'якої пшениці, виведених М. А. Литвиненком. Більше 30 сортів пшениці м'якої озимої, створених М. А. Литвиненком, вирощують за кордоном – у Молдові, Росії, Угорщині, Туреччині.

Учений співпрацює з міжнародними організаціями EUCARPIA, CIMMYT, ICARDA, а також з багатьма фахівцями з Болгарії, Туреччини, Франції, США.

М. А. Литвиненко доктор сільськогосподарських наук (2002), професор (2016). Має 218 наукових публікацій, з яких 168 опубліковано після захисту докторської дисертації, в т. ч. 88 у фахових виданнях. Ним отримано 3 свідоцтва на розроблені методи селекції, 72 авторських свідоцтва на сорти рослин.

Визнанням заслуг ученого, його особистого внеску у розвиток вітчизняної сільськогосподарської науки, стало присвоєння Почесного звання «Заслужений працівник сільського господарства України» (1993), звання лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки (1997), нагородження Почесною грамотою Кабінету Міністрів України (2002), орденом «За заслуги» III ступеня (2006), орденом «За заслуги» II ступеня (2011).



