

Видається з 1996 року

Міністерство освіти і науки України

Засновник і видавець
Сумський національний аграрний
університет

Реєстраційне свідоцтво
КВ № 23688-13528 Р від 21.11.2018 р.

Редакційна колегія серії
Коваленко І. М., д.б.н., професор,
головний редактор, Сумський
національний аграрний університет
(Україна)

Власенко В. А., д.с.-г.н., професор,
заступник головного редактора,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Кирильчук К. С., к.б.н., доцент,
відповідальний секретар, Сумський
національний аграрний університет
(Україна)

Ліпса Флорин Деніел, к.с.-г.н., доцент,
Університет сільського господарства та
ветеринарної медицини (Румунія)

Русу Теодор, д.с.-г.н., професор,
Університет сільського господарства
та ветеринарної медицини (Румунія)

Тунгуз Весна, к.с.-г.н., доцент,
Університет Східного Сараєво
(Боснія і Герцеговина)

Мен Фаньхуа, к.с.-г.н., головний
науковий співробітник, НДІ зернових
культур Академії аграрних наук Китаю
(КНР)

Сметанська І. М., к.с.-г.н., д.інж.наук,
професор, Університет прикладних наук
Вайнштефан-Трісдорф (Німеччина)

Кашпар Ян, к.б.н., доцент,
Чеський університет природничих наук
(Чеська республіка)

Сопотлісва Десіслава, к.б.н.,
головний науковий співробітник,
Інститут досліджень біорізноманіття та
екосистем, Болгарська академія наук
(Болгарія)

Данилик І. М., д.б.н., ст.н.с., провідний
науковий співробітник, Інститут
екології Карпат НАН України (Україна)

Дегтярьов В. В., д.с.-г.н., професор,
Харківський національний аграрний
університет ім. В. В. Докучаєва
(Україна)

Дубина Д. В., д.б.н., професор,
головний науковий співробітник,
Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного
НАН України (Україна)

Жатова Г. О., к.с.-г.н., професор,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Захарченко Е. А., к.с.-г.н., доцент,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Злобін Ю. А., д.б.н., професор,
Почесний професор кафедри екології
та ботаніки,
Сумський національний аграрний
університет, (Україна)

Клименко Г. О., к.б.н., доцент,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Куземко А. А., д.б.н., професор,
ст.н.с., Інститут ботаніки
ім. М.Г. Холодного НАН України, відділ
геоботаніки і екології (Україна)

Лихолат О. А., д.б.н., ст.н.с.,
професор, Університет митної справи
та фінансів (Україна)

Мельник А. В., д.с.-г.н., професор,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

ВІСНИК СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Виходить 4 рази на рік.

Серія «Агрономія і біологія»
Випуск 4 (54), 2023

ЗМІСТ

Beznosko I., Havryliuk L.

Formation of the number of phytopathogenic micromycete populations
in agrocenoses of oat.....3

Бруньов М. І., Дудка А. А.

Вплив удобрення на вміст білка та його амінокислотний склад у зерні сортів сої
різних груп стиглості в умовах Лівобережного Лісостепу України.....9

Клименко Г. О., Артеменко Д. В., Клименко І. М.

Оцінка стану популяцій рідкісних видів рослин *Circaea alpina* L. та *Lilium martagon* L.
в НПП «Деснянсько-Старогутський».....15

Ларіонов М. С.

Адвентивна фракція флори різновікових перелогів природного заповідника
«Михайлівська цілина»: структура, динаміка та прогноз.....22

Леонов О. Ю., Скрипник О. О., Усова З. В., Суворова К. Ю., Хухрянська М. М.

Формування посівних фракцій насіння сортів пшениці м'якої озимої
залежно від лінійних розмірів зернівки.....31

Лисиця А. В., Савчук Р. І.

Quercus petraea Liebl. на Рівненщині.....40

Слободяник Г. Я., Тернавський А. Г.

Добір субстратів та мікробіологічних препаратів для ефективного вирощування
касетної розсади цибулі порей в умовах Лісостепу України.....46

Троценко Н. В.

Досвід вирощування та генетичний потенціал кіноа.....53

Хаблак С. Г., Спичак В. М.

Orobanchе cumana Wallr. у посівах *Helianthus annuus*.....62

Ярошенко Н. П.

Оцінка онотогенетичної та віталітетної структур популяцій *Lathyrus vernus* (L.)
Bernh у Геттінгенському лісі (Нижня Саксонія, Німеччина).....68



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

Мельничук С. Д., д.б.н., професор,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Міщенко Ю. Г., д.с.-г.н., доцент,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Оничко В. І., к.с.-г.н., доцент,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Подгасцький А. А., д.с.-г.н.,
професор, Сумський національний
аграрний університет (Україна)

Скляр В. Г., д.б.н., професор,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Скляр Ю. Л., к.б.н., доцент,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Троценко В. І., д.с.-г.н., професор,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Федорчук М. І., д.с.-г.н., професор,
Миколаївський національний аграрний
університет (Україна)

Хаблак С. Г., д.б.н., доцент, AGR
group (Україна)

Ярошук Р. А., к.с.-г.н., доцент,
Сумський національний аграрний
університет (Україна)

Науковий журнал
«Вісник Сумського національного
аграрного університету»
Серія: Агрономія і біологія»
внесений до переліку наукових фахових
видань України (категорії «Б») у галузі
біологічних наук (091 «Біологія»),
природничих наук (101 «Екологія»)
та аграрних наук і продовольства
(201 «Агрономія», 202 «Захист
і карантин рослин», 205 «Лісове
господарство» та 206 «Садово-паркове
господарство»).

Науковий журнал «Вісник
Сумського національного аграрного
університету» індексується в
Міжнародній наукометричній базі
Index Copernicus

Матеріали журналу знаходяться
у вільному доступі на сайті
<https://snaubulletin.com.ua/index.php/ab>

Усі статті проходять процедуру
таємного рецензування. До
публікації в журналі не допускаються
матеріали, якщо є достатньо підстав
вважати, що вони є плагіатом.
Відповідальність за точність
наведених даних і цитат
покладається на авторів.
Матеріали друкуються українською
та англійською мовами.
У разі цитування посилання на
«Вісник Сумського національного
аграрного університету» обов'язкове

Друкується згідно з рішенням
вченої ради
Сумського національного
аграрного університету
(Протокол № 8 від 27.12.2023 р.)

Видавництво і друкарня –
Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса,
вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934-48-28,
+38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої
справи ДК № 7623 від 22.06.2022 р.

Тираж 300 пр.
Зам. № 0323/181

© Сумський національний
аграрний університет, 2023

FORMATION OF THE NUMBER OF PHYTOPATHOGENIC MICROMYCETE POPULATIONS IN AGROCENOSSES OF OAT

Beznosko Iryna

PhD (Biological Sciences)

Institute of Agroecology and Environmental Management
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: 0000-0002-2217-5165

beznoskoirina@gmail.com

Havryliuk Lilia

PhD

Institute of Agroecology and Environmental Management
of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: 0000-0001-6901-0766

gavriluklilia410@gmail.com

The formation of the number of the phytopathogenic micromycete populations as a factor in biological pollution of oat agroecosystems is an important research field, the study of which will make it possible to create some sustainable agroecosystems. Therefore, the influence of the environmental factors (abiotic, biotic, anthropogenic, etc.) on the formation of micromycete populations on the vegetative organs of oat plants using different plant cultivation technologies was studied. This article presents the results of the ecological assessment of oat plant varieties based on the indicators of its their influence on the population number, the frequency of its occurrence, and the intensity of micromycete sporulation. Vegetative organs of oat plants of Parlamentsky and Tembre varieties were selected by BBCH scale for cereals in the phases: 5 tillers detectable (25), node 5 at least 2 cm above node 4 (35), end of heading: inflorescence fully emerged (39). It was determined that certain climatic conditions like an abiotic factor (namely an increase in air temperature), frequent droughts, or rare but abundant rains, significantly influenced the formation of micromycete populations in the oat leaf microbiome. Plant growing technologies, as an anthropogenic factor, influenced the spectrum of species and their frequency of the occurrence on the vegetative organs of oats of different kinds of the varieties. Using the organic technology of plant cultivation led to diversification of the spectrum of micromycete populations, but with a lower frequency of occurrence of species compared to the traditional technology of plant cultivation. Also, the varieties of oat plants, as a biotic factor, in terms of some physiological substances of plants, are able to restrain the spread of micromycete populations on the vegetative organs of plants or stimulate them. It was found out that using the traditional and organic technologies of plant cultivation on the vegetative organs of Tembre oat variety, the population density, the frequency of micromycete species occurrence, and the intensity of sporulation were significantly lower compared to the indexes of Parlamentsky oat variety plants. This points to the fact that the cultivation of oat varieties capable of resisting the formation of micromycete populations on an ecologically safe level will ensure a decrease in the level of biological pollution of agroecosystems and at the same time increase the biosafety of plant raw materials.

Key words: micromycetes, biosafety, vegetative organs of plants, cultivation technologies.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.1>

Introduction. A significant part of agricultural products, including oat raw materials, does not always meet current global quality and safety standards (Mostoviyak et al., 2020). Oats is one of the most important grain crops grown in Ukraine, mainly in the Polissia and Forest-Steppe zones (the gross harvest is 499,000 tons of grain, yield is 2,4 tons/ha). The largest areas of crop growing are in Volyn (39,5 thousand ha), Zhytomyr (30,4 thousand ha), Chernihiv (28,0 thousand ha), Rivne (21,2 thousand ha), and Lviv (16,2 thousand ha) regions. The potential yield of this crop can reach up to 5,0–6,0 t/ha (Van Montagu, 2020). With the changes in the soil and climatic conditions of Ukraine, and with the predominance of drought, the micromycetes of different spectrum of activity are increasingly found in oat agroecosystems, which have the greatest harmful effect on the weakened plants suffering from a lack of nutrients (O'Brien, 2017). This caused the excessive use

of chemical pesticides and the use of resistant, genetically homogeneous varieties, which increased the harmfulness of phytopathogenic microorganisms, the formation of their resistant forms with increased aggressiveness, which contributed to the emergence of ecological risks in agro-ecosystems and a decrease in the biosafety of oat raw material production. Therefore, in the world, more and more attention is being paid to identifying the reasons for the disruption of the natural ties between the plant and the pathogen and to studying the mechanisms and factors that restrain the formation of the number of phytopathogenic microorganisms in the agroecosystems of cereal grain crops, including oats (Köhl et al., 2019).

Many kinds of research are aimed at studying of soil and climatic conditions during the growing season, which is an important factor in regulating the number of populations of harmful organisms based on the wide use

of natural resources (Shvartau et al., 2017). The changes in soil and climatic conditions as well as the intensive use of chemical protection agents led to the spread of micromycete populations and accumulation of their infectious structures on the vegetative organs of plants (Beznosko et al., 2022; Lamichhane, 2017). After all, it is known that a resistant variety, especially created by genetic modification, is a powerful factor of directed selection in populations of microorganisms, and a susceptible variety is a factor in the growth of their populations (Ngoune et al., 2020; Beznosko et al., 2022). They substantially influence qualitative and quantitative indicators of the phytopathogenic background, which significantly worsens the conditions of agrophytocenoses and, to some extent, the biological safety of agroecosystems (Deremenko, 2016). Therefore, it is important to study the formation of micromycete populations on the vegetative organs of oat plants in the conditions of various cultivation technologies, taking into account soil and climatic conditions.

It is known that the size of the population, the frequency of the species occurrence, and their sporulation intensity are important indicators of the characteristics of the microorganism population. Change in the number of the original population or a delay in its growth can play a role of an indicator of the variety assessment as a factor of the environmental risk. The intensity of the formation of propagative and resting spores of phytopathogenic micromycetes on the plant vegetative organs of cereal grain crops is an ecological indicator of the varieties culling that are able to stimulate the development of pathogens or the selection of those that are able to restrain their development (Barratt et al., 2018; Ternovy et al., 2018; Hardoim et al., 2015). Therefore, the study of the formation of micromycete populations in oat agroecosystems is a priority area of scientific research, which will ensure a decrease in the level of biological pollution and increase the quality and safety of oat products.

The purpose of this study is to conduct an ecological assessment of the formation of micromycete populations on the vegetative organs (leaves) of oats in terms of using different cultivation technologies.

Materials and Methods. The research was conducted on the basis of the Laboratory of Biocontrol of Agroecosystems and Organic Production of the Institute of Agroecology and Nature Management of the National Academy of Sciences for 2020–2022. The formation of the micromycete population on the oats vegetative organs of Parliamentsky and Tembrey varieties was studied under the conditions of the traditional and organic plant cultivation technologies.

The vegetative organs of oat plants were selected by BBCH scale for cereals in the phases: 5 tillers detectable (25), node 5 at least 2 cm above node 4 (35), end of heading: inflorescence fully emerged (39) in the fields of the Skvirsk Research Station of Organic Production of the National Academy of Sciences of the Russian Academy of Sciences in accordance with generally accepted methods.

It is known that the ontogenesis of oat plants, the spread and development of diseases are significantly influenced by

the temperature and the amount of rainfall. The integrated indicator of these factors is the hydrothermal coefficient (HTC), the average value of which was determined during the growing season of the plant: $HTC=1.0$ (2020); $HTC=1.3$ (2021); $HTC=0.7$ (2022). If $HTC \geq 1$ is sufficient hydration; $HTC 0.8-1.0$ is moderate hydration; $HTC 0.6-0.7$ is insufficient hydration.

In the conditions of using the traditional technology of oat plant growing, the following chemical preparations were used: Vitavax 200 FF (fungicide) with the active substance Carboxin (200 g/l) and Thiram (200 g/l) and Granstar Gold 75 (FMC) (herbicide) with the active substance Tribenuron-methyl (562.5 g/kg) and Thifensulfuron-methyl (187.5 g/kg). At the same time, in the conditions of using the organic technology, no means of crop protection were used.

The number of the micromycete population on the vegetative organs of oat plants was determined by the method of dilution and surface sowing of the suspension on Chapek's nutrient medium. The number of micromycetes was recorded in colony-forming units (CFU) per 1 g of dry leaf and determined according to DSTU 7847:2015 (DSTU, 2016). The frequency of occurrence (%) of micromycete species was determined by the following formula (Sessitsch et al., 2021):

$$A = (B \times 100\%) / C, \quad (1)$$

where A is the frequency of the occurrence of the species;

B is the number of the samples in which this species was detected;

C is the total number of selected species.

The identification of isolates of microscopic fungi to genus and species was carried out on a biological microscope DN-200D according to the determinants (Ruytinx et al., 2021) and using the online MycoBank database.

The indicator of the intensity of micromycete sporulation was determined by counting macro- and microconidia in the Goryaev-Tom chamber according to the following formula:

$$N = (a \times 1000 / (h \times S) \times n), \quad (2)$$

where

N is the number of cells in one ml of suspension;

a is the average number of cells in a grid square;

h is camera depth (0.1 mm);

S is the area of the grid square (0.04 mm²);

n is the dilution of the initial suspension.

A one-way analysis of variance (ANOVA, Tukey's test) was used for statistical processing of the received experimental data. The difference between control and experimental indicators was considered significant when the probability of the difference was $P < 0.05$.

Results. According to the research carried out under the conditions of using the traditional technology of plant cultivation, it was found that on the vegetative organs of oat plants, the number of micromycete population ranged from 0.45 to 5.6 thousand CFU/g of green mass of plants (Table 1).

The studied indicator varied significantly depending on the climatic conditions of the relevant year of the study,

Table 1

The number of micromycete populations on the oats vegetative organs under traditional technology of plant cultivation

The variety oats	Phases of oat plants	The number of micromycete populations, thousand CFU/g of green plant mass		
		2020	2021	2022
Tembre	5 tillers detectable (25)	c (0,98)	b (1,1)	c (0,88)
	node 5 at least 2 cm above node 4 (35)	c (0,75)	b (1,8)	c (0,45)
	end of heading: inflorescence fully emerged (39)	b (2,2)	ab (3,3)	b (1,94)
Parliamentsky	5 tillers detectable (25)	b (1,6)	b (2,1)	b (1,55)
	node 5 at least 2 cm above node 4 (35)	b (1,2)	ab (2,9)	c (1,01)
	end of heading: inflorescence fully emerged (39)	ab (3,01)	a (5,6)	b (2,01)

Note: ($x \pm SD$, Tukey's test, $n = 5$ replicates); a, b, c – statistically significant differences in the number of microorganisms ($P < 0,05$)

Table 2

The number of micromycete populations on the oats vegetative organs using organic technology of cultivation

The variety oats	Phases of oat plants	The number of micromycete populations, thousand CFU/g of green plant mass		
		2020	2021	2022
Tembre	5 tillers detectable (25)	c (0,98)	c (1,1)	c (0,88)
	node 5 at least 2 cm above node 4 (35)	c (0,75)	b (1,8)	c (0,45)
	end of heading: inflorescence fully emerged (39)	b (2,2)	ab (3,3)	c (1,94)
Parliamentsky	5 tillers detectable (25)	c (1,6)	b (2,1)	c (1,55)
	node 5 at least 2 cm above node 4 (35)	b (1,2)	a (2,9)	b (1,01)
	end of heading: inflorescence fully emerged (39)	ab (3,01)	a (5,6)	ab (2,01)

Note: ($x \pm SD$, Tukey's test, $n = 5$ replicates); a, b, c – statistically significant differences in the number of microorganisms ($P < 0,05$)

namely: high air temperature and a significant amount of precipitation.

In the phase: 5 tillers detectable, the number of populations on the vegetative organs of the Tembre variety ranged from 0,9 to 1,2 thousand CFU/g of green plant mass. At the same time, for the vegetative organs of Parliamentsky variety, this indicator was within the range of 1,6 to 2,2 thousand CFU/g of green plant mass. In the phase: node 5 at least 2 cm above node 4, the population number of micromycetes increased and ranged from 1,8 to 2,9 on oat leaves of both varieties. During the phase: end of heading: inflorescence fully emerge, the population of micromycetes increased by 2–2,5 times, which indicates a change in weather conditions at the end of the growing season during the years of the study. Also, the introduction of chemical plant protection agents, which contributed to the rapid reproduction of micromycetes, had a significant impact on the growth of the micromycete population. It should be noted that Parliamentsky variety, due to using of some physiological biochemical substances, is able to stimulate the formation of micromycete populations and is able to accumulate infectious structures on the vegetative organs of oats.

Compared with using the traditional technology of cultivation, using the organic technology of oat growing, the population of micromycetes on vegetative organs increased as the crop aged and ranged from 0,5 to 3,6 thousand CFU/g of green plant mass (Table 2).

During phase: 5 tillers detectable, the population of micromycetes on the vegetative organs of Tembre variety

ranged from 0,8 to 1,1 thousand CFU/g of green plant mass. At the same time, this very indicator for Parliamentsky variety was in the range from 1,5 to 2,1 thousand CFU/g of green plant mass. In the phase: node 5 at least 2 cm above node 4, the population of micromycetes increased significantly on the leaves of Parliamentsky variety and reached 2,9 thousand CFU/g of green plant mass, while on the leaves of Tembre oat variety, this indicator was 2 times lower. The highest population size was characterized by the phase: end of heading: inflorescence fully emerged, during which it increased 1,5 times on the vegetative organs of Tembre and Parliament varieties and ranged from 1,9 to 5,6 thousand CFU/g of green plant mass. It should be noted that on the vegetative organs of Tembre variety, the population size is almost 2 times lower than on the leaves of Parliamentsky variety. This shows that the plants are able to influence the formation of micromycete populations on the vegetative organs of oats in different ways.

According to the laboratory studies, it was found out that, 5 types of micromycetes: *Drechslera avenae*, *Alternaria alternata*, *Alternaria infectoria*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium incarnatum* dominated in terms of using the traditional technology of plant cultivation on the vegetative organs (leaves) of Parliamentsky variety. The frequency of their occurrence varied from 55 to 70%. Common species included micromycetes: *Fusarium verticillioides*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum*, *Cladosporium herbarum*, *Septoria avenae*, *Rhizopus nigricans*, *Ascochyta avenae*, *Heterosporium avenae*, with the frequency of occurrence

Table 3

The intensity of sporulation on the oats vegetative organs in traditional cultivation technology

The intensity of sporulation, million units/ml							
The variety oats		Tembre			Parliamentsky		
The Phases of ontogenesis		5 tillers detectable (25)	node 5 at least 2 cm above node 4 (35)	end of heading: inflorescence fully emerged (39)	5 tillers detectable (25)	node 5 at least 2 cm above node 4 (35)	end of heading: inflorescence fully emerged (39)
The micromycetes	<i>Fusarium</i> spp.	ab (3,1)	b (2,6)	ab (4,2)	ab (4,1)	b (3,4)	a (6,3)
	<i>Alternaria</i> spp.	b (2,1)	b (1,5)	ab (4,8)	ab (4,4)	b (2,2)	a (7,2)
	<i>Drechslera</i> spp.	b (1,9)	c (0,7)	ab (3,8)	b (3,1)	b (2,6)	a (6,7)
	<i>Rhizopus</i> spp.	c (0,9)	c (0,4)	b (1,9)	b (1,9)	c (0,8)	ab (3,9)
	<i>Cladosporium</i> spp.	b (1,1)	c (0,9)	b (1,9)	b (2,1)	c (0,3)	ab (4,4)
	<i>Trichoderma</i> spp.	-	-	-	b (1,2)	c (0,8)	b (3,1)
	<i>Aspergillus</i> spp.	b (1,9)	b (1,4)	b (2,2)	b (1,6)	c (0,9)	ab (4,4)
	<i>Ascochyta</i> spp.	b (1,2)	c (0,7)	b (2,8)	b (1,1)	c (0,8)	ab (3,8)
	<i>Heterosporium</i> spp.	b (1)	c (0,9)	b (1,1)	b (1,7)	b (1)	ab (4,1)
	<i>Septoria</i> spp.	b (1,1)	c (0,6)	b (2,8)	b (1,4)	b (1,2)	ab (4,2)
	<i>Pyrenophora</i> spp.	b (1,9)	c (0,3)	b (2,9)	b (1,2)	b (0,9)	ab (2,8)
	<i>Penicillium</i> spp.	-	-	-	b (1,4)	c (0,2)	b (1,9)

Note: ($x \pm SD$, Tukey's test, $n = 5$ replicates); a, b, c – statistically significant differences in the number of microorganisms ($P < 0,05$)

ranging from 23 to 45%. Rare species included micromycetes *Pyrenophora avenae*, *Penicillium notatum*, *Aspergillus flavus*, *Trichothecium roseum* with the frequency of up to 18%. At the same time, 4 types of micromycetes, *D. avenae*, *A. alternata*, *F. oxysporum*, *F. incarnatum*, dominated on the vegetative organs (leaves) of Tembre variety, and their frequency of occurrence reached 60%. Common species included micromycetes: *R. nigricans*, *S. avenae*, *F. verticillioides*, *A. avenae*. Their frequency of occurrence ranged from 22 to 28%. Four rare species of micromycetes were also identified: *H. avenae*, *A. flavus*, *C. herbarum*, *P. avenae*, and their frequency of occurrence reached 20%.

In comparison with the traditional technology of plant cultivation using the organic technology of growing, common species such as *D. avenae*, *A. alternata*, *A. infectoria*, *R. nigricans*, *F. gramineum*, *F. oxysporum* were found on the vegetative organs of Parliamentsky variety with the frequency of occurrence varied from 35 to 45%. Other identified micromycetes belonged to such rare species as *F. sporotrichiella*, *F. incarnatum*, *F. culmorum*, *F. verticillioides*, *A. flavus*, *A. niger*, *C. herbarum*, *T. roseum*, *H. avenae*, *S. avenae*, *A. avenae*, *P. avenae*, *P. notatum*, with the frequency of up to 18%. At the same time, in the leaf microbiome of Tembre variety, the common species included micromycetes like *T. harzianum*, *T. viride*, *R. nigricans*, *H. avenae*, *D. avenae*, *A. alternate*, *F. incarnatum*, *F. verticillioides*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*. Their frequency of occurrence ranged from 25 to 45%. Also, other 5 rare species of micromycetes were identified, namely *F. culmorum*, *P. avenae*, *S. avenae*, *A. flavus*, *C. herbarum*, with their frequency of occurrence reaching to 20%. It should be noted that in the organic technology of cultivation on vegetative organs (plants), in addition to phytopathogenic micromycetes, antagonistic fungi of the genus *Trichoderma* spp. (*T. harzianum* and *T. viride*)

were characterized by a high frequency of occurrence, which reached up to 45%.

In the course of the laboratory studies, it was found out that using of traditional cultivation technology, the spectrum of micromycetes on the vegetative organs of various oats varieties was characterized by the high sporulation, especially in the earing phase, which ranged from 1,1 to 7,2 million units/ml (Table 3).

As it is indicated in Table 3, micromycetes of *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Drechslera* spp. genera were characterized by the highest intensity of sporulation on the vegetative organs of Parliamentsky variety, which ranged from 6,3 to 7,2 million units/ml. At the same time, the indicator of Tembre variety was 2 times lower. This proves the role of the variety as a biotic factor in the regulation of phytopathogenic micromycetes in plant agrocenoses.

In terms of using the organic technology of plant cultivation, micromycetes of *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Drechslera* spp genera were characterized by high intensity of sporulation on the vegetative organs of Parliamentsky variety, which ranged from 1,8 to 2,1 million units/ml (Table 4).

This is 1,5 times less compared to the results of using traditional growing technology. At the same time, on the vegetative organs (leaves) of Tembre variety, the intensity of micromycetes sporulation in the earing phase ranged from 0,6 to 1,7 million units/ml. This gives reason to believe that oat plants of different breeding origins are able to significantly influence the intensity of sporulation of dominant micromycetes. Antagonist fungi of the *Trichoderma* spp. genus were characterized by the high intensity of sporulation on the vegetative organs of Tembre variety, which amounted to 3,9 million units/ml. These micromycetes are able to quickly spread and occupy the entire habitat, displacing other pathogens.

Therefore, study the intensity of sporulation of micromycetes in oat agrocenoses under the influence of different cultivation

Table 4

The intensity of sporulation on the oats vegetative organs using of organic cultivation technology

The intensity of sporulation, million units/ml							
The variety oats		Tembre			Parliamentsky		
The Phases of ontogenesis		5 tillers detectable (25)	node 5 at least 2 cm above node 4 (35)	end of heading: inflorescence fully emerged (39)	5 tillers detectable (25)	node 5 at least 2 cm above node 4 (35)	end of heading: inflorescence fully emerged (39)
The micromycetes	<i>Fusarium</i> spp.	c (0,7)	c (0,9)	b (1,1)	c (0,6)	c (0,8)	ab (2,2)
	<i>Alternaria</i> spp.	c (0,9)	b (1,1)	b (1,7)	c (0,2)	c (0,4)	a (2,1)
	<i>Drechslera</i> spp.	c (0,9)	b (1)	b (1,2)	c (0,4)	c (0,7)	b (1,1)
	<i>Rhizopus</i> spp.	c (0,8)	c (0,9)	b (1,1)	c (0,3)	c (0,4)	c (0,8)
	<i>Cladosporium</i> spp.	c (0,1)	c (0,8)	b (1,3)	c (0,4)	c (0,9)	b (1,1)
	<i>Trichoderma</i> spp.	b (1,1)	b (1,8)	a (3,9)	c (0,2)	c (0,8)	b (1,3)
	<i>Heterosporium</i> spp.	c (0,2)	c (0,4)	c (0,6)	c (0,5)	c (0,6)	b (1,8)
	<i>Septoria</i> spp.	c (0,8)	c (0,9)	b (1,1)	c (0,4)	c (0,6)	b (1,7)
	<i>Pyrenophora</i> spp.	c (0,7)	c (0,9)	b (1,4)	c (0,1)	c (0,9)	b (1,1)
	<i>Penicillium</i> spp.	-	-	-	c (0,4)	c (0,8)	b (1,4)

Note: ($x \pm SD$, Tukey's test, $n = 5$ replicates); a, b, c – statistically significant differences in the number of microorganisms ($P < 0,05$)

technologies demonstrated that not all dominant micromycetes intensively sporulated, but is due to varietal characteristics of plants. It should be noted that the diversity of micromycete species was significantly higher under organic cultivation technology than under traditional cultivation. At the same time, the frequency of occurrence and intensity of micromycetes sporulation under conditions of organic technology significantly decreased (2–3,5 times) compared to the traditional technology. This shows that crop cultivation technology is one of the influential factors on the population formation in the agroecosystems of cereal grain crops.

Discussion. One of the factors to reduce biological pollution in agroecosystems is the use of biological preparations of different spectrum of action. Pre-sowing seed inoculation and spraying on the oat leaf surface is an effective and ecologically safe means of improving the conditions of mineral nutrition, plant growth and development, and the phytosanitary state of crops (Buga et al., 2015; Kaminska et al., 2014; Aipova et al., 2020). Practical importance is attached by some foreign authors to the study of genetic variability (gene mutations, recombinations) and their use in breeding, which open up the possibility of obtaining plants with complex resistance to harmful organisms and various agro-climatic conditions (Ternovy, 2018; Sammauria et al, 2020; Ngouné & Shelton, 2020).

At the same time, the advantages of many resistant varieties are short-lived, because during their production, new types of phytopathogenic microorganisms appear that overcome the established resistance. Varieties with lost resistance become the reservoirs of highly pathogenic strains of phytopathogenic microorganisms, which can multiply and cause epiphytiosis (Bruinsma et al, 2003; Lapin et al, 2013; Hardoim et al, 2015). The above-mentioned research results are aimed at determining indicators such

as the population size, the frequency of species occurrence and their sporulation intensity for ecological assessment of oat varieties for interactions with phytopathogenic micromycetes. This will allow to characterize the variety as a factor in regulating the number of phytopathogenic micromycetes in oat agroecosystems. The varieties of oat plants, in terms of applying some physiological biochemical substances, are able to stimulate or restrain the formation of micromycete populations and accumulate infectious structures on the vegetative organs of oats. Therefore, the identification of varieties that restrain the formation of the population number will help to reduce the biological contamination of agroecosystems by infectious structures of the phytopathogen.

Conclusions. The analysis of the occurrence frequency of certain species on the vegetative organs of oat plants in the conditions of using different technologies of plant cultivation allows to single out the dominant species and to reveal the intensity of their distribution in the agroecosystems of cereal grain crops. Phytopathogenic fungi like *F. oxysporum*, *A. alternata* were characterized by high occurrence frequency of micromycetes in oats growing under the traditional cultivation technology. At the same time, using the organic cultivation technology, antagonistic fungi of *T. harzianum*, *T. viride* species which competed among the phytopathogenic microbiota, prevailed.

The indicators such as the population size and the micromycete sporulation intensity characterize the ability to form and accumulate infectious structures on the vegetative organs of plants. Regardless of the abiotic (temperature, humidity, etc.) and anthropogenic (cultivation technologies) factors, the population size and sporulation intensity of micromycetes was significantly lower on the vegetative organs of oat plants of Tembre variety compared to Parliamentsky oats variety, which was found out to be increased by 2–4 times.

References:

1. Aipova, R., Abdykadyrova, A., Silayev, D., Tazabekova, E., Oshergina, I., Ten, E. & Kurmanbayev, A. (2020). The fabrication of the complex bio-fertilizer for wheat cultivation based on collection bacteria of the PGPR group. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 21(11), 5021–5028. doi: 10.13057/biodiv/d211107.

2. Barratt, B., Moran, V., Bigler, F. & Van Lenteren, J. (2018). The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl*, 63, 155–167. doi: 10.1007/s10526-017-9831-y
3. Beznosko, I., Gorgan, T., Mosiychuk, I., Bunyak, O. & Ternovy, Yu. (2022). Vplyv riznykh tekhnolohiy vyroshchuvannya na chyselnist osnovnykh ekolohotrofichnykh hrup. [The influence of different cultivation technologies on the abundance of the main ecologotrophic groups]. *Visnyk Lvivskoho universytetu*, 86, 58–72 (in Ukrainian). doi: 10.30970/vlubs.2022.86.05.
4. Beznosko, I., Gorgan, T., Turovnik, Y., Mostovyak, I. & Mudrak, V. (2022). Patohenna mikrobiota nasinnny zernovykh kultur pid vplyvom riznykh tekhnolohiy vyroshchuvannya. [Pathogenic mycobiota of cereal seeds under the influence of different cultivation technologies]. *Ahroekolohichnyy zhurnal*, 1, 110–120 (in Ukrainian). doi: 10.33730/2077-4893.1.2022.255185.
5. Bruinsma, M., Kowalchuk, G. & Veen, J. (2003). Effects of genetically modified plants on microbial communities and processes in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 37(6), 329–337. doi: 10.1007/s00374-003-0613-6.
6. Dermenko, O. (2016). Khvoroby kolosa pshenytsi: diahnostyka, shkidlyvist i zakhody zakhystu. Propozytsiya nova: ukrayinskyy zhurnal z pytan ahrobiznesu: informatsiynny shchomisyachnyk, 7/8, 96–100. Access mode: <http://propozitsiya.com/bolezni-kolosa-pshenytsy-diagnostika-opasnost-i-mery-zashchity/2016-96-100>.
7. DSTU 7847:2015. Yakist grunt. Vyznachennya chyselnosti mikroorhanizmu u grunti metodom posivu na tverde (aharyzovane) zhyvylne seredovyshe. 01.07.2016. Derzhavnyy standart Ukrainy.
8. Hardoim, P., Van Overbeek, L., Berg, G., Pirttilä, A., Compant, S., Campisano, A., Döring, M. & Sessitsch, A. (2015). The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microb. Mol. Biol.*, 79(3), 293–320.
9. Kaminska, V. V., Dudka, O. F., & Mushyk, B. V. (2014). Formation of the productivity of bare oats under different growing technologies. A collection of scientific works of the NSC "Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences", 4, 60–66 (in Ukrainian).
10. Köhl, J., Kolnaar, R. & Ravensberg, W. (2019). Mode of Action of Microbial Biological Control Agents against Plant Diseases: Relevance Beyond Efficacy. *Front. Plant Sci.*, 10, 845.
11. Lapin, D. & Van den Ackerveken, G. (2013). Susceptibility to plant disease: more than a failure of host immunity. *Trends in Plant Science*, 18, 546–554.
12. Lamichhane, J. (2017). Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue. *Crop. Prot.*, 97, 1–6. doi: 10.1016/j.cropro.2017.01.017
13. Mostovyak, I. I., Demyanyuk, O. S., Parfenyuk, A. I. & Beznosko, I. V. (2020). Sorty yak chynnyk formuvannya stiykykh ahrotsenoziv zernovykh kultur. [Varieties as a factor in the formation of stable agrocenoses of grain crops.] *Poltavskoyi derzhavnoyi ahraryoi akademiyi*, 2, 110–118 (in Ukrainian). doi: 10.31210/visnyk2020.02.13.
14. Ngouné, L. & Shelton, C. (2020). Factors affecting yield of crops. In *agronomy–climate change and food security*; intech open: London, UK, 32, 137–144. doi: 10.5772/intechopen.90672.
15. Ngouné, L. & Shelton, C. (2020). Factors affecting yield of crops. In *agronomy–climate change and food security*; intech open: London, UK, 32, 137–144. doi: 10.5772/intechopen.90672
16. O'Brien, P. (2017). Biological control of plant diseases. *Australasian Plant Pathology*, 46, 293–304. doi: 10.1007/s13313-017-0481-4.
17. Ruytinx, J., Miyauchi, S., Hartmann-Wittulsky, S., Pereira, M., Guinet, F., Churin, J., Put, C., Tacon, F., Veneault-Fourrey, C., Martin, F. & Kohler, A. (2021). A transcriptomic atlas of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor*. *Microorganisms*, 9 (12), 2612. doi: 10.3390/microorganisms9122612
18. Sammauria R., Kumawat S., Kumawat P., Singh J., Jatwa T. K. (2020). Microbial inoculants: potential tool for sustainability of agricultural production systems. *Archives of microbiology*, 202(4), 677–693. doi: 10.1007/s00203-019-01795-w
19. Sessitsch, A., Weilharter, A., Gerzabek, M., Kirchmann, H. & Kandeler, E. (2021). Microbial population structures in soil particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. *Applied environmental microbiology*, 67(9), 4215–4224. doi: 10.1128/AEM.67.9.4215-4224.2001
20. Shvartau, V., Mykhalska, L. & Zozulya, O. (2017). Poshyrennya fuzariozu v Ukraini. [Spread of fusariosis in Ukraine]. *Akhronomiya*, 4, 40–43 (in Ukrainian).
21. Ternovy, Yu., Havlyuk, V. & Parfenyuk, A. (2018). Ekolohichno bezpechni akhrotekhnolohiyi. [Ecologically safe agricultural technologies]. *Ahroekolohichnyy zhurnal*, 4, 50–58 (in Ukrainian).
22. Van Montagu, M. (2020). The future of plant biotechnology in a globalized and environmentally endangered world. *Genetics and Molecular Biology*, 43. doi: 10.1590/1678-4685-GMB-2019-0040

Безноско І. В., кандидат біологічних наук, Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України, м. Київ, Україна

Гаврилюк Л. В., доктор філософії, Інституту агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України, м. Київ, Україна

Формування чисельності популяцій фітопатогенних мікроміцетів в агроценозах вієса

У статті представлені результати екологічного оцінювання сортів вієса за показниками впливу на чисельність популяції, частоту трапляння та інтенсивність споруляції мікроміцетів. Вегетативні органи рослин вієса сортів Парламентський та Тембр відбирали у фази: кушення, виходу у трубки та колосіння. Визначено, що кліматичні умови, як абіотичний чинник, а саме: підвищення температури повітря, часті засухи, рідкісні, але ясні дощі істотно впливали на формування популяцій мікроміцетів в мікробіомі вегетативних органів вієса. Технології вирощування рослин, як антропогенний чинник, впливали на спектр видів та їхню частоту трапляння на вегетативних органах вієса різних сортів. За органічної технології вирощування рослин спектр популяцій мікроміцетів був різноманітніший, але із нижчою частотою трапляння видів порівняно з традиційною технологією вирощування рослин. Також сорти рослин вієса, як біотичний чинник, здатні стримувати поширення популяцій мікроміцетів на вегетативних органах рослин або стимулювати їх. З'ясовано, що за традиційної та органічної технології вирощування рослин на вегетативних органах вієса сорту Тембр чисельність популяції, частота трапляння видів мікроміцетів та інтенсивність споруляції була істотно нижчою у порівнянні із рослинами сорту вієса Парламентський. Це свідчить, що вирощування сортів вієса, які здатні стримувати формування популяцій мікроміцетів на екологічно безпечному рівні, забезпечить зниження рівня біологічного забруднення агроценозів та підвищить біобезпеку рослинної сировини.

Ключові слова: мікроміцети, біобезпека, вегетативні органи рослин, технології вирощування.

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА ВМІСТ БІЛКА ТА ЙОГО АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД У ЗЕРНІ СОРТІВ СОЇ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Бруньов Максим Ігорович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0001-7936-7216

maksym.brunov@snau.edu.ua

Дудка Ангеліна Анатоліївна

старший викладач

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0001-9444-4339

anelina.dudka@snau.edu.ua

*Важлива перевага сої (*Glycine max* (L.) Merr.) перед іншими культурами полягає у високому вмісті білка та збалансованому амінокислотному складі. Зважаючи на це актуальним є питання використання сортів сої, вирощування яких могло б забезпечити потреби харчової промисловості, а також розроблення оптимальної системи удобрення, що дозволить розкрити генотиповий потенціал якісних показників зерна сої. Попри збалансований природний хімічний склад зерна сої внесення мінеральних добрив здатне підвищити його якісні показники. Нині в Україні недостатньо вивчене питання впливу сортових особливостей та різних норм мінеральних добрив на амінокислотний склад зерна сої.*

Дослідження були спрямовані на вивчення особливостей формування вмісту білка та амінокислот у зерні сої залежно від погодних умов, сортових особливостей та удобрення в зоні Лівобережного Лісостепу України. Дослідження впливу розрахункової ($N_{45}P_{65}K_{85}$) та рекомендованої ($N_{60}P_{60}K_{60}$) норм добрив на формування якості зерна сої сортів різних груп стиглості (Командор, Тріада та Тенор) проводили в умовах навчально-науково-виробничого комплексу Сумського національного аграрного університету впродовж 2020–2022 років.

За результатами досліджень встановлено вплив погодних умов на вміст білка в зерні сої, де розподіл температурного режиму та опадів 2020 року був найбільш сприятливим для формування максимального вмісту білка (41,3 %) у зерні сої за досліджувані роки. Виявлено і вплив сортових особливостей на цей показник. Найбільш білковим серед сортів виявився сорт Тенор (42,1 %). Деяко менший вміст білка мав скоростиглий сорт Командор – 41,9 %. Найменшим вмістом білка характеризувався ранньостиглий сорт Тріада – 40,0 %. Серед досліджуваних норм мінеральних добрив найбільший вміст білка отримано за внесення розрахункової та рекомендованої норми добрив – 41,7–41,8 % відповідно. У процесі досліджень спостерігалася певна тенденція до підвищення вмісту більшості амінокислот у середньораннього сорту Тенор. Зафіксовано підвищення вмісту як замісних, так і незамінних амінокислот у зерні сої за внесення мінеральних добрив. Виятком став лише абсолютно незамінний метіонін, вміст якого зменшувався за внесення мінеральних добрив на 0,04–0,09 г/100 г порівняно із контролем.

Ключові слова: соя, сорт, погодні умови, якість насіння, вміст білка, амінокислотний склад.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.2>

Вступ. Соя є однією з найважливіших культур у всьому світі та одним із найкращих джерел білка для харчової промисловості та корму для тварин, що забезпечує виняткову глобальну продовольчу безпеку (Philis et al., 2018). Водночас на сою припадає значна частка світового виробництва олійних культур – до 60 % світового попиту (Egli & Crafts-Brandner, 2017). Попит на сою здебільшого визначається якістю її насіння, причому приблизно 70–75 % поточного виробництва насіння сої розподіляється на виготовлення 79 % шроту та 18 % сирової олії (Marowka et al., 2020).

Соя є цінним джерелом високопоживного білка, клітковини, вітамінів і мінералів. Жир у зерні сої містить незамінні ненасичені жирні кислоти (Chen et al., 2012; Basson et al., 2021). Білки сої – це передусім глобуліни, які становлять близько 70 % усіх білків і мають допоміжні функції. Інші білки належать до групи альбумінів, що виконують ферментативні та структурні функції. Біль-

шість із них здатні утворювати малоактивні комплекси, які впливають на біологічну цінність і технологічну придатність сировини для виробництва харчових продуктів. Також вони є регуляторами протеолітичної активності (Modgil & Kumar, 2021). Давно вже відомо, що якість білка сої залежить від вмісту незамінних амінокислот. Проте з багатьох причин ринки кормів для тварин і харчових продуктів для людей почали відповідним чином оцінювати лише нещодавно (Monte et al., 2020).

Якість соєвого білка можна порівняти з білками м'яса, молока, яєць. З рослинних джерел протеїну білок сої вважають найвищою біологічною цінністю, зокрема за вмістом екзогенних амінокислот – фенілаланіну, метіоніну, треоніну, валіну, ізолейцину, лейцину, триптофану, лізину. У спеціальній літературі наводять такі процентні показники їх вмісту в зерні сої: лейцин близько 8 г/100 г білка; лізин – 6,5 г/100 г білка; валін – 5 г/100 г білка; ізолейцин – 5 г/100 г білка; фенілаланін – 4 г/100 г білка. Порів-

няно з тваринними білками, білок сої характеризується меншим вмістом сірчистих амінокислот (Kudelka et al., 2021). Для сої загальна кількість сірки, яку містять амінокислоти, цистеїн і метіонін, становить менш ніж 1,5 % від загального білка, що є нижчим за рівень, який відповідає щоденним рекомендаціям щодо харчування людини (Assefa et al., 2018). Також визначено, що разом незамінні амінокислоти (ізолейцин, гістидин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, треонін, триптофан і валін) і умовно незамінні (аргінін, цистеїн, глутамін, тирозин, гліцин, орнітин, пролін і серин) становлять близько 20 % білка насіння сої (Tessari et al., 2016).

Поряд з іншими факторами, якість насіння залежить від засвоєння достатньої кількості поживних речовин, оскільки вони беруть участь у ключових процесах клітини (Zambiazzi et al., 2014). Такі елементи, як азот, фосфор, калій і кальцій, необхідні для метаболізму рослин і насіння сої. Вони є складниками білків (Tairo & Ndakidemi, 2014) і беруть участь у зберіганні та передачі енергії у формі аденозиндифосфату (АДФ) і аденозинтрифосфату (АТФ). До того ж вони регулюють поглинання води, регуляцію протоків (Singh & Kataria, 2012), а також підтримку та стабільність клітинної мембрани (Schapire et al., 2009).

Вплив удобрення на якість зерна сої є предметом численних досліджень (Jarecki et al., 2015; Salvagiotti et al., 2008; Kaur et al., 2017). Актуальними для сої та інших культур, залишаються питання регіональних особливостей формування урожайності (Trotsenko et al., 2020). Саме ці фактори і обумовлюють доцільність та актуальність проведення експериментальних досліджень із оцінювання якісних показників урожаю сої в умовах Лівобережного Лісостепу України

Матеріали і методи досліджень. Польовий дослід проведено в умовах навчально-науково-виробничого комплексу (ННВК) Сумського національного аграрного університету впродовж 2020–2022 рр. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий глибоко середньогумусний крупнопилувато-середньосуглинковий на лесових породах із вмістом гумусу за Тюрінім – 3,8–4,1 %; рН сольовим 6,0–6,2; вмістом легкогідролізованого азоту за Корнфілдом – 120 мг/кг, рухомих сполук P_2O_5 і K_2O за Чириковим – 195,1 мг/кг та 72,4 мг/кг відповідно.

Об'єкт дослідження – процес формування вмісту білка та амінокислот у зерні сої залежно від сортових особливостей та різних норм добрив.

Предмет дослідження – сорти сої, норми добрив, вміст білка та його амінокислотний склад.

Схема дослідів. Фактор А – сорти сої (Командор, Триада, Тенор); фактор В – норми добрив: контроль (без застосування добрив); розрахункова норма добрив балансовим методом ($N_{45}P_{65}K_{85}$) та рекомендована норма добрив для умов Лівобережного Лісостепу України ($N_{60}P_{60}K_{60}$).

Облікова площа ділянки – 21 м². Повторність дослідів – трикратна. Варіанти в повтореннях було розміщено рандомізованим методом.

Статистичну обробку отриманих результатів дослідів проводили методом дисперсійного аналізу за

Б. О. Доспеховим із використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel та Statistica 10.

Основні метеорологічні дані надані Інститутом сільськогосподарства Північного Сходу НААН України (с. Сад – 5 км від дослідного поля). Для оцінки умов зволоження року було використано загальноприйнятий гідротермічний коефіцієнт Селянінова. Так, найбільш посушливі умови були в 2020 році, про що свідчить ГТК = 0,8. Нормальним за зволоженням був 2021 рік (ГТК=1,3). А от 2022 рік був вологим, що підтверджує розрахований ГТК=1,4. Детальний аналіз температурного режиму та умов зволоження вегетаційного періоду наведено на рис. 1 та 2.

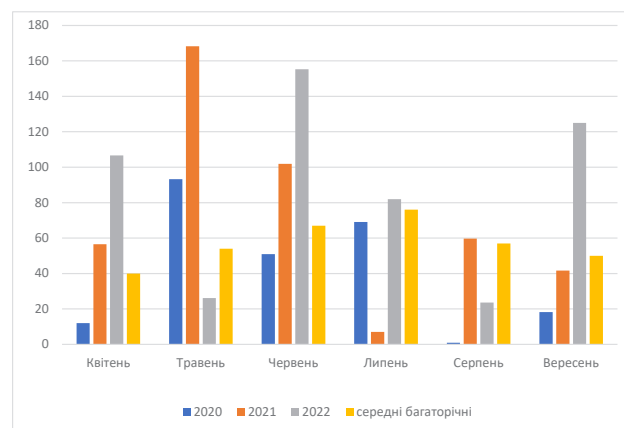


Рис. 1. Середньомісячна сума опадів за роки досліджень 2020–2022 рр., мм

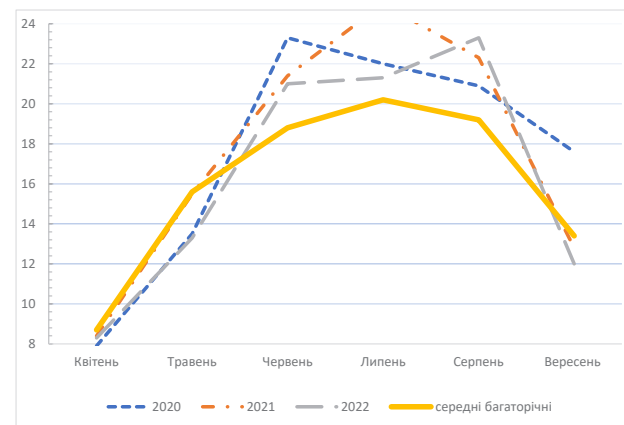


Рис. 2. Середньомісячна температура повітря за роки досліджень 2020–2022 рр., °C

Результати. Вміст білка в зерні сої вищий, ніж в інших бобових, як і якість білка (Hughes et al., 2011). За результатами досліджень упродовж 2020–2022 рр. (табл. 1) установлено, що найбільш сприятливим для формування вмісту білка в зерні сої серед досліджуваних років був 2020 рік, і в середньому вміст білка в зерні становив 41,3 %. Меншим вмістом білка характеризувався 2021 рік – 39,2 %. Найменший вміст білка сформовано за погодних умов 2022 року – 39,0 %. Таку тенденцію могла бути зумовлена посушливими умовами 2020 року і, навпаки, більш вологими умовами 2022 року, адже фактори посухи та спеки можуть призводити до збіль-

Таблиця 1

Вплив удобрення на вміст білка в зерні сої сортів різних груп стиглості в умовах Лівобережного Лісостепу України (середнє за 2020–2022 рр.), %

Сорти (фактор А)	Норма добрив (фактор В)	Вміст білка, %			Середнє	
		2020	2021	2022	фактор А	фактор В
Командор	Без добрив	41,3	38,5	38,8	41,9	40,5
	Розрахункова	42,0	40,1	39,8		41,7
	Рекомендована	42,3	39,1	39,4		41,8
Тріада	Без добрив	39,7	38,2	38,3	40,0	
	Розрахункова	40,4	39,6	39,4		
	Рекомендована	40,0	38,5	38,7		
Тенор	Без добрив	40,5	38,0	38,1	42,1	
	Розрахункова	42,7	39,6	39,2		
	Рекомендована	43,0	41,2	38,9		
Середнє за роками		41,3	39,2	39,0	41,3	
Duncan test _{0,05} AB						2,45

Таблиця 2

Вплив удобрення на вміст незамінних амінокислот у зерні сортів сої різних груп стиглості в умовах Лівобережного Лісостепу України (середнє за 2020–2022 рр.), г/100 г

Сорти (фактор А)	Норма добрив (фактор В)	Незамінні амінокислоти, г/100 г						
		Лізин	Треонін	Метіонін	Валін	Ізолейцин	Лейцин	Фенілаланін
Командор	Контроль	2,25	1,35	0,5	1,81	1,57	2,75	1,92
	Розрахункова	2,58	1,64	0,48	1,97	1,69	3,05	2,15
	Рекомендована	2,56	1,60	0,46	1,96	1,7	2,93	2,06
	Середнє	2,46	1,53	0,48	1,91	1,65	2,91	2,04
Тріада	Контроль	2,40	1,45	0,55	1,87	1,62	2,81	1,99
	Розрахункова	2,41	1,63	0,51	1,99	1,67	2,99	2,11
	Рекомендована	2,42	1,55	0,50	1,93	1,69	3,01	2,14
	Середнє	2,41	1,50	0,52	1,93	1,66	2,94	2,08
Тенор	Контроль	2,34	1,37	0,64	1,71	1,53	2,96	1,93
	Розрахункова	2,58	1,67	0,60	1,92	1,58	3,00	2,13
	Рекомендована	2,69	1,48	0,55	1,81	1,68	3,05	2,28
	Середнє	2,54	1,51	0,60	1,82	1,60	3,00	2,11

шення вмісту білка в зерні сої (Wang & Frei, 2011; Melnyk et al., 2019).

У розрізі сортів (фактор А) було виявлено, що найбільший вміст білка мав середньоранній сорт Тенор, який у середньому сформував 42,1 %. Дещо менший вміст білка мав скоростиглий сорт Командор – 41,9 %. Найменшим вмістом білка характеризувався ранньостиглий сорт Тріада – 40,0 %.

Виявлено позитивний вплив внесення добрив (фактор В) на вміст білка. Отже, найбільший вміст білка отримано за внесення розрахункової та рекомендованої норми добрив – 41,7–41,8 % відповідно. На варіантах без внесення добрив отримано найменший вміст білка – 40,5 %. Загалом вміст білка для дослідів варіював у межах від 38,0 до 43,0 %. За результатами дисперсійного аналізу нами розраховано Дункан-тест – 2,45 %.

Незамінні амінокислоти являють собою амінокислоти, які не можуть синтезувати з проміжних продуктів метаболізму люди та інші хребетні. Вони повинні надходити з харчових продуктів, через те, що в організмі людини відсутні метаболічні процеси, необхідні для синтезу цих амінокислот (Hou et al., 2015).

Було встановлено, що серед досліджуваних сортів сої (фактор А) найбільший вміст лізину (2,54 г/100 г), метіоніну (0,60 г/100 г), лейцину (3,00 г/100 г) та фенілаланіну (2,11 г/100 г) було сформовано сортом Тенор (табл. 2). Найбільший вміст валіну та ізолейцину мало зерно сорту Тріада – 1,93 та 1,66 г/100 г відповідно. Максимальний вміст треоніну (1,53 г/100 г) зафіксовано у сорту Командор.

Очевидним є позитивний вплив внесення мінеральних добрив (фактор В) на вміст амінокислот у зерні сої. Винятком є лише вміст метіоніну, який зменшувався на 0,04–0,09 г/100 г за внесення мінеральних добрив залежно від сорту.

Замінні амінокислоти (аспарагін, глутамін, глутамінова кислота, аланін, серин, цистеїн, тирозин, гліцин, аргінін, пролін, аспарагінова кислота) також мають функціональні переваги та вирішальне значення для метаболізму людини (Hertzler et al., 2020). Соевий білок, наприклад, є гарним джерелом аргініну та гліцину, які є важливими поживними речовинами в циклі сечовини та синтезі колагену (Sá et al., 2020).

**Вплив удобрення на вміст замісних амінокислот у зерні сортів сої різних груп стиглості
в умовах Лівобережного Лісостепу України (середнє за 2020–2022 рр.), г/100 г**

Сорти (фактор А)	Норма добрив (фактор В)	Замісні амінокислоти, г/100 г						
		Аланін	Пролін	Глутамінова кислота	Аспарагінова кислота	Серин	Аргінін	Гістидин
Командор	Контроль	1,49	1,46	5,34	3,71	1,74	2,52	1,35
	Розрахункова	1,64	1,67	5,71	4,05	1,96	3,08	1,39
	Рекомендована	1,64	1,60	6,07	4,01	1,99	2,71	1,65
	Середнє	1,59	1,58	5,71	3,92	1,85	2,77	1,46
Тріада	Контроль	1,56	1,62	5,85	3,91	1,90	2,26	1,23
	Розрахункова	1,57	1,78	5,97	4,04	1,98	2,65	1,24
	Рекомендована	1,6	1,65	6,25	4,28	2,01	2,32	1,60
	Середнє	1,58	1,68	6,11	3,98	1,94	2,64	1,36
Тенор	Контроль	1,44	1,61	5,46	3,85	1,82	2,38	1,34
	Розрахункова	1,52	1,79	6,11	3,96	1,96	2,59	1,44
	Рекомендована	1,61	1,68	6,35	4,2	2,17	2,46	1,61
	Середнє	1,52	1,69	5,97	4,00	1,98	2,78	1,53

За результатами трирічних досліджень (табл. 3) виявлений вплив сортових особливостей на вміст замісних амінокислот у зерні сої. Так, максимальний вміст аланіну (1,59 г/100 г) зафіксовано в сорту Командор, глутамінової кислоти (1,66 г/100 г) – у сорту Тріада, проліну (1,69 г/100 г), аспарагінової кислоти (4,00 г/100 г), серину (1,98 г/100 г), аргініну (1,78 г/100 г) та гістидину (1,53 г/100 г) – у сорту Тенор.

У розрізі фактору В (норми добрив) максимальні показники вмісту: аланіну (1,60–1,64 г/100 г), глутамінової кислоти (6,07–6,35 г/100 г), серину (1,99–2,17 г/100 г) та гістидину (1,60–1,65 г/100 г) спостерігалися за внесення рекомендованої норми добрив; проліну (1,67–1,79 г/100 г) та аргініну (2,59–3,08 г/100 г) – за внесення розрахункової норми. Найнижчі значення вмісту за всіма наведеними замісними амінокислотами формувалися на варіантах без застосування добрив.

Узагальнюючи все вище сказане, можна зробити висновок, що саме за вирощування середньораннього сорту Тенор було отримано зерно з вищими показниками вмісту більшості амінокислот.

Обговорення. Загалом, результати досліджень щодо впливу погодних умов на вміст білка в зерні сої є неоднозначними. Досить переконливими є результати, що вказують на позитивний вплив високих температур (>20 °C до <28 °C) упродовж вегетаційного періоду на частку білкового компоненту (Vollmann, et al., 2000; Sudaric et al., 2006). Водночас деякі дослідження свідчать про негативну кореляцію між температурою та вмістом білка (Maestri et al., 1998). Науковцями східної частини Лісостепу України підтверджено факт кращого накопичення білка в умовах стабільного теплозабезпечення у фазі наливу та дозрівання бобів (Posylaieva et al., 2014; Melnyk & Romanko (2016); Melnyk et al., 2022). Крім погодних умов, на вміст білка впливають і сортові особливості. За результатами досліджень науковців Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН установ-

лено, що найбільший вміст білка був у сортів Адамос – 41,23 %, Мальвіна – 40,12 %, Мелодія–39,69 % та Вереснева – 39,52 %, а мінімальний – у сорту Білявка (31,72 %) (Tsekhmeystruk et al., 2020; Kalenska et al., 2022).

Також у науковій літературі фігурують підтвердження позитивного впливу внесення мінеральних добрив на показники якості насіння. За дослідженнями Фурмана В. А., Каленської С. М., Новицької Н. В. та інших науковців у Правобережному Лісостепу та Поліссі України виявлено, що внесення мінеральних добрив збільшувало вміст сирого протеїну в зерні сої в середньому на 0,74–2,06 % (Batsmanova et al., 2020; Novytska et al., 2020; Furman et al., 2022).

За дослідженнями іноземних науковців встановлено, що на амінокислотний склад сої впливає і концентрація білка. Відносний вміст амінокислот, таких як лізин, метіонін, цистеїн, триптофан і треонін, зменшувався зі збільшенням концентрації білка в насінні, тоді як аргінін і глутамінова кислота збільшувалися (Pfarr et al., 2018). Співвідношення між білком насіння та вмістом амінокислот змінюється залежно від виду амінокислоти. Наприклад, лізин, метіонін, цистеїн, триптофан і треонін негативно корелюють із вмістом білка в насінні, тоді як аргінін і глутамінова кислота навпаки збільшуються (Medic et al., 2014).

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу України більш сприятливими для формування вмісту білка в зерні сої (41,3 %) були умови 2020 року. У розрізі сортів кращий результат (42,1 %) забезпечував сорт Тенор. Оптимальним варіантом для накопичення білка в урожаї (41,8 %) було внесення розрахункової норми добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$).

У процесі досліджень спостерігалася деяка тенденція вищого вмісту більшості амінокислот у середньораннього сорту Тенор. Виявлено позитивний вплив удобрення на вміст основних амінокислот у зерні сої.

Бібліографічні посилання:

1. Assefa, Y., Bajjalieh, N. & Archontoulis, S. (2018). Spatial Characterization of Soybean Yield and Quality (Amino Acids, Oil, and Protein) for United States. *Sci. Rep.* 8, 14653 doi: 10.1038/s41598-018-32895-0.
2. Basson, A. R., Ahmed, S., Almutairi, R., Seo, B. & Cominelli, F. (2021). Regulation of Intestinal Inflammation by Soybean and Soy-Derived Compounds. *Foods*, 10, 774. doi: 10.3390/foods10040774.
3. Batsmanova, L., Taran, N., Konotop, Y., Kalenska, S. & Novytska, N. (2020). Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*, 21(2), 311–319. doi: 10.5513/JCEA01/21.2.2414
4. Chen, K.I., Erh, M.H., Su, N.W., Liu, W.H., Chou, C.C. & Cheng, K.C. (2012) Soyfoods and soybean products: From traditional use to modern applications. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 96, 9–22. doi: 10.1007/s00253-012-4330-7.
5. Egli, D. B. & Crafts-Brandner, S. J. (2017). «Soybean» in *Photoassimilate Distribution Plants and Crops Source-Sink Relationships*. New York, NY, Routledge, 595–624. doi: 10.1201/9780203743539.
6. Furman, V. A., Furman, O. V. & Svystunova, I. V. (2022). Urozhainist ta yakist nasinnia soi zalezno vid inokulatsii ta udobrennia v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Yield and quality of soybean seeds depending on inoculation and fertilizing in the conditions of the right bank Forest Steppe]. *Naukovi dopovidi NUBiP*, 2(96). (in Ukrainian). doi: 10.31548/dopovidi2022.02.004
7. Hertzler, S.R., Lieblein-Boff, J.C., Weiler, M. & Allgeier, C. (2020). Plant proteins: assessing their nutritional quality and effects on health and physical function. *Nutrients*, 12(12), 3704. doi: 10.3390/nu12123704.
8. Hou, Y., Yin, Y. & Wu, G. (2015). Dietary essentiality of “nutritionally non-essential amino acids” for animals and humans. *Exp Biol Med* (Maywood), 240(8), 997–1007. doi: 10.1177/1535370215587913.
9. Hughes, G. J., Ryan, D. J., Mukherjee, R. & Schasteen, C. S. (2011). Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS) for soy protein isolates and concentrate: criteria for evaluation. *J Agric Food Chemistry*, 59, 1270, 7–12. doi: 10.1021/jf203220v.
10. Jarecki, W. & Bobrecka-Jamro, D. (2015). Effect of fertilization with nitrogen and seed inoculation with nitragina on seed quality of soya bean (*Glycine max* (L) Merrill). *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 14(3), 51–59.
11. Kaur, G., Serson, W., Orlowski, J., McCoy, J., Golden, B. & Bellaloui, N. (2017). Nitrogen sources and rates affect soybean seed composition in Mississippi. *Agronomy*, 7(4), 77.
12. Kalenska, S., Novytska, N., Kalenskyi, V., Garbar, L., Stolyarchuk, T., Doktor, N., Kormosh, S. & Martunov, A. (2022). The efficiency of combined application of mineral fertilizers, inoculants in soybean growing technology, and functioning of nitrogen-fixing symbiosis under increasing nitrogen rates. *Agronomy Research*, 20(4), 730–750, doi: 10.15159/AR.22.075.
13. Kudelka, W., Kowalska, M. & Popis, M. (2021) Quality of Soybean Products in Terms of Essential Amino Acids Composition. *Molecules*, 26(16), 5071. doi: 10.3390/molecules26165071.
14. Maestri, D. M., Labuckas, D. O., Meriles, J. M., Lamarque, A. L., Zygodlo, J. A. & Guzmán, C. A. (1998). Seed composition of soybean cultivars evaluated in different environmental regions. *J. Sci. Food Agric.*, 77, 494–498.
15. Marowka, M., Peters, G. W., Kantas, N., & Bagnarosa, G. (2020). Factor-augmented Bayesian cointegration models: A case-study on the soybean crush spread. *Journal of the Royal Statistical Society, Applied Statistics, Series C*, 69(2), 483–500. doi: 10.1111/rssc.12395.
16. Medic, J., Atkinson, C. & Hurburgh, C. R. (2014). Current knowledge in soybean composition. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 91, 363–384 doi: 10.1007/s11746-013-2407-9.
17. Melnyk, A. V. & Romanko, Yu. O. (2016) Urozhainist nasinnia soi zalezno vid tekhnolohii vyroshchuvannya v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Soybean seeds yield capacity depending on the cultivation technology under the conditions of Left-bank Forest-steppe Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu : naukovi zhurnal. - Ser. «Ahronomiia i biolohiia»*, 2(31), 133–137 (in Ukrainian).
18. Melnyk, A. V., Romanko, Yu. O., Romanko, A. Yu. & Dudka, A. A. (2019) Vplyv pohodno-klimatychnykh parametriv na vrozhaunist zerna suchasnykh sortiv soi v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Effect of weather and climate parameters on the crop productivity of modern soybean varieties in the north-eastern Forest steppe of Ukraine]. *Tavriyskiy naukovi visnyk*, 109(1), 76–83. doi: 10.32851/2226-0099.2019.109-1.12 (in Ukraine).
19. Melnyk, A., Romanko, Y., Dudka, A., Chervona, V., Brunyov, M. & Sorokolit, E. (2022) Ecological elasticity of soy varieties' performance according to climatic factors in Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*, 11(2), 91–99. doi: 10.17930/AGL2022212.
20. Modgil, R. & Kumar, V. (2021). Soybean (*Glycine max*) In: Tanwar A., Goyal A., editors. *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications*. Springer; Singapore.
21. Monte Singer, W., Zhang, B., Rouf Mian, M. A. & Huang, H. (2020) Soybean Amino Acids in Health, Genetics, and Evaluation. *Soybean for Human Consumption and Animal Feed*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.89497
22. Novytska, N., Gadzvsokiy, G., Mazurenko, B., Kalenska, S., Svistunova, I. & Martynov, O. (2020). Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in Western Polissya of Ukraine *Agronomy Research*, 18(4). doi: 10.15159/ar.20.203
23. Pfarr, M. D., Kazula, M. J., Miller-Garvin, J. E. & Naeve, S. L. (2018) Amino acid balance is affected by protein concentration in soybean. *Crop Science*. 58(5), 2050–2062. doi: 10.2135/cropsci2017.11.0703.
24. Philis, G., Gracey, E. O., Gansel, L. C., Fet, A. M. & Rebours, C. (2018). Comparing the primary energy and phosphorus consumption of soybean and seaweed-based aquafeed proteins – A material and substance flow analysis. *J. Clean. Prod.*, 200, 1142–1153. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.247.
25. Posylaieva, O. O., Kyrychenko, V. V., & Sheliakina, T. A. (2014). Vplyv defitsytu volohy i pidvyshchennykh temperatur na nakopychennia bilku v nasinni su-chasnykh sortiv soi [Influence of moisture deficiency and high temperature on protein accumulation in seeds of modern soybean varieties]. *Seleksiia i nasinnystvo*, 105, 149–156 (in Ukrainian).

26. Sá, A., Moreno, Y. & Carciofi, B. (2020). Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 60 (20), 3367–3386. doi: 10.1080/10408398.2019.1688249.
27. Salvagiotti, F., Cassman, K. G., Specht, J. E., Walters, D. T., Weiss, A. & Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: a review. *Field Crops Research*, 108, 1, 1–13.
28. Schapire, A. L., Valpuesta, V., & Botella, M. A. (2009). Plasma membrane repair in plants. *Trends in Plant Sciences*, 14(12), 645–652. doi: 10.1016/j.tplants.2009.09.004.
29. Singh, N., & Nisha, K. (2012). Role of potassium fertilizer on nitrogen fixation in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under quantified water stress. *Journal of Agricultural Technology*, 8(1), 377–392.
30. Sudaric, A.; Simic, D. & Vratarić, M. (2006). Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programmes of southeast Europe. *Plant Breed*, 125, 191–194.
31. Szostak, B., Głowacka, A., Kasiczak, A., Kiełtyka-Dadasiewicz, A. & Bąkowski, M. (2020). Nutritional value of soybeans and the yield of protein and fat depending on a cultivar and the level of nitrogen application. *J. Elem.*, 25(1), 45–57. doi: 10.5601/jelem.2019.24.2.1769.
32. Tairo, E. V., & Ndakidemi, P. A. (2014). Micronutrients uptake in soybean (*Glycine max* L.) as affected by *Bradyrhizobium japonicum* inoculation and phosphorus (p) supplements. *World Journal of Soil and Crop Science s Research*, 1(1), 1–9. doi:10.4236/ajps.2014.54063.
33. Tessari, P., Lante, A. & Mosca, G. (2016). Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint? *Sci. Rep.*, 6, 26074.
34. Tsekhmeystruk, M. G., Sheliakin, V. O., Glubokyy, O. M. & Sheliakina, T. A. (2020). Vplyv foniv mineralnoho zhyvlennia na urozhainist ta yakist sortiv soi. Seleksiia i nasinnytstvo. [Influence of mineral nutrition on yields and quality of soybean varieties]. *Seleksiia i nasinnytstvo*, 117, 206–214. (in Ukrainian). doi: 10.30835/2413-7510.2020.207183
35. Trotsenko, V., Kabanets, V., Yatsenko, V. & Kolosok, I. (2020). Modeli formuvannia produktyvnosti soniashnyku ta yikh efektyvnosti v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy. [Models of sunflower productivity formation and their efficiency in the conditions of the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia ta biolohiia*, 40 (2), 72–78 (in Ukrainian). doi: 10.32782/agrobio.2020.2.9
36. Vollmann, J., Fritz, C.N., Wagentristl, H. & Ruckenbauer, P. (2000). Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. *J. Sci. Food Agric.*, 80, 1300–1306.
37. Wang, Y. & Frei, M. (2011). Stressed Food – The Impact of Abiotic Environmental Stresses on Crop Quality. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 141, 271–286. doi: 10.1016/j.agee.2011.03.017.
38. Zambiazzi, E. V., Bruzi, A. T., Carvalho, M. L. M., Soares, I. O., Zuffo, A. M., Rezende, P. M., & Miranda, D. H. (2014). Potassium fertilization and physiological soybean seed quality. *Agricultural Sciences*, 5(11), 984–991. doi: 10.4236/as.2014.511106.

Bruniov M. I., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Dudka A. A., Senior Lecturer, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Effect of fertilizer on protein content and its amino acid composition in soy seeds of different maturity groups under the conditions of the Left bank Forest-Steppe of Ukraine

A significant advantage of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) over other crops is its high protein content and balanced amino acid composition. In this regard, the issue of using soybean varieties, whose cultivation could meet the needs of the food industry, as well as the development of an optimal fertilization system to allow revealing the genotypic potential of qualitative indicators of soybean grain, becomes relevant. Despite the balanced natural chemical composition of soybeans, the application of mineral fertilizers can increase its quality indicators. Currently, in Ukraine, the issue of the effect of varietal characteristics and different rates of mineral fertilizers on the amino acid composition of soybeans is not sufficiently studied.

The research was aimed at studying the features of the formation of the content of protein and amino acids in soybeans depending on weather conditions, varietal characteristics, and fertilization in the Left Bank Forest-Steppe zone of Ukraine. The study of the effect of calculated (N45P65K85) and recommended (N60P60K60) fertilizer rates on the formation of the quality of soybeans of different maturity groups (Komandor, Triada, and Tenor) was carried out in terms of the educational-scientific-production complex (ESPC) of the Sumy National Agrarian University during 2020–2022.

As the results of research, the influence of weather conditions on the protein content of soybeans has been established, where the distribution of temperature and precipitation in 2020 was the most favorable for the formation of the maximum protein content (41.3%) in soybeans for the years under study. The influence of varietal characteristics on this indicator has also been revealed. The most protein-containing among the varieties was the Tenor variety (42.1%). The early ripening Komandor variety had a slightly lower protein content – 41.9%. The lowest protein content characteristic for the early ripening variety Triada – 40.0%. Among the studied rates of mineral fertilizers, the highest protein content was obtained when applying the estimated and recommended rates of fertilizers – 41.7–41.8%, respectively. During the research, a tendency to increase the content of most amino acids in the middle-early variety Tenor was observed. An increase in the content of amino acids both replaceable and non-replaceable in soybeans due to the application of mineral fertilizers has been recorded. The only exception was indispensable methionine, whose content decreased by 0.04–0.09 g/100 g when mineral fertilizers were applied compared to the control.

Key words: soybean, variety, weather conditions, seed quality, protein content, amino acid composition.

ОЦІНКА СТАНУ ПОПУЛЯЦІЙ РІДКІСНИХ ВИДІВ РОСЛИН *CIRCAEA ALPINA* L. ТА *LILIUM MARTAGON* L. В НПП «ДЕСНЯНСЬКО-СТАРОГУТСЬКИЙ»

Клименко Ганна Олександрівна

кандидат біологічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0003-1859-4997

annaklimenko2014@gmail.com

Артеменко Денис Вікторович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-2754-8442

art.denis1978@gmail.com

Клименко Ігор Михайлович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-3726-681X

akadem.publik.info@gmail.com

Нині доведено, що збіднення біорізноманіття екосистем неминуче позначиться на якості життя і здоров'ї населення як окремих регіонів, так і всієї планети у цілому. В свою чергу, біорізноманіття є основою національного багатства кожної держави, і передусім це стосується трав'янистих рослин – базової ланки будь-якої екосистеми та біосфери планети. Одним із основних факторів у збереженні флори є створення об'єктів природно-заповідного фонду, це найпоширеніший спосіб охорони не тільки окремих видів, а й цілих екосистем. Вивчення популяцій рідкісних видів як критичної складової екосистем, є актуальною проблемою, особливо в нинішній час, коли достатньо важко змінити існуючу нераціональну систему природокористування. Популяційні дослідження дозволяють здійснити оцінку стану як окремих популяцій, так виду у цілому. Відповідно, дослідження популяцій рідкісних видів рослин, що охороняються на природно-заповідних територіях, є актуальними.

Проведена оцінка стану популяцій двох рідкісних видів рослин, що охороняються на території Національного природного парку «Денсянсько-Старогутський» (НППДС). *Circaea alpina* L. – регіонально рідкісний вид, що підлягає охороні на території Сумської області, і такий, що занесений до Міжнародного союзу охорони природи як неоцінений, і знаходиться на межі свого загального ареалу існування. Рослини *C. alpina* у середньому були заввишки 13,2 см, мали від 10 до 15 листків, могли містити до 6 бічних пагонів, формували близько 27 квітів у суцвіттях завдовжки близько 5 см. *Lilium martagon* L. – вид, занесений до Червоної книги України, який має статус охорони «неоцінений». Рослини *L. martagon* у середньому були заввишки 87 см, формували близько 18 листків і три мутовки листя, на рослинах закладалось від 2 до 11 квітів, а довжина суцвіття коливалась у межах від 2 до 20 см і в середньому була близько 10 см. За результатами проведення кореляційного аналізу для *C. alpina* виявлено 19 статистично значимих (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції з 45 співставлень, що складає близько 40%, а для *L. martagon* виявлено 27 статистично значимих (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції з 45 співставлень, що складає близько 60%. Вищими індекси морфологічної інтеграції були у рослин *L. martagon* (60,0 та 1,13), а нижчими – у рослин *C. alpina* (42,2 та 0,82). Оцінка індексів морфінтегрованості рослин свідчить про їх цілісність для обох видів рідкісних рослин, відповідно, дані популяції зростають в оптимальних для них умовах. Вкрай важливе і бажане продовження спостережень за даними популяціями рідкісних видів рослин, що зростають в НППДС, за можливості до них дістатися і проводити такі спостереження. Також вкрай важливе обстеження прилеглих територій з метою їх подальшого заповідання на заміну тих, до яких неможливо дістатися через активні бойові дії.

Ключові слова: біорізноманіття, рідкісні види рослин, популяційні дослідження, сталий розвиток, природно-заповідні території.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.3>

Вступ. Нині доведено, що збіднення біорізноманіття екосистем неминуче позначиться на якості життя і здоров'ї населення як окремих регіонів, так і всієї планети у цілому (Davudok et al., 2003; Didukh & Ogarenko, 2008; Mardari, 2008). В свою чергу, біорізноманіття є основою національного багатства кожної держави (Shelyag-Sosonko, 2010), і в першу чергу це стосується трав'янистих рослин – базової ланки будь-якої екосистеми

та біосфери планети (Kovalenko et al., 2023). У сфері екологічної безпеки держави збереження та невиснажливе використання біорізноманіття розглядається як один із перших пріоритетів (Dubovich et al., 2019). Україна підписала та ратифікувала низку міжнародних договорів, конвенцій та угод у сфері охорони і збереженні біорізноманіття, використовує передовий досвід у цій сфері зарубіжних країн, у першу чергу ЄС. Україна, займаючи

менше 6% площі Європи, володіє не менше 35% її біорізноманіття, і за цим показником випереджає майже всі європейські країни (Zlobin et al., 2022). До низки чинників, що є реальною загрозою втрати біорізноманіття (зміна клімату, посилення антропогенного тиску тощо) нині додалися ще й широкомасштабні воєнні дії, що з 2022 року стали надзвичайно потужним фактором (Angurets et al., 2023). Їх масштаб величезний, а наслідки, прямі й опосередковані, нині повною мірою неосяжні.

Одним із основних факторів у збереженні флори є створення об'єктів природно-заповідного фонду (Andrienko, 2008), це найпоширеніший спосіб охорони не тільки окремих видів, а й цілих екосистем (Arya & Samant, 2019; Dmytrash-Vatseba et al., 2020; Panchenko et al. 2003). Природно-заповідні території є основними осередками збереження рідкісних видів рослин, що є важливим завданням як для України, так і для Європи у цілому (Shelyag-Sosonko et al., 2004). Вивчення популяцій рідкісних видів як критичної складової екосистем є актуальною проблемою, особливо в нинішній час, коли достатньо важко змінити існуючу нераціональну систему природоохористування. Популяційні дослідження дозволяють здійснити оцінку стану як окремих популяцій, так виду у цілому (Klymenko et al., 2023a). Відповідно, дослідження популяцій рідкісних видів рослин, що охороняються на природно-заповідних територіях, є актуальними.

Мета роботи – визначити та оцінити стабільність та стійкість існування популяцій двох рідкісних видів рослин у межах Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський» (НППДС) – *Circaea alpina* L. та *Lilium martagon* L.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводились на території Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський» (НППДС), який розташований на півночі Сумської області. Дослідженнями були охоплені популяції двох рідкісних видів рослин – регіонально рідкісного виду *C. alpina*, що зростає у фітоценозі *Quercetum coryloso-dryopteriosum*, та рідкісного виду, занесеного до Червоної книги України (Red Book..., 2009), *Lilium martagon* з фітоценозу *Fraxinetum coryloso-convallariosum*.

C. alpina – багаторічна трав'яниста рослина. Геофіт. Ареал циркумбореальний. Зазвичай приурочений до свіжих хвойних лісів, іноді з домішкою вільхи. Мегатроф. Заввишки 5–30 см. Цвіте в червні–серпні. Статус – вид є рідкісним на території Сумської області (Boufford et al., 1990; List of plants..., 2012). На території НППДС відомо 2 місцезнаходження даного виду (Panchenko, 2005).

L. martagon – багаторічна цибулинна трав'яниста рослина. Євросибірський тип ареалу. Геофіт, мезофіт. Мезотроф. Зустрічається в основному в соснових та сосново-широколистяних лісах. Заввишки 60–120 см. Цвіте в червні–липні. Статус – занесений до Червоної книги України як неоцінений вид (Bayrak & Stetsyuk, 2005; Budnikov, 2005; Red Book..., 2009). На території НППДС відомо кілька місцезнаходжень даного виду (Panchenko, 2005).

Морфометричні методи надають важливу інформацію про стан особин рослин (Evans, 1972). Але використання їх у повному обсязі вимагає знищення значної частини

рослин популяції. Це неприпустимо по відношенню до рідкісних та охоронюваних рослин, адже через малу чисельність особин у популяціях деяких рідкісних рослин взагалі означало б повне знищення популяції. Тому нами, як правило, використовувалась тільки та група морфометричних показників, які можливо врахувати у польових умовах без знищення рослин. Обидві популяції мали генеративні рослини, обстеження яких і проводилось методами неруйнуючого морфометричного аналізу (Zlobin et al., 2022). У цілому було обстежено близько 50 рослин обох видів, у яких визначали низку морфопараметрів. Основні морфометричні параметри, що використовувались, разом із результатами дослідження, наведено у табл. 1–2.

Залежно від життєвої форми досліджуваної рослини набір морфометричних параметрів змінювався, що зазначено при обговоренні результатів. При обробці матеріалу вираховувались всі необхідні статистичні показники і їх похибки: середнє арифметичне, дисперсія, похибка середнього арифметичного, коефіцієнт варіації та ін. Окрім того, використовувались методи багатовимірної статистики, у т.ч. дисперсійний аналіз (Zlobin et al., 2022).

Рівень мінливості ознак оцінювали величиною коефіцієнта варіації (у відсотках). Зазвичай у морфології рослин використовуються такі оціночні шкали: коефіцієнт варіації менше 7% – мінливість ознаки дуже низька, 7–12% – низька, 13–20% – середня, 21–40% – висока і більше 40% – дуже висока. Підвищена мінливість ознак у рослин популяцій спостерігається у випадках значної диференціації особин популяції за розміром і морфологічною структурою, яка зазвичай є наслідком мікрอมозаїчності середовищ існування та впливу деяких видів стресу. Вона трактується як прояв фенотипічної пластичності і є відображенням здатності рослини адаптуватися до умов місцезростання (Zlobin et al., 2022).

Морфодіаграми дозволили візуально порівняти подібність і відмінність морфологічної структури особин за різними роками дослідження (як в даному випадку) або особин із різних локальних популяцій (Klymenko et al., 2023b).

Зкорельованість морфологічних структур визначали за індексом цілісності, який, на думку Злобіна Ю.А. (Zlobin et al., 2022), після проведеної перевірки кількох індексів, виявився найбільш ефективним, і вираховується за наступною формулою:

$$I = \frac{B}{(n^2 - n) / 2} \cdot 100\%,$$

де I – індекс морфологічної інтеграції, тобто цілісності особи, B – кількість статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції в матриці, n – загальна кількість оцінених морфометричних параметрів.

Також використовували модифікований індекс морфологічної інтеграції (Skliar et al., 2016), який вираховували за формулою:

$$Im = \frac{1B \leq 0,5 + 2B > 0,5 \dots < 0,8 + 3B \geq 0,8}{(n^2 - n) / 2},$$

де $B \leq 0,5$ – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції, значення яких за модулем перебувають у діапазоні від 0 до 0,5 включно;

$B > 0,5 \dots < 0,8$ – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції, значення яких за модулем є більшими 0,5 та меншими за 0,8; $B \geq 0,8$ – кількість у матриці статистично достовірних (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції, значення яких за модулем є більшими за 0,8;

n – загальна кількість оцінених морфометричних параметрів.

Матриці коефіцієнтів кореляції симетричні, у зв'язку з цим підрахунок кількості статистично достовірних коефіцієнтів кореляції здійснювали лише в одній її половині (зазвичай нижче головної діагоналі, яка заповнена позначкою 1,000).

Результати. Результати статистичного аналізу і власне морфопараметри для кожного виду наведено у табл. 1 та 2. Як видно з таблиці 1, рослини *C. alpina* у середньому були заввишки 13,2 см, найвищі особини – майже 17 см, рослини мали від 10 до 15 листків, до 6 бічних пагонів, на яких також розвивалось листя та генеративні структури. Загальна площа листової поверхні рослини мала досить значний діапазон – від 24 до 129 см², це спостерігалось саме за рахунок утворення бічних пагонів і формування на них листя. Суцвіття, у середньому, було завдовжки 5,3 см, у деяких рослин доходило і до 7,5 см. Квітів на одній рослині формувалось від 9 до 84 штук, а у середньому на одну рослину припадало 27,4 квітки.

Такі параметри, як кількість квіток і загальна площа листової поверхні мали найбільший розкид у діапазоні, і відповідно найвищу дисперсію – 269,2 та 768,9 відповідно.

В таблиці 2 наведені дані статистичної обробки морфопараметрів особин *L. martagon*. Рослини цього виду в досліджуваній популяції були заввишки, в середньому, 87 см, найвищі особини досягали висоти 117 см, а найнижчі – близько пів метра (42 см). У середньому, на рослині формувалось близько 18 листків, але іноді доходило і до 34 листків на рослину. Це було притаманно високим рослинам, на яких утворювалось від 2 до 4 мутовок листків. За загальною площею листової поверхні рослини *L. martagon* утворювали значний діапазон – від 247 см² на рослину, до 1500 см² на рослину що, у свою чергу, відбивалося на генеративній сфері рослин – на рослинах закладалось від 2 до 11 квіток, а довжина суцвіття коливалась у межах від 2 до 20 см і у середньому була близько 10 см.

За значенням коефіцієнта варіації також спостерігали значний розкид для врахованих морфопараметрів *C. alpina* (рис. 1). Бачимо, що найнижчі рівні коефіцієнта варіації відмічали для вегетативної сфери рослин – висота рослини, кількість листків, довжина і ширина одного листка тощо. А от найвищі значення коефіцієнта варіації прийшлись на генеративну сферу рослин *C. alpina* – кількість квіток і кількість бічних пагонів, адже саме вони забезпечували формування більшої кількості генеративних структур у розрахунку на рослину.

Схожа ситуація відмічалася і для *L. martagon* (рис. 2).

Таблиця 1

Статистичний аналіз морфопараметрів *C. alpina*

Морфопараметри	Середнє та його похибка	Мінімальне значення	Максимальне значення	Дисперсія	Коефіцієнт варіації, %
Висота, см	13,2±0,39	9,5	16,9	3,7	14,6
Кількість листків, шт.	12,0±0,33	10,0	15,0	2,7	13,8
Довжина черешка, см	2,1±0,11	1,1	3,0	0,3	26,6
Довжина листка, см	3,0±0,15	1,8	4,7	0,6	25,0
Ширина листка, см	2,5±0,09	1,6	3,3	0,2	18,7
Довжина суцвіття, см	5,3±0,27	2,2	7,5	1,9	25,9
Кількість квіток, шт.	27,4±3,28	9,0	84,0	269,2	59,9
Кількість бічних пагонів, шт.	1,7±0,31	0,0	6,0	2,4	92,1
Площа одного листка, см ²	5,4±0,44	2,0	10,8	4,8	40,3
Загальна площа листової поверхні рослини, см ²	65,1±5,55	24,1	129,5	768,9	42,6

Таблиця 2

Статистичний аналіз морфопараметрів *L. martagon*

Морфопараметри	Середнє та його похибка	Мінімальне значення	Максимальне значення	Дисперсія	Коефіцієнт варіації, %
Висота, см	87,1±3,65	42,0	117,0	359,1	21,8
Довжина листка, см	12,5±0,28	10,2	15,4	2,2	11,7
Ширина листка, см	3,8±0,09	2,7	4,8	0,2	12,6
Площа одного листка, см ²	32,9±1,36	22,5	46,3	49,6	21,4
Загальна площа листової поверхні рослини, см ²	328,4±52,57	247,6	1500,9	74617,6	43,5
Кількість листя, шт.	18,9±1,14	11,0	34,0	35,4	31,5
Кількість мутовок листків, шт.	2,8±0,13	2,0	4,0	0,5	25,1
Довжина суцвіття, см	9,8±1,05	2,6	21,2	29,7	55,8
Кількість квіток, шт.	6,0±0,40	2,0	11,0	4,3	34,2
Кількість плодів, шт.	2,3±0,39	0,0	6,0	4,1	87,8

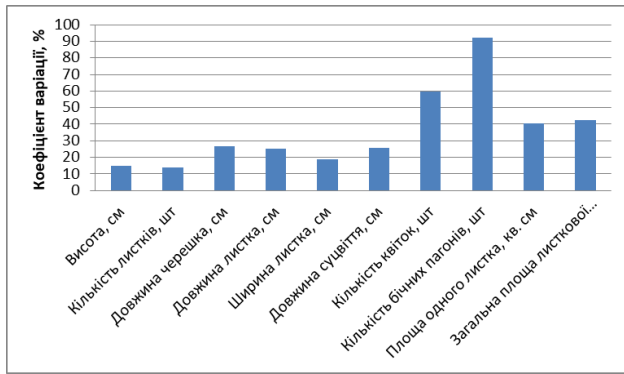


Рис. 1. Значення коефіцієнта варіації для морфопараметрів *C. alpina*

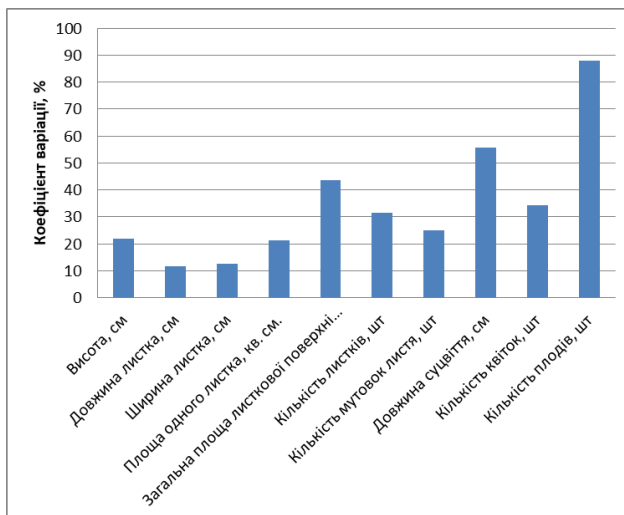


Рис. 2. Значення коефіцієнта варіації для морфопараметрів *L. martagon*

Із рисунку видно, що найбільші значення коефіцієнта варіації притаманні параметрам генеративної сфери – кількість плодів, довжина суцвіття, кількість квіток. Найнижчі рівні коефіцієнта варіації, як і у попереднього виду, відмічали для параметрів вегетативної сфери – довжина і ширина листків, кількість листків і мутіток листків, висота рослини тощо.

Також нами був проведений аналіз морфологічної цілісності рослин. Морфограма структури особин *C. alpina* у досліджуваній популяції, що знаходиться у фітоценозі *Quercetum coryloso-dryopteriosum* наведена на рис. 3, а морфограма для особин *L. martagon* – на рис. 4. Значення усіх параметрів виражені у відсотках.

Для особин популяції *C. alpina* піки припадають на морфопараметри: загальна площа листкової поверхні та кількість квіток, у цілому більше виражена вегетативна сфера рослин. Подібну ситуацію спостерігали і для рослин *L. martagon*, коли найбільший внесок робив морфопараметр загальної площі листкової поверхні рослини, а на другому місці – висота рослини.

На основі даних морфометричних досліджень *C. alpina* та *L. martagon* був проведений кореляційний аналіз, результати якого в формі кореляційних матриць для низки досліджуваних параметрів представлені на рис. 5 та 6.

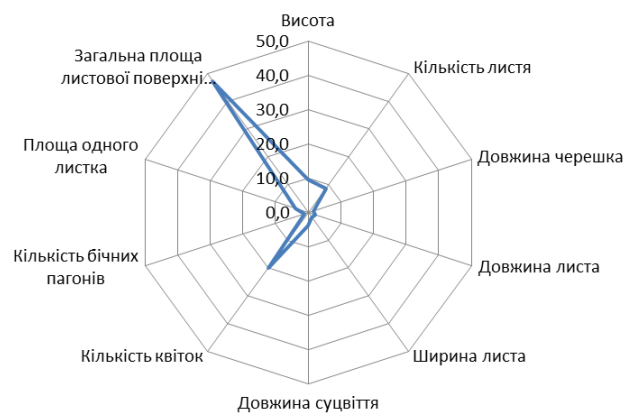


Рис. 3. Морфограма рослин *C. alpina*

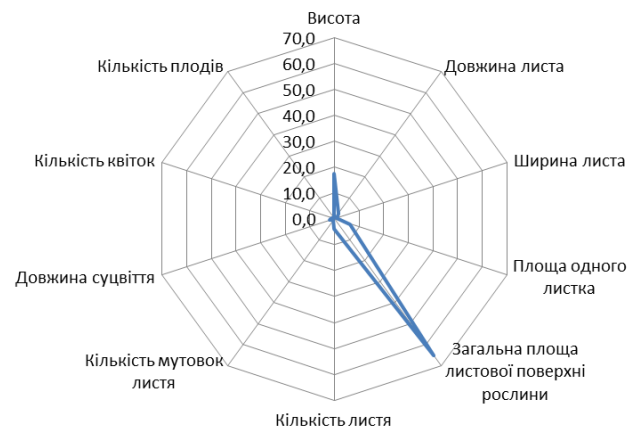


Рис. 4. Морфограма рослин *L. martagon*

Для *C. alpina* виявили позитивну взаємозалежність наступних морфопараметрів: висота рослини і кількість листків; висота рослини і довжина суцвіття; кількість листків на рослину і кількість бічних пагонів; довжина листка і довжина черешка; ширина листка і довжина черешка; площа листкової поверхні одного листка і довжина черешка; загальна площа листкової поверхні рослини і довжина черешка; довжина листка і ширина листка; кількість квіток і довжина листка; площа листкової поверхні одного листка і довжина листка; загальна площа листкової поверхні рослини і довжина листка; площа листкової поверхні одного листка і ширина листка; загальна площа листкової поверхні рослини і ширина листка; довжина суцвіття і кількість квіток; кількість квіток і кількість бічних пагонів; площа листкової поверхні одного листка і кількість квіток; загальна площа листкової поверхні рослини і кількість квіток; загальна площа листкової поверхні рослини і кількість бічних пагонів; площа листкової поверхні одного листка і кількість бічних пагонів. Усього було виявлено 19 статистично значимих (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції з 45 співставлень, що складає близько 40%.

Аналогічні розрахунки були проведені і для рослин *L. martagon*, що зростають у фітоценозі *Fraxinetum coryloso-convallariosum* в урочищі «Очкинська дача» (рис. 6).

Із кореляційної матриці видно, що усі статистично значимі кореляційні коефіцієнти мали позитивний харак-

Variable	Means	Std.Dev.	h	NI	Lch	LI	Ls	Lfl	Nfl	Nb_p	aL	A
h	13,15600	1,92529	1,000000	0,425628	0,168295	0,248931	0,215064	0,574137	0,389923	0,355996	0,216364	0,324429
NI	11,96000	1,64520	0,425628	1,000000	0,150532	0,026702	0,087162	0,147731	0,263004	0,436773	0,040861	0,362161
Lch	2,06400	0,54915	0,168295	0,150532	1,000000	0,581622	0,613555	0,106567	0,196336	0,147724	0,616529	0,583267
LI	2,98800	0,74740	0,248931	0,026702	0,581622	1,000000	0,746999	0,286204	0,427474	0,342486	0,956331	0,906580
Ls	2,52800	0,47304	0,215064	0,087162	0,613555	0,746999	1,000000	0,153236	0,304473	0,263274	0,892882	0,836643
Lfl	5,26400	1,36531	0,574137	0,147731	0,106567	0,286204	0,153236	1,000000	0,487395	0,357292	0,249657	0,255027
Nfl	27,40000	16,40884	0,389923	0,263004	0,196336	0,427474	0,304473	0,487395	1,000000	0,911295	0,449606	0,494587
Nb_p	1,68000	1,54704	0,355996	0,436773	0,147724	0,342486	0,263274	0,357292	0,911295	1,000000	0,366146	0,473593
aL	5,42000	2,18174	0,216364	0,040861	0,616529	0,956331	0,892882	0,249657	0,449606	0,366146	1,000000	0,940812
A	65,12400	27,72929	0,324429	0,362161	0,583267	0,906580	0,836643	0,255027	0,494587	0,473593	0,940812	1,000000

Рис. 5. Кореляційна матриця для морфопараметрів рослин *C. alpina*

Variable	Means	Std.Dev.	h	LI	SI	aL	A	NI	Nm	Lfl	Nfl	Nfr
h	87,0556	18,9490	1,000000	0,467310	0,558453	0,582602	0,569394	0,428069	0,451712	0,805998	0,530012	0,415952
LI	12,4741	1,4654	0,467310	1,000000	0,514199	0,862649	0,478926	0,047210	0,253614	0,547681	0,159140	0,140730
SI	3,7963	0,4792	0,558453	0,514199	1,000000	0,875029	0,620856	0,321055	0,100944	0,398473	0,244925	0,204277
aL	32,8667	7,0410	0,582602	0,862649	0,875029	1,000000	0,634418	0,216391	0,190176	0,537181	0,235949	0,188263
A	628,3556	273,1623	0,569394	0,478926	0,620856	0,634418	1,000000	0,871042	0,527298	0,514946	0,726825	0,196067
NI	18,8519	5,9466	0,428069	0,047210	0,321055	0,216391	0,871042	1,000000	0,501420	0,312448	0,795690	0,177082
Nm	2,7778	0,6980	0,451712	0,253614	0,100944	0,190176	0,527298	0,501420	1,000000	0,443272	0,566071	-0,006075
Lfl	9,7741	5,4504	0,805998	0,547681	0,398473	0,537181	0,514946	0,312448	0,443272	1,000000	0,473524	0,347327
Nfl	6,0370	2,0659	0,530012	0,159140	0,244925	0,235949	0,726825	0,795690	0,566071	0,473524	1,000000	0,357496
Nfr	2,2963	2,0156	0,415952	0,140730	0,204277	0,188263	0,196067	0,177082	-0,006075	0,347327	0,357496	1,000000

Рис. 6. Кореляційна матриця для морфопараметрів рослин *L. martagon*

тер і були відмічені між наступними морфопараметрами: висота рослини – це параметр, який мав позитивну статистично значиму кореляцію з усіма іншими морфопараметрами (довжина і ширина листка, площа листової поверхні одного листа і всієї рослини, кількість листків і кількість мутовок листків, довжина суцвіття, кількість квіток і плодів); параметр довжина листка мав позитивну кореляцію з шириною листка, площею листової поверхні (одного листа і загальною), довжиною суцвіття; параметр ширина листка також мав позитивну кореляцію з площею листової поверхні (одного листа і загальною) і довжиною суцвіття; площа листової поверхні одного листа мала позитивну кореляцію із довжиною суцвіття і, що є природним, з загальною площею листової поверхні рослини; загальна площа листової поверхні рослини позитивно корелює з параметрами як вегетативної (кількість листків і кількість мутовок листків), так і генеративної (довжина суцвіття і кількість квіток) сфери рослин; кількість листків – з морфопараметрами: кількість мутовок листків і кількість квіток; кількість мутовок листків позитивно корелює з морфопараметрами генеративної сфери рослин – довжина суцвіття і кількість квіток; довжина суцвіття позитивно корелює з кількістю квіток, що є цілком природним і біологічно обґрунтованим.

На основі отриманих даних був проведений розрахунок індексів морфологічної інтеграції рослин *C. alpina* та *L. martagon* двома способами – індекс цілісності за Ю.А. Злобіним (Zlobin et al., 2022) та модифікований індекс морфоінтеграції за В.Г. Скляр та ін. (Skliar et al., 2016). При чому другий дозволяє порівнювати різні види рослин між собою. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Значення індексів морфологічної інтеграції

Різновид індексу морфологічної інтеграції	<i>Circaea alpina</i>	<i>Lilium martagon</i>
<i>I</i>	42,2	60,0
<i>Im</i>	0,82	1,13

Вищими індекси морфологічної інтеграції були у рослин *L. martagon* з фітоценозу *Fraxinetum corylosoconvallariosum*, а нижчим – у рослин *C. alpina*. Це пояснюється тим, що досліджувана популяція *L. martagon* знаходилась в оптимальних еколого-фітоценотичних умовах, в ній в значній мірі були представлені генеративні рослини, що відмічається далеко не в усіх популяціях даного виду в межах територій Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський». А от *C. alpina* знаходиться на межі свого загального ареалу що, мабуть, і вплинуло на такі, більш низькі показники індексу морфологічної інтеграції.

Обговорення. *C. alpina* є досить цікавим видом, його дослідження проводяться у багатьох країнах світу різними науковцями. Зокрема, в межах Болгарії відносно нещодавно було знайдене і обстежене лише друге місцезростання даного виду, який занесений до Болгарського Червоного списку рослин (Petrova et al., 2019). Групою дослідників (Lei Xie et al., 2009) проведено комплексний аналіз восьми видів *Circaea* (*Onagraceae*) і показано, що сестринською групою *Circaea* є *Fuchsia*, яка включає 107 видів, поширених, переважно, у гірській частині Центральної та Південної Америки, включаючи чотири види, що зустрічаються на островах південної частини Тихого океану. На їх думку, вища різноманітність таксонів *Circaea* у Східній Азії, ймовірно, була спричи-

нена геологічними та екологічними змінами під час пізнього третинного періоду в Північній півкулі. Комплексні дослідження (Mayberry & Elle, 2009) виявили потужну індикаторну властивість *C. alpina* присутності квітучих особин *Actaea elata* (Nutt.) Prantl – рідкісної багаторічної трав'янистої лісової рослини, що росте від Орегону до Британської Колумбії.

Висновки. Для території України *C. alpina* є регіонально рідкісним видом, що підлягає охороні на території Сумської області, і занесений до Міжнародного союзу охорони природи як неоцінений (IUCN red list..., 1994), знаходиться на межі свого загального ареалу існування. Проведені дослідження рослин *C. alpina* в НППДС, середньому, були заввишки 13,2 см, мали від 10 до 15 листків, також могли містити до 6 бічних пагонів, формували близько 27 квітів у суцвіттях завдовжки близько 5 см. За результатами проведення кореляційного аналізу для *Circaea alpina* виявлено 19 статистично значимих (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції з 45 співставлень, що складає близько 40%.

L. martagon – вид рідкісних рослин, занесений до Червоної книги України, має статус охорони «неоцінений». Рослини *L. martagon* в середньому, були заввишки 87 см, формували близько 18 листків і три мутовки листя, на рослинах закладалось від 2 до 11 квітів, а довжина суцвіття коливалась в межах від 2 до 20 см і в середньому була близько 10 см. За результатами проведення кореляційного аналізу для *L. martagon*

виявлено 27 статистично значимих (на рівні ймовірності 0,95) коефіцієнтів кореляції з 45 співставлень, що складає близько 60%.

Вищими індекси морфологічної інтеграції були у рослин *L. martagon*, а нижчими – у рослин *C. alpina*. Досліджувана популяція *L. martagon* знаходилась в оптимальних еколого-фітоценотичних умовах, в ній в значній мірі були представлені генеративні рослини, що відмічається далеко не в усіх популяціях даного виду в межах територій НППДС. А от *C. alpina* знаходиться на межі свого загального ареалу що, мабуть, і вплинуло на такі, більш низькі показники індексу морфологічної інтеграції.

У цілому, досліджувані популяції двох рідкісних видів рослин, що зростають на території Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський», знаходяться у досить стабільному стані, в популяціях були представлені особини різних онтогенетичних станів, зокрема квітучі, що є показником сприятливих еколого-фітоценотичних умов, відмічалось генеративне відновлення рослин. Оцінка індексів морфінтегрованості рослин свідчить про їх цілісність, тобто про те, що дані популяції рідкісних видів рослин зростають в досить оптимальних для них еколого-фітоценотичних умовах. Проте необхідно продовжувати спостереження за даними популяціями рідкісних видів рослин, що зростають в НППДС. Також вкрай важливо і бажано проводити обстеження прилеглих територій з метою їх подальшого заповідання.

Бібліографічні посилання:

1. Andrienko, T.L. (2008). Ridkisni vydy sudynnykh roslyn Ukrayins'koho Polissya [Rare species of vascular plants of the Ukrainian Polissia]. Ukr. botan. zhurn. 63(5), 666–673 (in Ukrainian).
2. Angurets, O., Khazan, P., Kolesnikova, K., Kush, M., Chernokhova, M. & Havranek, M. (2022). Naslidky dlya dovkilliya viyny rosiyi proty Ukrayiny [Consequences for the environment of Russia's war against Ukraine]. Access mode: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>, 84.
3. Arya, S.C. & Samant, S.S. (2019). Rarity and Prioritization of Species for Conservation and Management in alpine meadows of Nanda Devi Biosphere Reserve, West Himalaya, India. International Journal of Life Sciences, 9(1), 33–40.
4. Bayrak, O.M. & Stetsyuk, N.O. (2005). Atlas ridkisnykh i znykayuchykh roslyn Poltavshchyny. [Atlas of rare and endangered plants of Poltava region]. Verstka, Poltava, 248 (in Ukrainian).
5. Boufford, D.E., Crisci, J.V., Tobe, H. & Hoch, P.C. A Cladistic Analysis of *Circaea* (Onagraceae). Cladistics the International Journal of the Willi Hennig Society 1990, 6(2), 171–182. doi: 10.1111/j.1096-0031.1990.tb00534.x
6. Budnikov, G. (2005). Malyy zhyttyevyy tsykl rozvytku *Lilium martagon* na Zakarpatti. [Small life cycle of development of *Lilium martagon* in Transcarpathia]. Istoriya ta suchasnyy stan dosl. fitobioty Karpat : Nauk. konf., prysvyachena 60-richchyu kaf. Bot., 17 (in Ukrainian).
7. Davydok, V. P., Movchan, Ya. I. & Parchuk, G. V. (2003). National report of Ukraine on conservation of biological diversity. Himgest., K., 62.
8. Didukh, Ya.P. & Ogarenko, Yu.D. (2008). Otsinka zahroz ekosystemam ta biolohichnym kompleksam Zakhidnoho Polissya. [Assessment of threats to ecosystems and biological complexes of Western Polissia]. Naukovi zapysky. Biolohiya ta ekolohiya, 80, 50–55 (in Ukrainian).
9. Dmytrash-Vatseba, I.I., Shumska, N.V. & Gniezdilova, V.I. (2020). Rare component of Halych National Nature Park forest ecosystems flora (Ivano-Frankivsk region), Chornomors'k bot. z., 16(4), 290–302. doi: 10.32999/ksu1990-553X/2020-16-4-2
10. Dubovich, I., Vasylyshyn, K., Fomicheva, T., & Volkovska, Y. (2019). Ekonomiko-pravove rehulyuvannya okhorony ta zberezheniya bioriznomanitnya ekosystem: teoriya i praktyka." [Economic and legal regulation of the protection and preservation of ecosystem biodiversity: theory and practice]. Naukovi pratsi Lisivnychoyi akademiyi nauk Ukrayiny 19, 178–86 (in Ukrainian). doi: 10.15421/411940.
11. Evans, G. C. (1972). The quantitative analysis of plant growth. Oxford, 734.
12. IUCN red list categories prepared by IUCN species survival commission. Gland : The World Conservation Union, 1994, 1–21.
13. Klymenko, H., Artemenko, D., Klymenko, I., Kovalenko, N., Butenko, S., Melnyk, A., Horbas, S. & Tovstukha, O. (2023). Criteria for evaluating the state of rare plant species populations. Modern Phytomorphology. 17, 98–106. doi: 10.5281/zenodo.200121 (a).

14. Klymenko, H., Kyrylchuk, K., Sherstiuk, M., Zubtsova, I. V., Klymenko, I., & Dimidenko, Y. (2022). Otsinka stanu ta struktury populatsiyi ridsknoho vydu *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó. v urbanizovnomu seredovyschi (m. Sumy) [Assessment of the status and population structure of the rare species *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó. in the urban environment (Sumy). Bulletin of Sumy National Agrarian University]. The Series: Agronomy and Biology, 49(3), 16–24. doi: 10.32845/agrobio.2022.3.3 (b) (in Ukrainian).
15. Kovalenko, I., Kyrylchuk, K., Klymenko, H., Yaroshchuk, S., Yaroshchuk, R., Kovalenko, N. & Skyba, O. (2023). Influence of tree-crown density on dominant plant species of the herb-shrub stratum in the zone of mixed forests. Biosystems Diversity, 31(3), 382–387. doi: 10.15421/012345
16. Xie L, Wagner W.L., Ree R.H., Berry P.E., Wen J. (2009). Molecular phylogeny, divergence time estimates, and historical biogeography of *Circaea* (Onagraceae) in the Northern Hemisphere. Molecular Phylogenetics and Evolution, 53, 995–1009.
17. List of plants protected on the territory of Sumy region [Electronic resource]. (in Ukrainian). Access mode: www.eco.sumy.ua/parks/Rishen-23.doc
18. Mardari, C. (2008). Aspects of the floristic diversity in neagra brotenilor river basin (Eastern Carpathians) (I). J. Plant Develop. 15, 63–68.
19. Mayberry, R.J. & Elle, E. (2009). Effects of forest structure and microhabitat on the distribution and flowering of a rare understory plant, *Actaea elata*. Forest Ecology and Management, 258 (7), 1102–1109. Access mode: 10.1016/j.foreco.2009.05.042
20. Panchenko, S.M. [Under general ed. d.b.n. S. L. Mosyakina] (2005). Flora natsionalnoho pryrodnoho parku «Desnyansko-Starohut-sky» ta problemy okhorony fitoriznomanitya Novhorod-Sivers'koho Polissya [Flora of the National Nature Park "Desnyansko-Starogutskyi" and the problems of protecting the phytodiversity of Novgorod-Siversky Polissia]. Sumy: Universytet-s'ka knyha, 170 (in Ukrainian).
21. Panchenko, S.M., Andrienko, T.L., Havrys, H.G. & Kuzmenko, Yu.V. (2003). Ekologichna merezha Novhorod-Sivers'koho Polissya [Ecological network of Novgorod-Siverskyi Polissia]. Universytet-s'ka knyha, Sumy, 92 (in Ukrainian).
22. Petrova, G., Kunev, G. & Tzonev, R. (2019). *Circaea alpina* (Onagraceae) – a poorly known species in the Bulgarian flora. Phytologia Balcanica: International Journal of Balkan Flora and Vegetation, 25(3), 261–265.
23. Red Book of Ukraine. The plant world. (2009) [Ed. J.P. Didukh]. Hlobalkonsaltny, K., 900
24. Shelyag-Sosonko Y.R. (2010). Rol bioriznomanitnosti na suchasnomu etapi tsyvilizatsiyi [The role of biodiversity at the modern stage of civilization]. Ukrainskyi botanichnyi zhurnal, 67(1), 3–15 (in Ukrainian).
25. Shelyag-Sosonko, Y.R., Grodzinskiy, M.A. & Romanenko, V.D. (2004). Kontseptsiya, metody i kryteriyi stvorennia ekomerezhii Ukrayiny [Concept, methods and criteria for creating an eco-network of Ukraine], Fitosotsiotsentr, K., 144 (in Ukrainian).
26. Skliar, V., Sherstiuk, M. & Skliar, Iu. (2016). Algorithm of comprehensive assessment of individual's morphological integration of plants contrast biomorfs. QUAERE 2016 (vol. VI.). Interdisciplinary Scientific Conference for PhD students and assistance, 393–403.
27. Zlobin, Yu. A., Skliar, V. G. & Klymenko, G. O. (2022). Biologiya ta ekologiya fitopopulatsii [Biology and ecology of phytopopulations] Sumy: Universytetska knyha, 512 (in Ukrainian).

Klymenko H. O., PhD (Biological Sciences), Associates Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Artemenko D. V., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Klymenko I. M., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

The assessment of the state of rare plant species *Circaea alpina* L. and *Lilium martagon* L. populations in Desniansko-Starogutskyi NNP

It is now well established that the depletion of ecosystem biodiversity will inevitably affect the quality of life and health of the population in individual regions and the entire planet. In turn, biodiversity is the basis of the national wealth of every country, and this primarily concerns herbaceous plants, which are the basic component of any ecosystem and biosphere on the planet. One of the key factors in flora conservation is the creation of nature reserves, which is the most common way to protect not only individual species but also entire ecosystems. Studying populations of rare species as a critical component of ecosystems is a pressing issue, especially nowadays, when it is difficult to change the existing unsustainable system of natural resource management. Population studies allow us to assess the status of both individual populations and the species as a whole. Accordingly, studies of populations of rare plant species protected in protected areas are relevant.

We assessed the status of populations of two rare plant species protected in the National Natural Park "Desniansko-Starogutskyi" (NNPDS). *C. alpina* is a regionally rare plant species that is subject to protection in the Sumy region and is also listed by the International Union for Conservation of Nature as unassessed, being on the verge of its total habitat. *C. alpina* was on average 13.2 cm tall, had 10 to 15 leaves, could also contain up to 6 lateral shoots, and formed about 27 flowers in inflorescences about 5 cm long. *L. martagon* is a rare plant species listed in the Red Data Book of Ukraine and has an "unassessed" protection status. The plants of *L. martagon* were on average 87 cm tall, formed about 18 leaves and three whorls of leaves, had 2 to 11 flowers per plant, and the length of the inflorescence ranged from 2 to 20 cm, with an average of about 10 cm. According to the results of the correlation analysis, 19 statistically significant (at the probability level of 0.95) correlation coefficients were found for *C. alpina* out of 45 comparisons, which is about 40%, and 27 statistically significant (at the probability level of 0.95) correlation coefficients were found for *L. martagon* out of 45 comparisons, which is about 60%. The indices of morphological integration were higher in *Lilium martagon* plants (60.0 and 1.13), and lower in *C. alpina* plants (42.2 and 0.82). The assessment of plant morphological integration indices indicates their integrity for both species of rare plants, and, accordingly, these populations are growing in optimal conditions for them. It is extremely important and desirable to continue observations of these populations of rare plant species growing in the NNPDS, if possible, to reach them and conduct such observations. It is also extremely important to survey the adjacent territories for the purpose of their further conservation to replace those that cannot be reached due to active hostilities.

Key words: biodiversity, rare plant species, population studies, sustainable development, protected areas.

АДВЕНТИВНА ФРАКЦІЯ ФЛОРИ РІЗНОВІКОВИХ ПЕРЕЛОГІВ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «МИХАЙЛІВСЬКА ЦІЛИНА»: СТРУКТУРА, ДИНАМІКА ТА ПРОГНОЗ

Ларіонов Микола Сергійович

аспірант

Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного Національної академії наук України, м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0001-7710-4527

mlarion@ukr.net

Висвітлено особливості структури та динаміки адвентивної фракції флори на 1–20-річних перелогах природного заповідника «Михайлівська цілина» та складено прогноз на найближчі 10 років. В основу роботи покладені матеріали літератури та зібрані в ході стаціонарного дослідження флори та рослинності заповідника в 2021–2023 рр. Наведено систематичний список адвентивних видів судинних рослин перелогів заповідника, що включає 59 видів з 24 родин, із яких провідними є *Asteraceae*, *Roaceae* та *Brassicaceae*, проаналізовано зміни співвідношень між їхніми групами у відновних сукцесіях з огляду на особливості їх фітоценотичної ролі. Встановлено кількісне переважання археофітів на початкових етапах сукцесій і їхнє поступове зменшення – на наступних та зростання чисельності кенофітів. Виявлено переважання за кількістю видів на початкових етапах елекуфітів і зрівняння з ними або переважання агріо-елекуфітів – на наступних. Встановлено особливості динаміки адвентивної фракції: найвищий рівень її видового багатства спостерігається у перші роки сукцесії; зменшення відбувається на етапах встановлення домінуючих позицій виду-ецифікатора (адвентивного або аборигеного) і залежить від швидкості його поширення; незначне коливання чисельності адвентивних видів на перелогах 10–20-річного віку відбувається за рахунок повторного занесення адвентивних видів, що випали з травостою або, рідше, нових. Таке занесення відбувається переважно у місцях з порушеним рослинним покривом. Чинником, що викликає порушення, найчастіше виступає зоогенний (діяльність тварин землеруїв (сліпаки, кроти) та порий диких кабанів) та, значно рідше, пірогенний чинник. Частина адвентивних видів володіє здатністю вклинюватися в непорушений рослинний покрив (переважно види-трансформери та деревні види). Прогнозується, що на перелогах понад 20-річного віку залишаться адвентивні види широкої екологічної амплітуди (*Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl & C. Presl, *Oenothera biennis* L., *Cardus acanthoides* L., *Cynoglossum officinale* L., *Lactuca serriola* L., *Lathyrus tuberosus* L. тощо). За відповідних умов вони змінюватимуться видами-трансформерами (*Solidago canadensis* L., *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L. тощо) та іншими видами (*Asclepias syriaca* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. тощо). Також варто очікувати незначного збільшення кількості адвентивних видів за рахунок занесення нових видів ергазіофітофітів.

Ключові слова: адвентивні види, ценофлора, динаміка, перелоги, заповідник.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.4>

Вступ. Адвентивна фракція флори заповідника та прилеглих районів в межах Роменсько-Полтавського геоботанічного округу досить добре вивчена, відомості про неї наводяться в ряді публікацій. Р.І. Бурдою зі співавторами проведено дослідження чужорідних видів охоронних територій Лісостепу України на 14 модельних флорах, в тому числі і «Михайлівської цілини», для якої автори вказують 96 видів адвентивних рослин (Burda et al., 2015). У роботі В.С. Ткаченка і Т.В. Фіцайло по картуванню рослинності та комплексному вивченню рослинних угруповань заповідника наводяться також окремі відомості про знахідки адвентивних видів рослин (Tkachenko & Fitsailo, 2016). Т.С. Двірною докладно досліджено адвентивну флору Роменсько-Полтавського геоботанічного округу, до якого входить територія заповідника (Dvirna, 2012; Dvirna, 2013; Dvirna, 2014; Dvirna, 2015; Dvirna, 2016; Dvirna, 2017; Dvirna, 2019). Дослідниця наводить для геоботанічного округу 345 видів адвентивних рослин, з 208 родів та 62 родини (Dvirna, 2015). В.П. Коломійчук зі співавторами виконано дослідження синантропної фракції флори природного заповідника «Михайлівська цілина». За їхніми даними апофітна фракція його флори нараховує 131 вид судинних рослин, а адвентивна –

100 видів. У публікації наголошено на небезпечних деревних і трав'яних адвентивних видах рослин для рослинності заповідника: *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., *Ptelea trifoliata* L., *Asclepias syriaca* L. та *Solidago canadensis* L. (Kolomiichuk et al., 2021). У роботі М.В. Жук наводяться результати докладного вивчення лучної флори Роменсько-Полтавського геоботанічного округу, в тому числі синантропної фракції. Синантропна флора лук даного округу за її даними включає 265 видів судинних рослин з 167 родів та 40 родин, із них: апофітних – 162 види, адвентивних – 103 види (Zhuk, 2023). У роботах М.С. Ларіонова висвітлено питання поширення інвазійних видів у заповіднику (Larionov, 2022; Larionov, 2023a) і детально розглянуто питання інвазії виду-трансформера *S. canadensis*, а також стисло описано процес заростання занедбаного поля (нині 2-річний переліг) (Larionov, 2021; Larionov, 2023b).

Досі залишалося недослідженим питання динаміки адвентивної флори. Не розроблений прогноз її подальших змін. Названі та інші питання є важливими для з'ясування механізмів сукцесій на перелогах за участю адвентивних видів, зокрема, порівняно з цілинними ділянками.

Приєднання у 2018 р. до заповідника Михайлівська цілина нових територій, представлених різновіковими перелогами (Mykhailivska tsilyna, 2020; Larionov, 2022; Pryrodno-zapovidnyi..., 2023) також актуалізує питання дослідження динаміки рослинності, яка знаходиться на стадії формування. Враховуючи близьке розташування перелогів і подібність екологічних умов (кліматичних, орографічних, ґрунтових), вважаємо зміни рослинності різновікових перелогів послідовними або паралельними стадіями однієї відновної сукцесії. Це дозволяє з'ясувати багаторічну динаміку адвентивної фракції та вийти на рівень розроблення прогнозу подальшого ходу сукцесії.

Основною метою роботи є встановлення структури, аналіз та прогноз змін адвентивної фракції флори на різновікових перелогах природного заповідника «Михайлівська цілина».

Матеріали і методи досліджень. Територія досліджень. Природний заповідник Михайлівська цілина знаходиться в Сумському (більша частина території) та Роменському р-нах (Саївська ділянка), Сумської обл., його сучасна площа становить 882,9 га (Pryrodno-zapovidnyi..., 2023; Mykhailivska tsilyna, 2020). В заповіднику охороняється унікальна цілинна ділянка північних лучних степів в Лісостеповій зоні України. Нова територія заповідника являє собою 680,4 га перелогів різного віку (1–20-річних) та балок. В даній роботі увага буде зосереджена виключно на перелогах нової території. Територія заповідника знаходиться в Лівобережній фізико-географічній провінції Сумської лісостепової області на Охтирсько-Сумському відрозі Середньоруської височини, є широким підвищенням, що поступово знижується в південно-західному напрямку. Рельєф заповідника урізноманітнюють западини різних розмірів, діаметром від 5 до 30 м, глибиною 1–2 м та балки (Bilyk, 1957; Hetman, 2018). Клімат району помірно-континентальний. За даними Лебединської метеостанції (2018 р.) середньорічна температура становить +6,9°C, абсолютний максимум +38,5°C, абсолютний мінімум -36°C, річна сума опадів 448,1 мм. І.О. Бережна вказує на періодичні посушливі періоди тривалістю понад 16 днів (Berezhna, 2019) У Проекті організації території заповідника вказується абсолютний максимум +39,9°C (Project..., 2021).

В ґрунтовому покриві переважають чорноземи типові потужні і надпотужні середньогумусні на лесових материнських породах і лесовидних суглинках, в балках – лучно-чорноземні і болотні ґрунти з вираженим оглеєнням (Project..., 2021). За даними О.В. Безроднової та І.М. Лози вміст гумусу у верхніх шарах ґрунту на плакорі і степових схилах історичної частини заповідника становить 9,3–9,8 %, в ґрунтах тальвегу балки – 12,6 %, потужність гумусного горизонту в середньому 60 см для історичної території та нової, на схилах вона менша – 30–40 см (Bezrodnova & Loza, 2006).

Методика досліджень. Під час стаціонарних досліджень протягом 2021–2023 рр. на перелогах було виконано 464 геоботанічні описи за стандартною методикою. Описи було збережено в форматі бази даних в програмі TURBOVEG for Windows (Hennekens & Schaminee, 2001) і проаналізовано. Номенклатура таксонів подається за С.Л. Мосякіним та М.М. Федорончуком (Mosyakin & Fedoronchuk, 1999). Приналежність видів до адвентивних та їх характеристики визначали за роботами В.В. Протопопової, М.В. Шевери, Р.І. Бурди зі співавторами та А. Zajac (Protopopova, 1973; Zajac, 1979; Protopopova & Shevera, 2014; Burda et al., 2015). Статистичну обробку даних та графічне представлення результатів виконували в статистичному пакеті Microsoft Excel. Дані про вік перелогів нової території взяті за архівними супутниковими знімками Google, матеріалами агрокарт сільськогосподарських підприємств та літературними даними (Parakhonska & Tkachenko, 1984; Tkachenko, 1999; Kolomiichuk et al., 2021). Вік перелогів 1, 2, 10 та 15-річних не викликає сумнівів. Вік 20 років, для найстаріших перелогів, розуміється як мінімальний.

Результати. На різновікових перелогах виявлено 251 вид судинних рослин, із них 192 види є аборигенними і 59 – адвентивними. Серед адвентивних 31 належать до археофітів, 28 – кенофітів. У флорі перелогів виявлено 7 видів-трансформерів. За походженням переважають: середземноморсько-ірано-туранські – 12 видів, північноамериканські – 12, середземноморські – 7 та ірано-туранські – 6, види іншого походження менш численні. Адвентивні види належать до 24 родин, серед яких за кількістю видів переважають: *Asteraceae* (13 видів), *Poaceae* (6 видів) та *Brassicaceae* (6 видів), решта родин представлені меншою кількістю видів (табл. 1).

Таблиця 1

Матриця адвентивних видів рослин різновікових перелогів ПЗ «Михайлівська цілина»

№ з/п	Назва виду	Час занесення	Ступінь натуралізації	Походження	Вид-тран
	Родина <i>Asteraceae</i>				
1	<i>Artemisia absinthium</i> L.	археофіт	епокофіт	Ір.-Тур.	ні
2	<i>Carduus acanthoides</i> L.	археофіт	епокофіт	Сер.	ні
3	<i>Cichorium intybus</i> L.	археофіт	агіо-епокофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
4	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq	кенофіт	агіо-епокофіт	Пн. Ам.	так
5	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	кенофіт	епокофіт	Пд. Ам.	ні
6	<i>Helianthus annuus</i> L.	кенофіт	ергазіофітофіт	Пн. Ам.	
7	<i>Iva xanthiifolia</i> Nutt.	кенофіт	епокофіт	Пн. Ам.	ні
8	<i>Lactuca serriola</i> L.	археофіт	епокофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
9	<i>Phalacrolophum annuum</i> (L.) Dumort.	кенофіт	агіо-епокофіт	Пн. Ам.	так
10	<i>Solidago canadensis</i> L.	кенофіт	агіо-епокофіт	Пн. Ам.	так

№ з/п	Назва виду	Час занесення	Ступінь натуралізації	Походження	Вид-тран
11	<i>Sonchus arvensis</i> L.	археофіт	епекофіт	Сер.	ні
12	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.	археофіт	епекофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
13	<i>Xanthium strumarium</i> L.	археофіт	колонофіт	Ір.-Тур.	ні
	Родина Роасеае				
14	<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski	археофіт	агіо-епекофіт	Сер.-Ір.-Тур.	так
15	<i>Apera spica-venti</i> (L.) P. Beauv.	археофіт	агіо-епекофіт	невідоме	ні
16	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) J. Presl & C. Presl	кенофіт	агіо-епекофіт	Зх. Євр.	ні
17	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P. Beauv.	археофіт	агіо-епекофіт	Пд.-Сх. Аз.	ні
18	<i>Setaria glauca</i> (L.) P. Beauv.	археофіт	агіо-епекофіт	Пд і Пд.-Сх. Аз.	ні
19	<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	археофіт	епекофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
	Родина Brassicaceae				
20	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	археофіт	агіо-епекофіт	невідоме	ні
21	<i>Lepidium densiflorum</i> Schrad.	кенофіт	епекофіт	Пн. Ам.	ні
22	<i>Sinapis arvensis</i> L.	археофіт	епекофіт	Сер.-Атлант.	ні
23	<i>Sisymbrium loeselii</i> L.	кенофіт	епекофіт	Сер. та Аз.	ні
24	<i>Sisymbrium polymorphum</i> (Murr.) Roth.	кенофіт	ефемерофіт	Ір.-Тур.	ні
25	<i>Thlaspi arvense</i> L.	археофіт	епекофіт	Ір.-Тур.	ні
	Родина Rosaceae				
26	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	кенофіт	ергазіофітофіт	Сх. та Ц. Аз.	ні
27	<i>Chaenomeles japonica</i> (Thunb.) Lindl.	кенофіт	ергазіофітофіт	Сх. Аз.	ні
28	<i>Malus domestica</i> Borkh	кенофіт	ергазіофітофіт	невідоме	ні
29	<i>Pyrus communis</i> L.	кенофіт	ергазіофітофіт	Аз.	ні
	Родина Fabaceae				
30	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	археофіт	агіо-епекофіт	Ір.-Тур.-Понт.	ні
31	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	кенофіт	епекофіт	Пн. Ам.	так
32	<i>Vicia sativa</i> L.	археофіт	ефемерофіт	Сер.-Афр.-Аз.	ні
33	<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreb.	археофіт	епекофіт	Сер.	ні
	Родина Lamiaceae				
34	<i>Ballota nigra</i> L.	археофіт	епекофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
35	<i>Galeopsis ladanum</i> L.	археофіт	епекофіт	Сер.	ні
36	<i>Leonurus cardiaca</i> L.	археофіт	епекофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
37	<i>Stachys annua</i> L.	археофіт	епекофіт	Сер.	ні
	Родина Solanaceae				
38	<i>Solanum sisymbriifolium</i> Lam.	кенофіт	ефемерофіт	Пд. Ам.	ні
39	<i>Hyoscyamus niger</i> L.	кенофіт	епекофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
	Родина Boraginaceae				
40	<i>Cynoglossum officinale</i> L.	археофіт	епекофіт	Сер.	ні
41	<i>Lappula squarrosa</i> (Retz.) Dumort.	археофіт	ефемерофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
	Родина Moraceae				
42	<i>Morus alba</i> L.	кенофіт	ергазіофітофіт	Сх. Аз.	ні
43	<i>Morus nigra</i> L.	кенофіт	ергазіофітофіт	Аз.	ні
	Родина Aceraceae				
44	<i>Acer negundo</i> L.	кенофіт	агіо-епекофіт	Пн. Ам.	так
45	<i>Acer saccharinum</i> L.	кенофіт	ергазіофітофіт	Пн. Ам.	ні
	Родина Apiaceae				
46	<i>Pastinaca sativa</i> L.	кенофіт	колонофіт	Євр.-Аз.	ні
	Родина Chenopodiaceae				
47	<i>Atriplex sagittata</i> Borkh.	археофіт	епекофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
	Родина Malvaceae				
48	<i>Malva neglecta</i> Wallr.	археофіт	епекофіт	Ір.-Тур.	ні
	Родина Polygonaceae				
49	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve	археофіт	епекофіт	невідоме	ні
	Родина Papaveraceae				
50	<i>Papaver rhoeas</i> L.	археофіт	епекофіт	Сер. Ір.-Тур.	ні
	Родина Onagraceae				

№ з/п	Назва виду	Час занесення	Ступінь натуралізації	Походження	Вид-тран
51	<i>Oenothera biennis</i> L.	кенофіт	агіо-епокофіт	Пн. Ам.	ні
	Родина Oxalidaceae				
52	<i>Xanthoxalis stricta</i> (L.) Small	кенофіт	агіо-епокофіт	Пн.Ам, Сх. Аз.	ні
	Родина Ranunculaceae				
53	<i>Consolida regalis</i> S.F. Gray	археофіт	епокофіт	Сер.-Ір.-Тур.	ні
	Родина Oleaceae				
54	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh.	кенофіт	колонофіт	Пн. Ам.	ні
	Родина Elaeagnaceae				
55	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	кенофіт	агіо-епокофіт	Сер.	так
	Родина Caprifoliaceae				
56	<i>Sambucus racemosa</i> L.	кенофіт	епокофіт	Зх. Євр.	ні
	Родина Asclepiadaceae				
57	<i>Asclepias syriaca</i> L.	кенофіт	епокофіт	Пн. Ам.	ні
	Родина Primulaceae				
58	<i>Anagallis arvensis</i> L.	археофіт	епокофіт	Пд., Пд.-Сх Аз.	ні
	Родина Fumariaceae				
59	<i>Fumaria vaillantii</i> Loisel.	археофіт	епокофіт	Ір.-Тур.	ні

Скорочення: вид-тран. – вид-трансформер, Аз. – Азія, Ам. – Америка, Афр. – Африка, Євр. – Європа, Ір.-Тур. – Ірано-Туранська область, Сер. – Середземномор'я.

Відносно невисоке різноманіття адвентивної фракції на перелогах зумовлене віддаленістю заповідника від магістральних автошляхів та оточенням по периметру лісосмугами, які виконують ізоляційну функцію.

У заповіднику трапляються ряд адвентивних видів, що ростуть в межах лісосмуг та ґрунтових доріг, а на перелогах не виявлені. Дані про поширення деяких з них наведено в іншій публікації автора (Larionov, 2023a).

Виявлено загальну тенденцію поступового зниження відсотку адвентивної фракції флори від 59,68 % – на одnorічних перелогах до 14,95 % – на 20-річних (рис. 1).

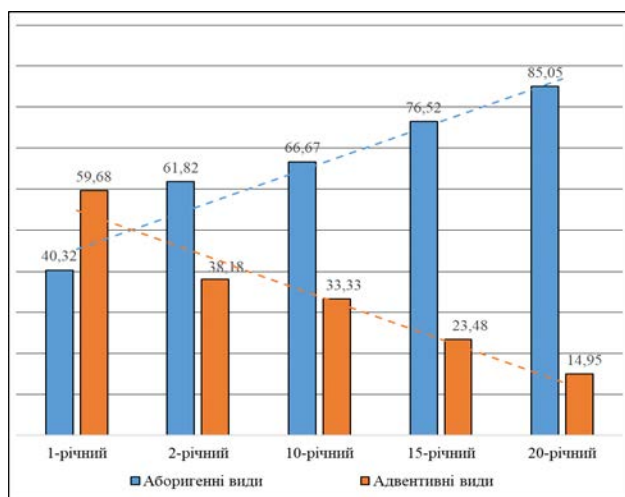


Рис. 1. Діаграма чисельності (у %) аборигенних і адвентивних видів рослин на перелогах ПЗ «Михайлівська цілина»

Виявлено зниження частки археофітів на молодих перелогах (від 22 видів на одnorічному перелозі до 11 видів – на дворічному) і поступове зростання частки кенофітів на 10–20-річних перелогах (рис. 2).

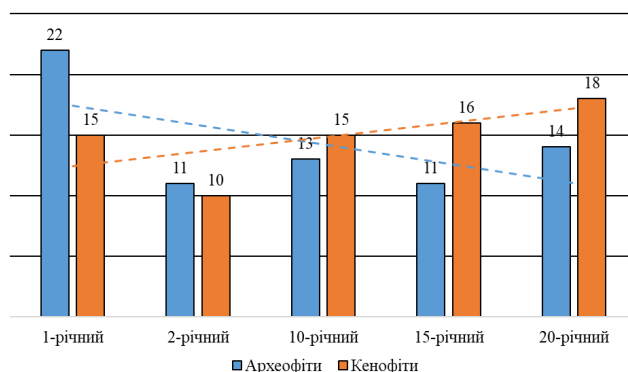


Рис. 2. Діаграма чисельності видів археофітів та кенофітів у флорі різновікових перелогів ПЗ «Михайлівська цілина»

Встановлено, що зниження чисельності видів археофітів на дворічному перелозі пов'язано з поширенням потужного едификатора виду-трансформера *S. canadensis*. Зниження чисельності археофітів відбувається, в основному за рахунок випадання епокофітів (рис. 3).

У 2022 – 2023 рр. на дворічному перелозі було зафіксовано інтенсивне розширення інвазії *S. canadensis* (рис. 4). Середнє проективне покриття популяцій виду у 2023 р. становило 35–40 %, а на окремих ділянках перелозу – 80–85 %, при тому, що у перший рік відновної сукесії (2022 р.) фіксувалася лише поява його сходів з проективним покриттям до 10 %.

Виявлено, що при відсутності *S. canadensis* скорочення чисельності видів епокофітів є менш інтенсивним. Встановлено також, що ефемерофіти досягають найбільшої чисельності на одnorічних перелогах. Чисельність ергазіофітофітів дещо збільшується з 10-го по 20-й рік сукесії за рахунок поступового проникнення зоохорних видів, зокрема, плодівих деревних рослин з прилеглих територій.

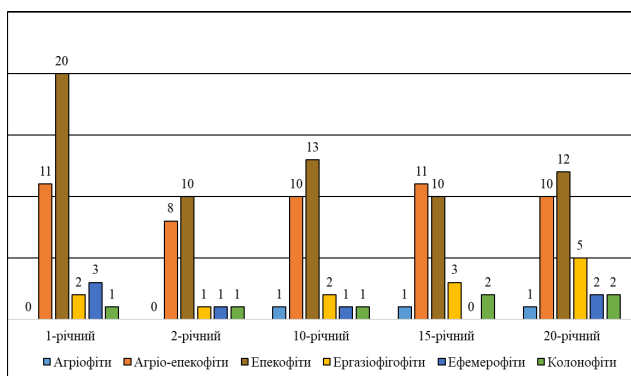


Рис. 3. Діаграма чисельності адвентивних видів за ступенем натуралізації на різновікових перелогах ПЗ «Михайлівська цілина»



**Рис. 4. Зміни рослинності перелогоу під впливом *S. canadensis*
1 – рослинність однорічного перелогоу (липень 2022 р.), 2 – той самий переліг на другий рік сукцесії (липень 2023 р. *S. canadensis* у фазі початку цвітіння)**

Перелоги відзначаються за багатьма показниками рослинного покриву та, відповідно, адвентивної фракції флори.

На однорічному перелозі виявлено 62 види судинних рослин, переважно бур'янів, із них 37 видів – адвентивних з переважанням археофітів. Загальне проєктивне покриття коливалося в межах 35 – 50 %, місцями – 70 %. Висота травостою 40 – 100 см. Мертвий покрив не виражений, представлений минулорічними залишками агрокультур. Серед адвентивних видів найчисленнішими є епекофіти: *Anagallis arvensis* L., *Artemisia absinthium* L., *A. syriaca*, *Atriplex sagittata* Borkh., *Consolida regalis* S.F. Gray, *Iva xanthiifolia* Nutt., *Cynoglossum officinale* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A.Löve, *Fumaria vaillantii* Loisel., *Hyoscyamus niger* L., *Lactuca serriola* L., *Lepidium densiflorum* Schrad., *Malva neglecta* Wallr., *Papaver rhoeas* L., *Setaria viridis* (L.) P.Beauv., *Sisymbrium loeselii* L., *Stachys annua* L., *Sinapis arvensis* L., *Thlaspi arvense* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. На другому місці – агріо-епекофіти: *A. negundo* (сходи), *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv., *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Lathyrus tuberosus* L., *Xanthoxalis stricta* (L.) Small, *Setaria glauca* (L.) P.Beauv., *S. canadensis*. Ефемерофіти представлені трьома

видами: *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., *Sisymbrium polymorphum* (Murr.) Roth., *Solanum sisymbriifolium* Lam.. Колонофіти – *F. pennsylvanica* (сходи); ергазіофіофіти – *Acer saccharinum* L. (сходи), *Helianthus annuus* L. Серед зазначених видів найбільше проєктивне покриття мали: *L. serriola*, *A. sagittata*, *C. regalis*, *F. convolvulus*, *S. viridis*, *S. glauca*, місцями значним проєктивним покриттям відзначалися: *I. xanthiifolia*, *M. neglecta*, *A. arvensis*, решта адвентивних видів становили домішку. Серед аборигенних видів значним проєктивним покриттям відзначалися *Chenopodium album* L., *Convolvulus arvensis* L., *Chaenorhinum minus* (L.) Lange.

На дворічному перелозі було виявлено 55 видів судинних рослин, із них 21 – адвентивних. Загальне проєктивне покриття становило 75 – 100 %, висота травостою – 90 – 250 см, мертвий покрив залишався невиразним. Серед адвентивної фракції ценофлори за кількістю видів чисельно переважають епекофіти: *A. absinthium*, *A. syriaca*, *A. sagittata*, *Carduus acanthoides* L. (з'являється), *I. xanthiifolia*, *C. regalis*, *C. officinale*, *L. serriola*, *S. loeselii*, *S. arvensis*, *T. inodorum*. Дещо менше агріо-епекофітів: *A. negundo* (сходи і ювенільні особини), *A. spica-venti*, *Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl & C. Presl (з'являється), *A. tectorum*, *C. bursa-pastoris*, *P. annuum*, *C. canadensis*, *S. canadensis*. 3 травостою випали: *A. arvensis*, *E. crusgalli*, *F. convolvulus*, *F. vaillantii*, *H. niger*, *L. squarrosa*, *L. tuberosus*, *M. neglecta*, *X. stricta*, *P. rhoeas*, *S. glauca*, *S. viridis*, *S. polymorphum*, *S. sisymbriifolium*, *S. annua*, *S. arvensis*, *T. arvense*. Колонофіти представлені *F. pennsylvanica* та *Xanthium strumarium* L. (з'являється). Ергазіофіофіти – *A. saccharinum*. В травостої, як вже зазначалося, домінує *S. canadensis*, значну участь беруть *A. absinthium*, *L. serriola*, *A. sagittata*, *C. acanthoides*, *C. canadensis*, *P. annuum*, серед аборигенних – *Artemisia vulgaris* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop. і *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.

На десятирічному перелозі сумарно було виявлено 83 види судинних рослин, із них 27 – адвентивних. Загальне проєктивне покриття 70 – 100 %, висота травостою 70 – 100 см, місцями до 150 см, шар мертвого покриву дуже потужний 15 – 20 см товщиною, місцями до 40 см. Серед адвентивної фракції ценофлори переважають епекофіти, які представлені наступними видами: *A. absinthium*, *A. syriaca*, *Ballota nigra* L. (з'являється), *C. acanthoides*, *C. regalis*, *C. officinale*, *Galeopsis ladanum* (з'являється), *L. serriola*, *Leonurus cardiaca* L. (з'являється), *Robinia pseudoacacia* L. (з'являється), *S. loeselii*, *Sambucus racemosa* L. (з'являється), *T. inodorum*. Агріо-епекофіти за кількістю видів до них наближаються: *A. negundo*, *A. elatius*, *A. tectorum*, *C. bursa-pastoris*, *P. annuum*, *C. canadensis*, *L. tuberosus*, *Oenothera biennis* L. (з'являється), *X. stricta* (знову з'являється), *S. canadensis*. Агріофіти представлені *Pyrus communis* L. (з'являється), ергазіофіофіти – *Malus domestica* Borkh. (з'являється), *Morus nigra* L. (з'являється), колонофіти – *F. pennsylvanica*, ефемерофіти – *S. polymorphum* (знову з'являється). Випадають з травостою: *A. sagittata*, *I. xanthiifolia*, *S. arvensis*, *X. strumarium*. В рослинному покриві домінує *C. epigeios*,

утворюючи потужний шар мертвого покриву. За цих умов пригнічується більшість видів різнотрав'я, в тому числі і адвентивних. Серед адвентивних видів найбільш поширеними є *S. canadensis*, досить поширеними – *C. officinale*, *C. acanthoides*, *A. syriaca* (місцями утворює великі плями). Деревні та чагарникові види активно поширюються, особливо *A. negundo* та *F. pennsylvanica*, решта видів трапляються рідше. Встановлено, що проникнення інвазійного виду *S. canadensis* на даний переліг відбулося після формування кореневищно-злакового рослинного покриву на основі *C. epigeios*. У іншій ситуації *S. canadensis* домінує в рослинному покриві, оскільки є більш конкурентно-здатним. Доведено, що рослинність 10-річного перелігу не є повною мірою наступною стадією сукцесії, у напрямку якої відбуваються зміни рослинності попередніх перелігів. Вона є наступною для певного гіпотетичного угруповання, подібного до описаного на однорічному перелізі, але за умови не проникнення *S. canadensis* на початковій стадії сукцесії.

На п'ятнадцятирічних перелігах виявлено 115 видів судинних рослин, із них 27 – адвентивних. Загальне проєктивне покриття травостою становить 75 – 100 %, висота травостою – 100–130 см, товщина шару мертвого покриву рідко перевищує 10 см, зазвичай менше. Серед адвентивної фракції ценофлори за кількістю видів переважають агріо-епокофіти, які представлені: *A. negundo*, *A. spica-venti*, *A. elatius*, *A. tectorum*, *Cichorium intybus* L. (з'являється), *E. angustifolia* (з'являється), *P. annuum*, *C. canadensis*, *L. tuberosus*, *O. biennis*, *S. canadensis*, епокофіти до них наближаються за кількістю видів, вони представлені: *A. absinthium*, *A. syriaca*, *B. nigra*, *C. acanthoides*, *C. regalis*, *C. officinale*, *L. serriola*, *S. racemosa*, *S. loeselii*, *Vicia tetrasperma* (L.) Schreb. (з'являється). Агріофіти представлені *P. communis*, ергазіофітофіти – *M. domestica*, *Morus alba* L. (з'являється), *M. nigra*, колонофіти – *F. pennsylvanica*, *Pastinaca sativa* L. (з'являється), ефемерофіти – відсутні. З травостою випадають *X. stricta*, *S. polymorhum*, *L. cardiaca*. У ньому домінує *A. elatius* з домішкою інших трав'яних адвентивних видів: *O. biennis*, *A. syriaca*, *S. canadensis*, *P. annuum*, *C. acanthoides* та деревно-чагарникових видів. Серед останніх найбільш поширені *A. negundo*, *F. pennsylvanica*, *P. communis*, *E. angustifolia*, решта адвентивних видів трапляються рідше. Серед аборигенних значну домішку становили: *Poa angustifolia* L., *C. epigeios*, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Senecio jacobaea* L. тощо. Дану стадію сукцесії не можна вважати повною мірою наступною після куничникової на попередньому (десятирічному) перелізі. Її можна вважати паралельним варіантом до куничникової за умови домінуючого положення райграсу на 5 – 10 рік. Це підтверджує подібний розвиток угруповань з різними домінантами на значних площах 20-річних перелігів.

На двадцятирічних перелігах виявлено 214 видів судинних рослин, із них 32 – адвентивних. Висота травостою коливається від 50 – 70 см до 90 – 140 (150 см) в залежності від домінуючих видів, загальне проєктивне покриття 75 – 100 %, товщина мертвого покриву коливається від незначного до 5 – 10 см та до 15 – 20 см

і більше, в залежності від домінантів (найбільший – під *C. epigeios*, найменший – під *S. canadensis*).

Серед адвентивної фракції ценофлори за кількістю видів переважають епокофіти: *A. absinthium*, *A. syriaca*, *B. nigra*, *C. acanthoides*, *C. officinale*, *L. serriola*, *L. cardiaca* (знову з'являється), *S. racemosa*, *S. arvensis* (знову з'являється), *S. loeselii*, *T. inodorum* (знову з'являється), *V. tetrasperma*; агріо-епокофіти представлені меншою кількістю видів: *A. negundo*, *A. elatius*, *A. tectorum*, *C. intybus*, *E. angustifolia*, *P. annuum*, *C. canadensis*, *L. tuberosus*, *O. biennis*, *S. canadensis*. Агріофіти представлені *P. communis*, ергазіофітофіти – *Armeniac vulgaris* Lam. (з'являється), *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. (з'являється), *M. domestica*, *M. alba*, *M. nigra*, колонофіти – *F. pennsylvanica*, *P. sativa*, ефемерофіти – *L. squarrosa* (знову з'являється), *Vicia sativa* L. (з'являється). З травостою випадає *A. spica-venti*. В угрупованнях домінують: серед адвентивних – *A. elatus*, *S. canadensis*; серед аборигенних – *P. angustifolia*, *C. epigeios*, *E. repens*, *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub (значно рідше); часто присутня домішка *Stipa pennata* L. та *Festuca valesiaca* Gaudin, серед деревних адвентивних видів найпоширенішими є *A. negundo*, *F. pennsylvanica*, *P. communis*, *M. domestica*, *E. angustifolia*, досить поширеними адвентивними видами також є *A. syriaca* (утворює крупні плями), *O. biennis*, *P. annuum*, *C. acanthoides*, решта адвентивних видів менш поширені.

Обговорення. Провідні родини адвентивної фракції флори перелігів заповідника співпадають з провідними родами Роменсько-Полтавського геоботанічного округу в роботах Т.С. Двірної та М.В. Жук. На «Михайлівській цілині», як і в названих роботах, провідними родами адвентивної фракції флори виступають *Asteraceae*, *Poaceae* та *Brassicaceae* (Dvirna, 2015; Zhuk, 2023).

Серед груп видів за часом занесення у роботу М.В. Жук та у нашій за кількістю видів переважають археофіти (55,3 % та 52,54 % відповідно), а кенофіти – менш численні (Zhuk, 2023). При цьому, варто зазначити, що по мірі старіння перелігів «Михайлівської цілини» спостерігається тенденція поступового зменшення частки археофітів та збільшення – кенофітів (рис. 2). В роботі Т.С. Двірної навпаки переважає група кенофітів (66 %) (Dvirna, 2015). Переважання археофітів в перших двох випадках показує мещу інтенсивність заносу нових видів, що є логічним, зокрема, для заповідника віддаленого від крупних автомагістралей.

Серед груп адвентивних видів за ступенем натуралізації у роботі М.В. Жук переважають епокофіти (64,1 %) та агріо-епокофіти (18,4 %) (Zhuk, 2023); у роботі Т.С. Двірної так само переважають епокофіти (61 %), але кількість агріо-епокофітів значно менша (2 %) (Dvirna, 2015); У ценофлорі перелігів «Михайлівської цілини», у загальному, за кількістю видів переважають епокофіти (49,15 %) та агріо-епокофіти (25,42 %). Тобто наші показники ближче до результатів М.В. Жук. По мірі старіння перелігів відбувається поступове зниження частки епокофітів і збільшення – агріо-епокофітів (рис. 3).

За походженням у роботі Т.С. Двірної переважають види: середземноморські (22 %), північноамериканські (18 %) та середземноморсько-ірано-туранські (11 %).

(Dvirna, 2015); у роботі М.В. Жук – середземноморські (23,3 %), середземноморсько-ірано-туранські (16,5 %), північноамериканські (14,6 %), ірано-туранські (10,7 %) (Zhuk, 2023); на перелогах заповідника – середземноморсько-ірано-туранські (20,34 %), північноамериканські (20,34 %), середземноморські (11,86 %) та ірано-туранські (10,17 %). Тобто переважаючи групи видів у нашій та у названих роботах збігаються, але співвідношення між ними варіюється.

Видовий склад адвентивної флори перелогів переважно співпадає зі списками Т.С. Двірної для даного геоботанічного округу (Dvirna, 2012; Dvirna, 2013; Dvirna, 2014; Dvirna, 2015; Dvirna, 2016; Dvirna, 2017; Dvirna, 2019), відмінними в нашому списку є лише 10 видів: *A. saccharinum*, *A. vulgaris*, *A. elatius*, *C. japonica*, *M. domestica*, *M. nigra*, *P. sativa*, *P. communis*, *S. sisymbriifolium*, *V. sativa*. Співпадіння адвентивної фракції флори перелогів заповідника зі списком М.В. Жук є меншим (Zhuk, 2023), відмінними в нашому списку є 20 видів: *C. intybus*, *H. annuus*, *I. xanthiifolia*, *S. canadensis*, *S. polymorphum*, *A. vulgaris*, *M. domestica*, *R. pseudoacacia*, *V. sativa*, *S. annua*, *S. sisymbriifolium*, *M. alba*, *A. saccharinum*, *A. sagittata*, *M. neglecta*, *F. convolvulus*, *F. pennsylvanica*, *A. syriaca*, *A. arvensis*, *F. vaillantii*.

Описане зниження частки адвентивних видів (рис. 1), по мірі старіння перелогів – звичайне для процесу демультиплікації явище, під час якого природна рослинність успішно конкурує з синантропною, може бути реалізоване лише за умови відсутності надмірного антропогенного впливу. Варто зазначити, що відсоток адвентивних видів знижується в ході сукцесії не тільки за рахунок випадіння останніх з травостою, а й внаслідок збільшення кількості аборигенних видів, особливо на 10–20-річних перелогах.

На основі проведених досліджень складено прогноз подальших змін адвентивної фракції флори на різновікових перелогах в ході відновної сукцесії в 10-річній перспективі (2033 р.) за умови відсутності режимного викошування та випасу.

На дворічному перелозі через 10 років відбудеться остаточне формування маловидових угруповань з домінуванням *S. canadensis* і значною домішкою *C. epigeios* (аборигенний вид) (подібні фітоценози зараз займають значні площі на 20-річних перелогах), частина адвентивних видів випаде з травостою (переважно епекофіти). На 10 річному перелозі, де зараз домінує *C. epigeios*, а серед адвентивних переважає *S. canadensis* і становить значну домішку, відбудуватиметься аналогічний процес, але він буде проходити повільніше і, ймовірно, не завершиться повністю через 10 років. Також варто очікувати розширення площ зайнятих *A. syriaca*. На 15-річних перелогах через

10 років відбуватимуться невеликі коливання кількості адвентивних видів (співставні з сучасною відмінністю між 15-річними і 20-річними перелогами). Частка *A. elatius* при відсутності сінокосіння буде поступово зменшуватися, за рахунок більш мезофітних видів аборигенних кореневищних злаків (*E. repens*, *C. epigeios*). У даний період можливе проникнення *S. canadensis*, у цьому випадку вид займе значні площі, чим викличе зміни чисельності адвентивних видів. На 20-річних перелогах, ймовірно, відбуватимуться подібні зміни в напрямку скорочення *A. elatius* за рахунок часткового його заміщення аборигенними кореневищними злаками та збільшення *S. canadensis*. Також відбудеться збільшення площ *A. syriaca*. На всіх перелогах будуть поширюватися адвентивні дерева та чагарники (переважно *A. negundo*, *F. pennsylvanica*, *E. angustifolia*, *P. communis*, *M. domestica*, *M. nigra*, *R. pseudoacacia*). Також варто очікувати незначного збільшення кількості адвентивних видів за рахунок занесення нових видів ергазіофітофітів на всіх перелогах. Тенденція поступового зниження частки археофітів та збільшення частки кенофітів теж збережеться.

Висновки. Піку за чисельністю видів адвентивна фракція ценофлори досягає на перший рік сукцесії, за рахунок групи епекофітів, у подальшому (2 – 10 рік сукцесії) відбувається різке зниження чисельності адвентивних видів під впливом едификаторів: аборигенних (*C. epigeios*, *P. angustifolia*, *E. repens* та ін.) і адвентивних (*S. canadensis*, *A. elatius* та ін.). Після цього кількість адвентивних видів у флорі перелогу коливається незначною мірою, в основному за рахунок проникнення видів деревно-чагарникових рослин, спочатку анемохорних, пізніше зоохорних та повторного виростання адвентивних видів, що раніше випали з травостою. Місцями розповсюдження адвентивних видів на старих перелогах виступають порушені ділянки. Чинниками, що викликають такі порушення найчастіше є діяльність тварин-землеріїв (кротовини, сліпаківини), а також порії диких свиней та, рідше, пірогенний вплив. Такі порушені ділянки поступово заростають і адвентивні види знову зникають. Станом на двадцятий рік сукцесії на перелогах залишаються найпристосованіші до умов створених видами едификаторами адвенти. Серед адвентивних видів найнебезпечнішими для рослинного покриву перелогів є: трав'яні: *S. canadensis*, *A. syriaca*, деревні: *A. negundo*, *F. pennsylvanica*. Чисельність будь-яких деревних рослин в заповіднику має бути контрольованою, оскільки надмірне їхнє поширення негативно впливає на охоронювані там степові рослинні угруповання.

Необхідно продовжити дослідження динаміки адвентивної фракції флори на перелогах заповідника для з'ясування особливостей більш пізніх етапів сукцесій.

Бібліографічні посилання:

1. Berezhna, I.O. (2019). Otsinka vplyvu klimatychnykh umov na stepovi ekosystemy (na prykladi pryrodnoho zapovidnyka "Mykhailivska tsilyna") [Estimation of the influence of climatic conditions on the steppe ecosystems (on the example of the natural reserve "Mykhailivska Tsilyna")]. Visti Biosferneho zapovidnyka "Askania-Nova", 21, 411–413 (in Ukrainian).
2. Bezrodnova, O.V. & Loza, I.M. (2006). Ahrohimichna kharakterystyka gruntiv zapovidnyka "Mykhailivska tsilyna" (Sumska oblast) [Agrochemical characteristic of soils in «Mikhailovsky virgin land» reserve (Sumy region)]. Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biologia, ecologia, 14(1), 7–11. doi: 10.15421/010602 (In Ukrainian).
3. Bilyk, H.I. (1957). Roslynnist zapovidnyka "Mykhailivska tsilyna" ta yii zminy pid vplyvom hospodarskoi diialnosti liudyny [Vegetation of the Mikhailovskaya virgin steppe reservation and its alteration under the influence of human economic activity]. Ukrainskyi botanichnyi zhurnal, 14(4), 26–39 (in Ukrainian).

4. Burda, R.I., Pashkevych, N.A., Boiko, H.V. & Fitsailo, T.V. (2015). Chuzhoridni vydy okhoronnykh flor Lisostepu Ukrainy [Alien species of the protect floras of Forest-Steppe of Ukraine]. Kyiv: Naukova dumka. 113 (in Ukrainian).
5. Dvirna, T. (2016). Distribution of selected invasive plant species in the Romensko-Poltavsky Geobotanical District (Ukraine). *Biodiversity Research and Conservation*, 40(1), 37 – 47. doi: 10.1515/biorc-2015-0033
6. Dvirna, T. (2019). Erhaziofity adventyvnoi fraktsii flory Romensko-Poltavskoho heobotanichnoho okruhu (Ukraine): konspekt ta analiz [Ergasiophytes of the alien fraction of the flora of Romensko-Poltavsky Geobotanical District (Ukraine): checklist and analysis]. *Geo&Bio*, 18, 21–36. (in Ukrainian). doi: 10.15407/gb1804
7. Dvirna, T.S. (2012). Znakhidky vydiv adventyvnykh roslin na terytorii Romensko-Poltavskoho heobotanichnoho okruhu [Finds of alien plants on the territory of the Romensko-Poltavsky geobotanical region]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 69(6), 847–852 (in Ukrainian).
8. Dvirna, T.S. (2013). Systematychna struktura adventyvnoi fraktsii flory Romensko-Poltavskoho heobotanichnoho okruhu [Systematic structure of the alien fraction of the flora of the Romensko-Poltavsky geobotanical district]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 70(6), 737–740. (in Ukrainian).
9. Dvirna, T.S. (2014). Heohrafichna struktura adventyvnoi fraktsii flory Romensko-Poltavskoho heobotanichnoho okruhu [The geographical structure of the alien fraction of the flora of the Romensko-Poltavsky geobotanical district]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 71(3), 308–312. (in Ukrainian).
10. Dvirna, T.S. (2015). Adventyvna fraktsia flory Romensko-Poltavskoho heobotanichnoho okruhu ta yii invaziyni potentsial [The alien fraction of the flora of the Romensko-Poltavsky Geobotanical District and its invasive potential.] Abstract of PhD's thesis. Kyiv, Instytut botaniky im. M.G. Kholodnoho NAN Ukrainy, 21 (in Ukrainian).
11. Dvirna, T. (2017). Alien plant species (ephemerophytes) in Romensko-Poltavsky Geobotanical District, Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*, 5(3), 23 – 30. doi: 10.1515/enviro-2017-0013
12. Hennekens, S.M. & Schaminee, J.H.J. (2001). Turboveg, a comprehensive database management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 589 – 591. doi: 10.2307/3237010
13. Hetman, V. I. (2018). Mykhailivska Tsilyna. In: *Entsyklopedia Suchasnoi Ukrainy [Encyclopedia of modern Ukraine]*. Eds: I. M. Dzyuba, A. I. Zhukovskiyi & M. H. Zheleznyak et al. Kyiv: Instytut entsyklopedychnykh doslidzhen NAN. [Electronic resource]. Access mode: <https://esu.com.ua/article-64822> (in Ukrainian).
14. Kolomiichuk, V.P., Lysenko, H.M., Korshykova, K.O., Kucher, O.O. & Shevera, M.V. (2021). Synantropizatsiia roslynnoho pokryvu pryrodnoho zapovidnyka "Mykhailivska tsilyna" [Synantropization of vegetation cover of the "Mykhailivska Tsilyna" Nature Reserve]. *Zbrezhennia roslin u zviazku zi zminamy klimatu ta biolohichnymi invaziiami: materials of the Int. Sci. Conf. (March 31). Bila-Tserkva: TOV "Bilotserkivdruk", 277–283 (in Ukrainian).*
15. Larionov, M.S. (2021). *Solidago canadensis* L. in the nature reserve "Mykhailivska tsilyna" (Sumy reg.): prognosis and control measures. *Advances in Botany and ecology: materials of the Int. Conf. of Young Scientists (October 20 - 22). Kyiv, 44.*
16. Larionov, M.S. (2022). Roslynnyi pokryv pryrodnoho zapovidnyka "Mykhailivska tsilyna": istoriia doslidzhen ta suchasnyi stan [Vegetation coverage of the nature reserve "Mykhailivska Tsilyna": research history and present condition]. *Visnyk Cherkaskoho universytetu: Serii Biolohichni nauky*, 2, 53 – 65. doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2022-2-53-65 (in Ukrainian).
17. Larionov, M.S. (2023a). Invaziini vydy roslin pryrodnoho zapovidnyka "Mykhailivska tsilyna" (Sumy region) [Invasive species of nature reserve Mykhailivska Tsilyna (Sumy region)]. *Znakhidky chuzhoridnykh vydiv roslin ta tvaryn v Ukraini. Serii "Conservation Biology in Ukraine". 29, Chernivtsi: Druk Art, 251 – 258 (in Ukrainian).*
18. Larionov, M.S. (2023b). Role of *Solidago canadensis* in post-exaration changes of vegetation of the nature reserve Mykhailivska Tsilyna. *Advances in Botany and ecology: materials of the Int. Conf. of Young Scientists (September 27 – 30). Ivano-Frankivsk, 41.*
19. Mosyakin, S.L. & Fedoronchuk, M.M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kiev: M. G. Kholodny Institute of Botany, 345.
20. Mykhailivska tsilyna [Mykhailivska Tsikyna]. (2020). [Electronic resource]. Access mode: <https://sites.google.com/view/mcsumy-step/> (in Ukrainian).
21. Osypenko, V.V. & Larionov, M.S. (2019). Adaptatsia invaziinoho vydu *Solidago canadensis* L. v urboecosystemi m. Cherkasy [Adaptation of invasive species of *Solidago canadensis* L. in the urban ecosystem of Cherkasy]. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Serii "Biolohichni nauky"*, 2, 51–62 (in Ukrainian). doi:10.31651/2076-5835-2018-1-2019-2-51-62
22. Parakhonska, N.O. & Tkachenko, V.S. (1984). Zminy florystychnoho skladu Mykhailivskoi tsilyny v umovakh zapovidnosti [Changes of the floristic composition of the Mikhailivska Tsilyna in reserved conditions]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 41(5), 13–16 (in Ukrainian).
23. Proekt orhanizatsii terytorii pryrodnoho zapovidnyka "Mykhailivska tsilyna" ta okhorony yoho pryrodnykh kompleksiv [Project of the territorial organization of the nature reserve Mykhailivska Tsilyna and the protection of its natural complexes] (2021). Kyiv. (in Ukrainian).
24. Protopopova, V.V. (1973). *Adventyvni rosliny Lisostepu ta Stepu Ukrainy [Alien plant species of the Forest-Steppe and Steppe of Ukraine]*. Kyiv: Naukova dumka, 192 (in Ukrainian).
25. Protopopova, V.V. & Shevera, M.V. (2014). Ergasiophytes of the Ukrainian flora. *Biodiv. Res. Conserv.*, 35, 31 – 46. <https://doi.org/10.2478/biorc-2014-0018>
26. Pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy [Natural-reserved fund of Ukraine] (2023). [Electronic resource]. Access mode: <https://wownature.in.ua/> (in Ukrainian).
27. Tkachenko, V.S. & Fitsailo, T.V. (2016). Structurni zminy fitosystem lychnoho stepu "Mykhailivska Tsilyna" u XX ta na pochatku XXI stolit [Structural changes in phytosystems of meadow steppe "Mykhailivska Tsilyna" reserve in XX and early XXI centuries]. *Visti Biosferneho zapovidnyka "Askania-Nova"*, 18, 23–34 (in Ukrainian).

28. Tkachenko, V.S. (1999). Ekologichnyi menedzhment zapovidnoho luchnoho stepu "Mykhailivska tsilyna" na Sumshchyni [Environmental management of the protected meadow steppe Mykhailivska Tsilyna in Sumy region]. Zapovidna sprava na mezhi tysiacholit (suchasnyi stan, problemy i stratehia rozvytku): materials of All-Ukrainian General Theoretical Sci. and Pract. Conf. (October 11 – 14). Kaniv, 85–97 (in Ukrainian).
29. Zajac, A. (1979). The origin of the archaeophytes occurring in Poland. Kracow: Nakl. Univ. Jagiellonskiego, 213 (in Polish).
30. Zhuk, M.V. (2023). Luky Romensko-Poltavskoho heobotanichnoho okruhu: struktura florystychnoho riznomanittia ta naukovi zasady okhorony i zberezhennia [The meadows of the Romensko-Poltavsky geobotanical district: the structure of floristic diversity and scientific principles of protection and conservation]. PhD's thesis. Poltava, Poltavskyi natsionalnyi pedahohichnyi universytet im. V.H. Korolenka, 315 (manuscript) (in Ukrainian).

Larionov M. S., PhD student, M.H. Kholodnyi Institute of Botany of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Alien fraction of the flora of the different-aged fallows of the nature reserve Mykhailivska Tsilyna: structure, dynamics and prognosis

The work is about peculiarities of the structure and dynamics of the alien fraction of the flora on the 1 – 20-year fallows of the nature reserve Mykhailivska Tsilyna, and a prognosis of its development for the next 10 years. The work is based on materials from the literature and materials collected during a stationary study of the flora of the reserve during 2021 – 2023. A systematic list of alien species of vascular plants on the fallows is provided. The changes in the ratios between their groups in restorative successions were analyzed taking into account the peculiarities of their phytocenosis role. Quantitative predominance of archaeophytes at the initial stages of successions and their gradual decrease at the following stages and an increase in the number of kenophytes have been established. The predominance, by the number of species in the initial stages, of epoecophytes and agrio-epoecophytes – in the following ones was revealed. The peculiarities of the dynamics of the alien fraction have been established: the highest level of its species richness is observed in the first years of the succession; the decrease of it occurs at the stages of establishing the dominant positions of the edificator species (alien or native) and depends on the speed of its spreading; a slight fluctuation in the number of alien species on 10 – 20-year-old fallows occurs due to the re-invasion of species, that have fallen from the grass stand or less often – new ones. It is predicted, that alien species of wide ecological amplitude (*Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl & C. Presl, *Oenothera biennis* L., *Cardus acanthoides* L., *Cynoglossum officinale* L., *Lactuca serriola* L., *Lathyrus tuberosus* L. etc.) will remain on over 20-year-old fallows. Under appropriate conditions, they will be replaced by transforming species (*Solidago canadensis* L., *Acer negundo* L., *Elaeagnus angustifolia* L. etc.) and other aggressive species (*Asclepias syriaca* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. etc.).

Key words: alien species, coenoflora, dynamics, succession, fallows, nature reserve.

ФОРМУВАННЯ ПОСІВНИХ ФРАКЦІЙ НАСІННЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ЗЕРНІВКИ

Леонов Олег Юрійович

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії
Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України, м. Харків, Україна
ORCID: 0000-0001-9191-8658
oleleo@meta.ua

Скрипник Олена Олексіївна

науковий співробітник
Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України, м. Харків, Україна
ORCID: 0009-0004-0106-9701
anastasiyamishenuk2004@gmail.com

Усова Зоя Василівна

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник
Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України, м. Харків, Україна
ORCID: 0000-0002-0306-5809
ppiww2017@gmail.com

Суворова Катерина Юріївна

кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України, м. Харків, Україна
ORCID: 0000-0001-6658-1272
katasuvorova630@gmail.com

Хухрянська Марина Миколаївна

молодший науковий співробітник
Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України, м. Харків, Україна
ORCID: 0009-0007-9523-4166
ppiww@ex.ua

Досліджено вплив лінійних розмірів зернівки на формування та рівень прояву показників якості посівних фракцій насіння сортів і ліній пшениці м'якої озимої. Встановлено, що в процесі сортування лімітуючим чинником проходження через отвори сит є товщина зернівки. На ширину, товщину зернівки, масу тисячі зерен та схожість насіння суттєво впливали фактори року, сорту, фракції насіння та їх взаємодія. Лінійні розміри зернівки вплинули на масу 1000 зерен окремих фракцій. Для фракції >2,8 мм цей показник склав понад 50 г у сортів. Досконала, Приваблива, Здобна, Привітна, Метелиця харківська, Гайок, Подолянка, Смуглянка, лінії Лютесценс 217-13. Для сортів Бунчук, Єдність, Краса ланів та стародавнього сорту Феругінеум 1239 даний показник був менше 45 г. Зменшення отвору сит на 0,3 мм супроводжувалось зменшенням маси 1000 зерен відповідної фракції на 10 г. Високий вихід насіння крупних фракцій притаманний, переважно, сортам напівінтенсивного типу: Досконала, Приваблива, Привітна, Подолянка, за виключенням сорту Здобна. Для їх очищення доцільно застосовувати решета з отвором 2,8 x 20 мм. Низький вихід насіння крупної фракції мали сорти Гармоніка, Краса ланів, Диво, Бунчук, Єдність, Смуглянка, які формували високу густоту продуктивного стебlistого з невеликим, але добре виповненим зерном; для отримання високого виходу кондиційного насіння при їх очищенні слід застосовувати решета з отвором 2,2 x 20 мм. Сорти Статна, Вигадка, Фермерка, Дорідна, Розкішна, Гайок доцільно очищувати на решетах з отвором 2,5 x 20 мм. Високу врожайність забезпечили сорти як з високим, так і з низьким виходом насіння крупної фракції, тобто лінійні розміри зернівки, маса тисячі зерен та вихід насіння різних фракцій не є визначальними для формування урожайності, але потребують урахування при виборі параметрів очистки та сортування насіння.

Ключові слова: пшениця озима, сорт, сортування, фракція, лінійні розміри, маса 1000 зерен.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.5>

Вступ. Сільське господарство є найбільш надійним елементом, який здатний забезпечити економічну незалежність нашої країни на сучасному етапі її розвитку. В Україні щорічно засівається 15–16 млн га зернових

культур. Для сівби треба мати близько 2,3–2,5 млн т високоякісного насіння сільськогосподарських культур: 600–800 тис. т ярих і 1,7–2 млн. т насіння озимих зернових. В тому числі до 2 млн. т сертифікованого насіння.

Однією з важливих складових підвищення врожайності пшениці озимої є створення та впровадження нових сортів з високою продуктивністю і екологічною пластичністю (Navryliuk & Kopovalov, 2014). Вважається, що завдяки новому поколінню сортів питома частка приросту врожаю може становити 70–80 % (Drouyer et al., 2008).

Ефективність впровадження сучасних високопродуктивних сортів залежить від якості підготовки посівного матеріалу. За рахунок використання якісного насіння можна суттєво підвищити врожайність зернових (Kulyk et al., 2020; Berdnikova & Kucherak, 2021). Сівба високоякісним насінням з урахуванням зональної технології вирощування сільськогосподарських культур сприятиме підвищенню врожайності на 15–30 % з відповідним підвищенням валових зборів зерна (Berdin & Onychko, 2022; Antypova et al., 2017), якісний посівний матеріал, підготовлений за сучасною технологією, дає змогу без додаткових енергозатрат (добрива, пестициди) забезпечити належний ріст та розвиток рослин, і на цій основі підвищити врожайність культур і якість одержаної продукції, поліпшити екологічний стан поля (Onopriienko et al., 2020; Onychko, 2017). Для збільшення виробництва насіння важливо не тільки підвищення урожайності, але і збільшення виходу насіння. Показник виходу кондиційного насіння вітчизняним стандартом не нормується, але зазвичай для пшениці озимої складає 60–80 % (Kalenska et al., 2011; Курга, 2013). Основна мета сортування – видалення дрібного і щуплого насіння та виділення для сівби найбільш повноцінного, крупного, важкого і вирівняного насіння з високим його виходом (Vyshnivskyi et al., 2014). Нерівноцінність насіння в насінневому матеріалі розглядається як одна із причин, що веде до зниження врожаю (Zecevic et al., 2014). Одним з критеріїв якості насіння вважається крупність, яка визначається лінійними розмірами за товщиною, довжиною і шириною (Chebotar et al., 2009; Hospodarenko et al., 2017). Ширина і товщина насінини сильно варіюють під впливом умов зовнішнього середовища, більш стабільною є довжина зернівки (Kotkov & Pustovit, 2015). Загальноприйнятим показником крупності є маса 1000 зерен (Voloshchuk et al., 2019). Питання впливу лінійних розмірів зернівки сучасних сортів пшениці м'якої озимої на вихід насіння і масу 1000 насінин не достатньо вивчені (Skrypnyk et al., 2021), чому і присвячені наші дослідження.

Матеріали і методи. Експериментальна частина дослідження була проведена на селекційному центрі Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН (ІР НААН) в 2016–2018 рр. Вивчалось 23 сорти та лінії пшениці м'якої озимої селекції ІР НААН, 4 стандарти (Подольська, Смуглянка, Бунчук, Єдність). Площа ділянки 10 м², повторність чотириразова. Сепарування за лінійними розмірами проводили на лабораторному розсіві ЛРУ-3 з використанням сит з прямокутними отворами 2,2 x 20, 2,5 x 20, 2,8 x 20 мм за «Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні (ПСП), 2014» (Tkachuk, 2014). Лінійні розміри насіння – довжину, ширину і товщину вимірювали електронним штангенциркулем з точністю до 0,1 мм. Визначення маси 1000 насінин проводили згідно ДСТУ 4138–2002.

В дослідженні вивчали фактори впливу на морфометричні та фізіологічні параметри зернівки пшениці озимої: фактор А – сорт, фактор Б – рік вирощування, фактор В – фракція насіння.

Статистичну обробку експериментальних даних (дисперсійний аналіз) робили за Ермантраунт Е.Р., Гопцій Т.І. та ін. (Ermantraunt et al., 2014) з використанням пакету програм STATISTICA 6.1, SN BXXR502C631824NET3.

Погодні умови осені 2015–2017 рр. в передпосівний, посівний та післяпосівний періоди були посушливими. Зимовий період 2015–2016 рр. вирізнявся підвищеним температурним режимом. Грудень і лютий виявилися аномально теплими. Максимальна температура повітря у лютому підвищувалась до 8–18 °С тепла. На посівах, де з осені не отримано сходів, на кінець місяця спостерігали початкову фазу сходів. Через нестачу продуктивних опадів у вересні–жовтні 2017 року сходів з'являлись нерівномірно, поля мали строкатий вигляд, частина насіння довгий час перебувала в ґрунті у непророслому або накільченому стані. Метеорологічні умови, які склалися впродовж зими 2017 і 2018 років, для перезимівлі озимих культур були задовільними. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла куціння пшениці озимої нижче 4 °С морозу не знижувалася, що значно вище за критичну температуру вимерзання. Відлиги та опади у вигляді дощу утворювали льодяну кірку у кінці 2017 року та у другій декаді березня 2018 року, середня товщина кірки становила 8–12 мм, але в цілому пошкодження рослин озимих зернових культур несприятливими умовами зимівлі практично не відмічалося. Весна у 2016 році виявилась хоча і ранньою, але затяжною. Відновлення вегетації відмічено у першій декаді квітня, але активного росту рослин не відмічалося. Погодні умови весни 2017 року були сприятливими для росту і розвитку рослин, що забезпечило високий рівень урожайності культури. Пізнє відновлення весняної вегетації в 2018 році, призвело до скорочення вегетаційного періоду пшениці озимої, що негативно вплинуло на розвиток рослин та на формування урожаю зерна.

Результати. 3 параметрів зернівки найменшою була товщина, що і визначило відношення насінини до тієї чи іншої фракції. Максимальними довжина, ширина та товщина зернівки були у 2017 році (табл. 1), в середньому за варіантами досліду для сходів з сит 2,8 x 20 мм : 6,36, 3,47 та 3,03 мм, проходів з сит 2,8 x 20 мм і сходів з сит 2,5 x 20 мм : 6,11, 3,25, та 2,70 мм, а для проходів з сит 2,5 x 20 мм і сходів з сит 2,2 x 20 мм – 5,71, 2,94 та 2,37 мм, відповідно. У 2016 та 2018 рр. розміри зернівки були дещо меншими. Для фракції > 2,8 мм довжину зернівки 6,7 мм і більше мали сорти Смуглянка та Метелиця харківська (табл. 2), ширину зернівки понад 3,45 мм – Харківська 81, Досконала, Здобна, Приваблива, Привітна, Подольська, Лютеценс 217-13, товщину зернівки 3,0 мм і більше – Альянс, Дорідна, Досконала, Здобна, Фермерка, Привітна, Гайок, при цьому максимальним останній показник був у сортів Привітна і Здобна, для яких характерним був найвищий вихід крупної фракції. Подібні закономірності при менших на 0,2–0,3 мм показниках збереглися для фракції 2,5–2,8 мм стосовно довжини та ширини зернівки, тоді як стосовно товщини зернівки розбіжності скоротилися. Для фракції 2,2–2,5 мм різниця між сортами була ще меншою.

Таблиця 1

Мінливість параметрів насіння пшениці озимої по роках та фракціях (середнє за сортами)

Рік	Довжина зернівки, мм	Ширина зернівки, мм	Товщина зернівки, мм	Маса 1000 зерен, г	Схожість, %
Фракція 2,8 мм					
2016	6,33	3,28	2,95	49,6	89,3
2017	6,36	3,47	3,03	50,1	96,4
2018	6,33	3,28	2,92	46,7	95,4
середнє	6,34	3,34	2,97	48,8	93,7
Фракція 2,5 мм					
2016	6,04	3,03	2,63	39,3	88,8
2017	6,11	3,25	2,70	39,9	96,1
2018	6,03	3,08	2,61	37,4	93,1
середнє	6,06	3,12	2,64	38,9	92,7
Фракція 2,2 мм					
2016	5,69	2,76	2,38	29,3	86,7
2017	5,71	2,94	2,37	29,9	94,8
2018	5,76	2,81	2,29	28,3	93,8
середнє	5,72	2,84	2,35	29,2	91,7

Таблиця 2

Параметри насіння пшениці за сортами та фракціями, середнє за 2016–2018 рр.

Сорт, лінія	Фракція, мм	Довжина зернівки, мм	Ширина зернівки, мм	Товщина зернівки, мм	Маса 1000 зерен, г	Схожість, %
Патріотка	2,8	6,30	3,28	2,99	49,0	95,7
	2,5	6,15	3,02	2,65	39,2	91,3
	2,2	5,70	2,84	2,36	30,8	93,7
Статна	2,8	6,51	3,25	2,96	48,3	91,3
	2,5	6,28	3,05	2,71	39,3	92,0
	2,2	5,86	2,72	2,37	29,0	89,0
Запашна	2,8	6,57	3,30	2,91	48,8	96,0
	2,5	6,34	3,09	2,65	38,3	93,3
	2,2	5,93	2,85	2,34	29,5	92,3
Альянс	2,8	6,13	3,27	3,04	48,5	94,3
	2,5	5,84	3,07	2,63	36,8	93,7
	2,2	5,52	2,86	2,38	26,1	94,3
Диво	2,8	6,52	3,17	2,92	47,7	94,3
	2,5	6,29	2,96	2,63	38,6	96,0
	2,2	6,06	2,79	2,32	29,8	94,3
Здобна	2,8	6,18	3,48	3,18	50,4	96,3
	2,5	5,92	3,24	2,66	37,6	93,0
	2,2	5,56	2,81	2,36	27,0	93,3
Вигадка	2,8	6,52	3,32	2,92	48,9	93,0
	2,5	6,30	3,13	2,63	39,8	90,7
	2,2	5,83	2,89	2,30	29,3	88,3
Гармоніка	2,8	6,48	3,27	2,92	48,8	95,7
	2,5	6,40	3,11	2,55	39,4	95,0
	2,2	6,14	2,80	2,38	30,7	95,0
Краса ланів	2,8	5,99	3,32	2,95	45,3	93,3
	2,5	5,71	3,10	2,63	36,4	89,7
	2,2	5,47	2,84	2,35	26,9	93,3
Фермерка	2,8	6,48	3,23	3,00	49,7	94,3
	2,5	6,20	3,03	2,65	39,1	92,7
	2,2	5,86	2,74	2,39	28,7	91,3
Дорідна	2,8	6,28	3,41	3,05	49,2	94,0
	2,5	5,99	3,31	2,70	39,9	90,7
	2,2	5,70	3,02	2,37	30,5	89,0

Сорт, лінія	Фракція, мм	Довжина зернівки, мм	Ширина зернівки, мм	Товщина зернівки, мм	Маса 1000 зерен, г	Схожість, %
Розкішна	2,8	6,39	3,39	2,97	49,5	91,7
	2,5	6,05	3,25	2,59	40,6	88,0
	2,2	5,89	2,98	2,38	29,8	86,3
Досконала	2,8	6,30	3,50	3,03	52,2	96,3
	2,5	5,92	3,23	2,72	41,2	94,7
	2,2	5,62	2,98	2,35	30,5	92,7
Приваблива	2,8	6,01	3,53	2,97	51,2	96,0
	2,5	5,71	3,22	2,63	40,3	97,0
	2,2	5,50	2,90	2,35	29,9	92,3
Привітна	2,8	6,28	3,47	3,09	49,8	91,7
	2,5	5,97	3,25	2,73	38,2	94,3
	2,2	5,51	2,88	2,38	28,8	94,0
Харківська 81	2,8	6,01	3,50	2,94	46,2	91,7
	2,5	5,58	3,34	2,66	37,6	90,7
	2,2	5,15	2,91	2,36	26,7	90,7
Смуглянка	2,8	6,87	3,34	2,95	50,6	92,0
	2,5	6,54	3,12	2,62	42,1	93,3
	2,2	6,11	2,75	2,29	32,4	94,7
Подольська	2,8	6,34	3,50	2,99	50,8	95,7
	2,5	5,95	3,17	2,67	39,5	94,0
	2,2	5,51	2,82	2,35	29,3	92,3
Бунчук	2,8	6,23	3,18	2,89	43,9	95,7
	2,5	5,98	2,99	2,63	35,5	96,0
	2,2	5,65	2,79	2,35	27,1	95,3
Єдність	2,8	6,04	3,35	2,89	45,4	95,0
	2,5	5,59	3,10	2,62	36,9	96,3
	2,2	5,40	2,89	2,35	27,3	92,7
Гайок	2,8	6,42	3,37	3,00	50,1	94,0
	2,5	6,23	3,14	2,60	39,2	94,0
	2,2	5,90	2,90	2,32	31,5	91,7
Еритроспермум 408-13	2,8	6,36	3,29	2,94	47,5	94,3
	2,5	6,12	3,00	2,68	38,4	94,0
	2,2	5,89	2,79	2,36	29,5	94,3
Еритроспермум 164-13-3м	2,8	6,30	3,27	2,92	48,1	90,0
	2,5	6,00	3,08	2,62	38,9	92,3
	2,2	5,62	2,85	2,30	28,3	89,3
Метелиця харківська	2,8	6,70	3,35	2,88	49,9	96,0
	2,5	6,49	3,04	2,60	39,7	92,7
	2,2	6,09	2,78	2,29	30,4	94,3
Лютесценс 217-13	2,8	6,35	3,47	2,93	51,0	88,3
	2,5	6,14	3,16	2,63	40,6	87,0
	2,2	5,67	2,71	2,33	29,3	87,0
Феругінеум 1239	2,8	6,32	3,09	2,89	43,6	89,7
	2,5	5,87	3,00	2,65	35,3	86,7
	2,2	5,64	2,76	2,34	27,0	83,7

Лінійні розміри зернівки вплинули на масу тисячі зерен. Максимальним для усіх фракцій значення показника також було у 2017 році, а мінімальним – у 2018 році. Для фракції >2,8 мм даний показник був максимальним у сортів Досконала, Приваблива, Здобна, Привітна, Метелиця харківська, Гайок, Лютесценс 217-13 та стандартів Подольська і Смуглянка і склав 50 г та більше. Для сортів степового екотипу Бунчук, Єдність, Краса ланів

та стародавнього сорту Феругінеум 1239 даний показник склав 45 г і менше.

Зменшення отвору сит на 0,3 мм призводило до зменшення маси 1000 зерен відповідної фракції приблизно на 10 г. Так, у середньому за роками і масивом сортів, маса 1000 зерен фракції >2,8 мм склала 48,8 г, 2,5–2,8 – 38,9 г, а 2,2–2,5 – 29,2 г (див. табл. 1). Меншим значенням цього показника характеризувалось

зерно, отримане у 2018 році, особливо стосовно фракції >2,8 мм, де різниця з іншими роками склала 3 г.

Тривалі зливи дощі у липні 2016 р. не дали можливості вчасно зібрати врожай пшениці м'якої озимої, що суттєво погіршило посівні кондиції насіння, отриманого цього року. Лабораторна схожість різних фракцій знизилася на 6-8 % порівняно з іншими роками, що викликало і зменшення середнього за роки дослідження.

У середньому за роками вивчення дрібніші фракції характеризувались деяким зменшенням лабораторної схожості, особливо фракція 2,2–2,5, але така тенденція спостерігалась не на всіх сортах.

Чіткі розбіжності між сортами спостерігались і за виходом насіння різних фракцій, особливо крупної і дрібної (табл. 3).

Більше 70 % сходу з сит 2,8 мм забезпечували лише два сорти: Здобна та Привітна. Нижчим за 60 % вихід крупної фракції був у сортів Диво, Гармоніка, Краса ланів, Розкішна, Метелиця харківська, ліній Еритроспермум 408-13, Лютеценс 217-13, стародавнього сорту Феругінеум 1239 та стандартів Смуглянка, Бунчук, Єдність. Відповідно, у названих сортів був більшим вихід дрібної фракції.

За сумарним сходом з сит 2,5 мм розбіжності між сортами суттєво згладжувалися, а за сумарним сходом з сит 2,2 мм нівелювалися. Серед років вивчення максимальним вихід крупної фракції насіння був у 2017 році і склав у середньому за сортами 67 %, тоді як у 2016 р. показник був на рівні 56 %, а у 2018 – 59 %.

Обговорення. Наші дослідження підтвердили гіпотезу, що на ширину, товщину зернівки, масу тисячі зерен та схожість насіння суттєво впливали погодні умови року, сорт рослин, фракція насіння та їх взаємодія. Що цілком узгоджується із результатами окремих досліджень (Berdin & Onychko, 2022; Kristó et al., 2023; Muhsin et al., 2021; Yatchuk et al., 2016), які свідчать про вплив генетичних, екологічних та агрономічних чинників на формування фракцій насіння пшениці озимої. Всі ці фактори мають значний вплив на ключові фізіологічні процеси формування насіння пшениці озимої та, відповідно, його урожайності (Charushahi et al., 2015; Gadisa, 2019; Polishchuk et al., 2013; Voloshchuk et al., 2014).

За результатами дисперсійного аналізу, суттєвий вплив на довжину зернівки мали фактори сорту та фракції насіння, між роками досліджень розбіжності не були суттєвими (табл. 4). На ширину, товщину зернівки, масу тисячі зерен та схожість насіння суттєво впливали фактори року, сорту, фракції насіння та взаємодія більшості з них. Параметри зернівки були суттєво пов'язані між собою, але зв'язок не був функціональним. Максимальними значення коефіцієнтів кореляції були між шириною та товщиною зернівки: $r=0,86-0,87$, в залежності від року. Кореляція довжини зернівки з її шириною та товщиною була суттєвою для $p<0,05$, але помітно меншою: $r=0,46-0,58$ та $r=0,60-0,70$, відповідно.

Таблиця 3

Вихід насіння пшениці за сортами та фракціями, %, середнє за 2016–2018 рр.

Сорт	Схід 2,8 мм	Прохід 2,8 мм, схід 2,5 мм	Прохід 2,5 мм, схід 2,2 мм	Схід 2,5 мм	Схід 2,2 мм
Патріотка	63,9	23,6	9,0	87,5	96,5
Статна	60,1	27,2	9,0	87,3	96,3
Запашна	64,0	23,5	9,3	87,5	96,8
Альянс	66,8	22,0	7,6	88,8	96,4
Диво	56,9	28,4	11,1	85,3	96,4
Здобна	75,5	17,1	4,9	92,6	97,4
Вигадка	60,3	27,7	8,6	88,0	96,6
Гармоніка	50,2	32,5	12,9	82,8	95,7
Краса ланів	57,4	30,1	9,1	87,5	96,6
Фермерка	65,5	24,2	7,4	89,7	97,1
Дорідна	59,9	28,6	8,3	88,5	96,7
Розкішна	55,8	30,6	10,2	86,4	96,6
Досконала	67,6	23,4	6,0	91,0	97,0
Приваблива	67,3	23,4	6,2	90,7	96,9
Привітна	73,3	19,6	4,8	92,9	97,7
Харківська 81	65,1	26,7	5,5	91,8	97,5
Смуглянка	46,6	35,1	13,9	81,7	95,6
Подольська	68,9	22,0	6,2	90,9	97,1
Бунчук	56,0	30,4	10,7	86,5	97,1
Єдність	51,6	34,6	10,5	86,2	96,7
Гайок	61,7	22,2	12,3	83,9	96,1
Еритроспермум 408-13	57,2	27,2	11,4	84,4	95,8
Еритроспермум 164-13	60,1	28,6	7,6	88,7	96,4
Метелиця харківська	53,8	29,5	12,1	83,3	95,4
Лютеценс 217-13	57,3	29,3	9,2	86,7	95,9
Феругінеум 1239	52,6	34,8	9,7	87,4	97,1

Результати дисперсійного аналізу за факторами впливу на параметри насіння

Джерела дисперсії	Сума квадратів (SS)	Ступені свободи (df)	Середні квадрати (MS)	Критерій Фішера (F)	Ймовірність (P)
Довжина зернівки					
Рік	0,67	2	0,33	2,2	0,115978
Сорт	121,68	25	4,87	31,4	0,000000
Фракція	149,71	2	74,85	482,7	0,000000
Рік*Сорт	18,96	50	0,38	2,4	0,000000
Рік*Фракція	1,19	4	0,30	1,9	0,104864
Сорт*Фракція	7,68	50	0,15	1,0	0,493343
Рік*Сорт*Фракція	13,79	100	0,14	0,9	0,773229
Помилка	326,56	2106	0,16		
Ширина зернівки					
Рік	17,84	2	8,92	144,2	0,000000
Сорт	17,62	25	0,70	11,4	0,000000
Фракція	98,59	2	49,30	796,9	0,000000
Рік*Сорт	5,91	50	0,12	1,9	0,000146
Рік*Фракція	0,36	4	0,09	1,5	0,209951
Сорт*Фракція	5,31	50	0,11	1,7	0,001462
Рік*Сорт*Фракція	9,15	100	0,09	1,5	0,001761
Помилка	130,27	2106	0,06		
Товщина зернівки					
Рік	3,37	2	1,69	98,3	0,000000
Сорт	3,20	25	0,13	7,5	0,000000
Фракція	149,26	2	74,63	4355,4	0,000000
Рік*Сорт	4,28	50	0,09	5,0	0,000000
Рік*Фракція	0,68	4	0,17	9,9	0,000000
Сорт*Фракція	2,36	50	0,05	2,8	0,000000
Рік*Сорт*Фракція	2,28	100	0,02	1,3	0,016987
Помилка	36,09	2106	0,02		
Маса тисячі зерен					
Рік	1029	2	514	798	0,000000
Сорт	2239	25	90	139	0,000000
Фракція	55371	2	27685	42967	0,000000
Рік*Сорт	239	50	5	7	0,000000
Рік*Фракція	103	4	26	40	0,000000
Сорт*Фракція	515	50	10	16	0,000000
Рік*Сорт*Фракція	83	100	1	1	0,037804
Помилка	429	666	1		
Схожість					
Рік	9529	2	4764	646	0,000000
Сорт	3794	25	152	21	0,000000
Фракція	464	2	232	31	0,000000
Рік*Сорт	5143	50	103	14	0,000000
Рік*Фракція	192	4	48	6	0,000039
Сорт*Фракція	415	50	8	1	0,259191
Рік*Сорт*Фракція	924	100	9	1	0,058622
Помилка	4910	666	7		

При обмеженні усього масиву зерна окремими фракціями зв'язок переставав бути істотним. Тобто в процесі сортування головним чинником проходження через отвори сит є параметр зернівки з мінімальним значенням, а саме її товщина.

Високі значення маси 1000 зерен та лінійні розміри зернівки крупних фракцій ще не говорять за високий вихід цих фракцій при очистці та сортуванні. Так, вихід

фракції >2,8 мм у середньому за роками досліджень для сорту Смуглянка склав лише 47 %, для сортів Гармоніка, Краса ланів, Диво, Розкішна, Бунчук, Єдність, Метелиця харківська, Феругінеум 1239, ліній Еритроспермум 408-14 та Лютесценс 217-13 – 50–59 %. Більшість сортів та ліній характеризувалась виходом крупної фракції у межах 60–69 %. Максимальним вихід крупної фракції був у сортів Привітна (73 %) та Здобна (75 %). Крім них

вихід більше двох третин крупної фракції забезпечували сорти Альянс, Досконала, Приваблива та Подолянка, тобто для отримання насіння названі сорти доцільно очищувати на решетах з більшим отвором, що дозволить отримати більш вирівняне насіння. Отримані розрахунки цілком узгоджуються з висновками інших дослідників (Voloshchuk et al., 2019; Skrypnyk et al., 2021; Garamu et al., 2023), які досліджували інші сорти в інших кліматичних умовах, але мали аналогічні результати.

Насіння усіх фракцій більшості сортів було кондиційним згідно вимог міжнародного стандарту (Milivojević et al., 2018). Вимогам ДСТУ 2240-93 відповідало насіння не всіх сортів, особливо дрібної фракції. Лінія Лютесценс 217-13 та стародавні сорти Феругінеум 1239, Харківська 81 взагалі не формували кондиційного насіння згідно останнього стандарту, у сортів Статна, Вигодка, Фермерка, Дорідна, Розкішна, Гайок та лінії Еритроспермум 164-13 спостерігалось помітне зниження лабораторної схожості для дрібної фракції насіння, а у сортів Патріотка та Краса ланів – середньої. Сорти Запашна, Альянс, Диво, Здобна, Гармоніка, Досконала, Приваблива, Привітна, Смуглянка, Подолянка, Бунчук, Єдність, Метелиця харківська та лінія Еритроспермум 408-13 не знижували схожість насіння середньої та дрібної фракцій нижче вимог ДСТУ 2240-93. Отже, сорти Статна, Вигодка, Фермерка, Дорідна, Розкішна, Гайок доцільно очищувати на решетах з середнім отвором для отримання високого виходу кондиційного насіння.

Аналіз структури урожаю рослин показав, що густиною продуктивного стеблостою понад 400 колосів на 1 м² при коефіцієнті продуктивного кущення більше 3,4 характеризувались сорти Краса ланів, Диво, Принада, Бунчук та лінія Лютесценс 217-13. 45 зерен на колос і більше формували сорти Статна, Краса ланів, Гайок, Бунчук, лінії Еритроспермум 408-13 та Еритроспермум 164-13. Масу 1000 зерен 46 г і більше забезпечили сорти Здобна, Фермерка, Досконала, Приваблива, Привітна,

Подолянка. Найменшим цей показник був у сорту Бунчук (39 г), у межах 41–43 г він був у сортів Краса ланів, Принада, Єдність.

Урожайність рівня кращого стандарту сорту Бунчук 7,33 т/га ($\pm 0,3$ т/га) забезпечували сорти Запашна, Здобна, Розкішна, Гармоніка, Гайок, Метелиця харківська, Фермерка, Краса ланів, Подолянка, тобто сорти як з високим, так і з низьким або середнім виходом насіння крупної фракції. Отже, лінійні розміри зернівки, маса тисячі насінин, схожість насіння та вихід насіння різних фракцій залежать як від умов вирощування, так і від сорту (Bahar, 2013; Lutak & Shapoval, 2015). Ці показники не є визначальними при формуванні урожайності, але потребують урахування при виборі параметрів очистки та сортування насіння (Zareian et al., 2013; Kulyk et al., 2020).

Висновки. В цілому серед зразків пшениці м'якої озимої з вищим виходом насіння крупних фракцій переважають сорти напівінтенсивного типу з більшою висотою рослин та вищою масою 1000 зерен, таких як Досконала, Приваблива, Привітна, Подолянка, але зустрічаються і сорти інтенсивного типу, зокрема Здобна. Для очищення таких зразків доцільно застосовувати решета з більшим отвором. Серед зразків з низьким виходом насіння крупної фракції переважають сорти з інтенсивним кущенням, які формують високу густоту колосся з невеликою крупністю зерна або невіривняним зерном, такі як Гармоніка, Краса ланів, Диво, Бунчук, Єдність, Смуглянка. Щоб отримати високий вихід кондиційного насіння для їх очищення слід застосовувати решета з меншим отвором. Сорти Статна, Вигодка, Фермерка, Дорідна, Розкішна, Гайок доцільно очищувати на решетах з середнім отвором для отримання високого виходу кондиційного насіння. Сорти Запашна, Альянс, Диво, Здобна, Гармоніка, Досконала, Приваблива, Привітна, Смуглянка, Подолянка, Бунчук, Єдність, Метелиця харківська та лінія Еритроспермум 408-13 не знижували схожість насіння середньої та дрібної фракцій.

Бібліографічні посилання:

1. Antypova, L. K., Dykyi, V. V., & Tsurkan, N. V. (2017). Optymizatsiia sortovoho skladu pshenytsi ozymoi – yak odna zi skladovykh stratehii rozvytku zernovoho hospodarstva. [Optimization of the winter wheat variety composition as one of the components of the development strategy of grain farming]. *Visnyk aharnoi nauky Prychornomoria*, 2 (94), 66–73 (in Ukrainian).
2. Bahan, A. V. (2013). Vplyv sortovykh vlastyvostei na posivni yakosti nasinnia pshenytsi ozymoi. [Influence of varietal properties on sowing quality of winter wheat seeds]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii*, 3, 93–94 (in Ukrainian).
3. Berdin, S. I., & Onychko, T. O. (2022). Formuvannia vrozhaivosti pshenytsi ozymoi zalezno vid parametriv mekhanizovanoho vidboru nasinnievroho materialu. [The formation of winter wheat yield depending on the parameters of mechanized selection of seed material]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 126, 3–8 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.1>.
4. Berdnikova, O. H., & Kucherak, E. M. (2021). Doslidzhennia produktyvnosti sortovoho skladu pshenytsi ozymoi v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. [Research on the impact of the varietal composition of winter wheat under conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 5, 114–118 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.18>.
5. Charushahi, V. I. B. H. U. T. I., Bargali, K. I. R. A. N., & Bargali, S. S. (2015). Influence of seed size and salt stress on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85(9), 1134–7.
6. Chebotar, H., Chebotar, S., Khokhlov, O., Motsnyi, I., & Syvolap, Yu. (2009). Kharakterystyka za morfometrychnymy parametramy zernivky linii-analogiv miakoi pshenytsi, shcho rizniatsia aleliamy heniv korotkosteblovosti. [Characteristic by morphometric parameters of the grain of analogue-lines of winter bread wheat, differing by alleles of the dwarfing genes]. *Visnyk Lviv. Un-tu. Seriya biolohichna*, 51, 49–54 (in Ukrainian).
7. Drouyer, G. J-P., Bonnett, D. G., & Ellis, M. H. (2008). Unravelling the effects of GAresponsive dwarfing gene RHT 13 on yield and grain size. 11th International Wheat Genetics Symposium. URL: <https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/handle/2123/3439/P306.pdf?sequence=1>

8. DSTU 4138-2002. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti. [Seeds of agricultural crops. Quality determination methodology]. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003, 173 (in Ukrainian).
9. DSTU 2240-93. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy. [Seeds of agricultural plants varietal and sowing characteristics. Specifications]. K. : Derzhstandart Ukrainy, 1994, 73 (in Ukrainian).
10. Ermantraunt, E. R., Hoptsi, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., & Prysiashniuk, O. I. (2014). Metodyka selektsiinoho eksperymentu (u roslynnystvi). [Method of breeding experiment (in crop production)]. Kharkiv : KhNAU im. V. V. Dokuchaieva, 229 (in Ukrainian).
11. Gadisa, A. (2019). Review on the effect of seed source and size on grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *J Ecol & Nat Resour*, 3(1), 000155. <https://doi.org/10.23880/jenr-16000155>
12. Garamu, T., Gammachu, H., & Tashooma, E. (2023). Evaluation of Different Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties for Seed Quality Analysis in South Eastern Ethiopia. *International Journal of Genetics and Genomics*, 11(3), 86–90. <https://doi.org/10.11648/j.ijgg.20231103.14>
13. Havryliuk, M. M., & Konovalov, D. V. (2014). Ekolohichna plastychnist sortiv – innovatsii ta yakist nasinnia [Environmental plasticity of varieties – innovations and seed quality] *Nasinnystvo*, 2, 15–20 (in Ukrainian).
14. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Polianetska, I. O., & Vorobiova, N. V. (2017). Fyzyko-mekhanichni vlastyvoli zerna riznykh sortiv i liniy pshenyts. [Physico-mechanical properties of grain of different varieties and lines of wheat]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho aharno-ekonomichnoho universytetu*, 3, 11–18 (in Ukrainian).
15. Kalenska, S. M., Novytska, N. V., Zhemoida, V. L., Kachura, Ie. V., Makrushyn, M. M., Polishchuk, I. S., Shynkaruk, V. A., Polishchuk, M. I., Kovalenko, O. A., Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., Zakharova, V. O., & Ostrenko, M. V. (2011). Nasinnieznavstvo ta metody vyznachennia yakosti nasinnia silskohospodarskykh kultur [Seed science and methods for determining the quality of the seed crops]. *Vinnytsia: FOP Danyliuk*, 320 (in Ukrainian).
16. Kotkov, V. I., & Pustovit, L. V. (2015). Vplyv rozmiru zernivok na yikh mitsnist i yakist nasinnia. [The influence of grain size on the strength and quality of seeds]. *Konstruiuvannya, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*, 45 (2), 147–151 (in Ukrainian).
17. Kristó, I., Vályi-Nagy, M., Rácz, A., Irmes, K., Szentpéteri, L., Jolánkai, M., Kovács, G. P., Fodor, M. Á., Ujj, A., Valentinyi, K. V., & Tar, M. (2023). Effects of Nutrient Supply and Seed Size on Germination Parameters and Yield in the Next Crop Year of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agriculture*, 13(2), 419. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020419>
18. Kulyk, M. I., Onopriienko, O. V., Syplyva, N. O., & Haidai, A. O. (2020) Minlyvist elementiv struktury vrozhaiu ta vrozhainist sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid peredposivnoho kalibruvannia nasinnievroho materialu [Variability of elements of yield structure and yield of winter wheat varieties depending from pre-sowing calibration]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 5 (87) (in Ukrainian) <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.05.007>
19. Kulyk, M. I., Rozhkov, A. O., Kalinichenko, O. V., Taranenko, A. O., & Onopriienko, O. V. (2020). Effect of winter wheat variety, hydrothermal coefficient (HTC) and thousand kernel weight (TKW) on protein content, grain and protein yield. *Agronomy Research*. 18(3), 2103–2119. <https://doi.org/10.15159/ar.20.187>
20. Kyrpa, M. Ya. (2013). Krupnist ta posivni yakosti nasinnia pshenytsi ozymoi [Size and sowing qualities of winter wheat seeds]. *Selektsiia i nasinnystvo*, 103, 178–186 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2013.54091>
21. Lutak, I. A., & Shapoval, A. V. (2015). Nasinnieva produktyvnist pshenytsi yaroj zalezno vid fraktsiinoho skladu, sortu ta rivniv udobrennia. [Seed productivity of spring wheat depending on the fractional composition, variety and fertilizer levels]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva NAAN*, 1, 158–165 (in Ukrainian).
22. Milivojević, M., Ripka, Z., & Petrović, T. (2018). ISTA rules changes in seed germination testing at the beginning of the 21st century. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*. 22(1), 40–45. <https://doi.org/10.5937/JPEA1801040M>
23. Muhsin, M., Nawaz, M., Khan, I., Chattha, M. B., Khan, S., Aslam, M. T., Iqbal, M. M., Amin, M. Z., Ayub, M. A., Anwar, U., Hassan, M. U., & Chattha, M. U. (2021). Efficacy of seed size to improve field performance of wheat under late sowing conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 34(1), 247–253. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2021/34.1.247.253>
24. Onopriienko, O. V., Kulyk, M. I., Taranenko, A. O., & Taranenko, S. V. (2020). Vplyv umov vyroshchuvannia i riznoiakisnosti nasinnia na vrozhainist ta vmist bilka v zerni pshenytsi ozymoi. [Influence of growing conditions and seed of different qualities on yielding capacity and protein content in winter wheat grain]. *Agrology*, 3(3), 164–170 (in Ukrainian). doi: 10.32819/020019
25. Onychko, T. O. (2017). Vplyv sortovykh osoblyvostei ta yakosti nasinnia na formuvannia vrozhainosti zerna pshenytsi ozymoi. [Influence of varietal characteristics and seed quality on forming winter wheat crop yield]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Serii: Ahronomiia i biolohiia*, 9(34), 61–65 (in Ukrainian).
26. Polishchuk, V. V., Konovalov, D. V., Ivanytska, A. P., & Liashenko, S. O. (2023). Nasinnieva produktyvnist pshenytsi ozymoi zalezno vid yih tekhnolohii vyroshchuvannia [Seed productivity of winter wheat depending on its cultivation technologies]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2, 20–26 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2023-2-20-26>
27. Skrypnyk, O. O., Leonov, O. Yu., Shyianova, T. P., Suvorova, K. Yu. & Usova, Z. V. (2021). Pokaznyky yakosti nasinnia zrazkiv pshenytsi miakoi ozymoi v zalezhnosti vid fraktsiinoho skladu [Seed quality indicators of winter bread wheat accessions depending on the grain size]. *Selektsiia i nasinnystvo*, 119, 84–93 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237013>
28. Tkachyk, S. O. (2014). Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini (PSP). [Method for grain, cereal and leguminous varieties VCU expert examination in Ukraine]. *Nilan-LTD, Kyiv*, 82 (in Ukrainian).
29. Voloshchuk, O., Voloshchuk, I., & Hlyva, V. (2014). Nasinnieva produktyvnist y posivna yakist nasinnia sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid strokiv sivby v umovakh zakhidnoho Lisostepu. [Seed productivity and sowing quality

of seed of winter wheat varieties depending on the sowing terms in conditions of the western Forest-Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 79, 82–88 (in Ukrainian).

30. Voloshchuk, I. S., Voloshchuk, O. P., Hlyva, V. V., Hereshko, H. S., & Sluchak, O. M. (2019). Fraktsiyni sklad sortiv pshenytsi miakoi ozymoi zalezno vid sformovanoi masy 1000 nasyn [Fractional composition of winter wheat varieties depending on the formed mass of 1000 seeds]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*, 65, 12–21 (in Ukrainian). [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2019-\(65\)-2](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2019-(65)-2)

31. Vyshnivskiy, P. S., Shapoval, A. V., & Tsiuk, Yu. V. (2014). Vplyv fraktsiinoho skladu posivnoho materialu na formuvannya produktyvnosti nasinnievkyh posviv pshenytsi yaroj. [The influence of the fractional composition of the seed material on the formation of productivity of spring wheat seed crops]. *Zb. nauk. pr. NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 4, 162–167 (in Ukrainian).

32. Yatchuk, V. Ya., Shapoval, A. V., Lutak, I. A., & Bohaty, L. V. (2016). Urozhainist pshenytsi yaroj zalezno vid fraktsiinoho skladu nasinnia. [The yield of spring wheat depends on the fractional composition of the seeds]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva NAAN*, (1), 140–147 (in Ukrainian).

33. Zecevic, V., Boskovic, J., Knezevic, D., & Micanovic, D. (2014). Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean journal of agricultural research*, 74(1), 23–28. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100004>

34. Zareian, A., Hamidi, A., Sadeghi, H., & Jazaeri, M. R. (2013). Effect of seed size on some germination characteristics, seedling emergence percentage and yield of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in laboratory and field. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 13(8), 1126–1131. <http://dx.doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.13.8.651>

Leonov O. Yu., Doctor (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Head of the Laboratory, Yuriev Plant Production Institute of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Skrypnik O. O., Researcher, Yuriev Plant Production Institute of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Usova Z. V., PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Leading Research, Yuriev Plant Production Institute of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Suvorova K. Yu., PhD (Biological Sciences), Senior researcher, Yuriev Plant Production Institute of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Khukhrianska M. M., Junior Researcher, Yuriev Plant Production Institute of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Formation of sowing seed fractions of winter bread wheat cultivars depends on linear dimensions of caryopses

The effects of linear dimensions of caryopses on the formation of sowing seed fractions of winter bread wheat cultivars and lines as well as on the manifestation of quality indicators were studied. It was found that, in sorting, the caryopsis thickness was the limiting factor for grain passing through the sieve holes. The caryopsis width and thickness, thousand kernel weight, and seed germination were significantly affected by year, variety, seed fraction, and their interactions. The linear dimensions of the caryopsis affected the thousand kernel weights in individual fractions. For the fraction > 2.8 mm, this parameter exceeded 50 g in the following cultivars: Doskonala, Pryvablyva, Zdobna, Pryvitna, Metelytsia Kharkivska, Haiok, Podolianska, Smuhlianka, and Lutescens 217-13 line. As to cvs. Bunchuk, Yednist, Krasa Laniv, and Ferugineum 1239 (landrace), this parameter was lower than 45 g. A diminution in the sieve holes by 0.3 mm was associated with a decrease in the thousand kernel weight of the corresponding fraction by 10 g. A high output of large seed fractions was mainly recorded for semi-intensive cultivars: Doskonala, Pryvablyva, Pryvitna, and Podolianska, except for cv. Zdobna. For their separating, using a sieve with holes of 2.8 x 20 mm is advisable. Cvs. Harmonika, Krasa Laniv, Dyvo, Bunchuk, Yednist, and Smuhlianka gave small outputs of large seed fractions; these cultivars had a high density of productive stems with small but well-filled kernels. When separating seeds of these cultivars, sieves with holes of 2.2 x 20 mm should be used to achieve a high output of certified seeds. Seeds of cvs. Statna, Vyhodka, Fermerka, Doridna, Roskishna, and Haiok should be separated on sieves with holes of 2.5 x 20 mm. High yields were harvested from cultivars with both high and low outputs of large seeds, i.e., the linear dimensions of the caryopsis, thousand kernel weight, and outputs of seeds of different fractions cannot be considered as determinants of yielding capacity; however, they should be taken into account when one chooses parameters of seed separation and sorting.

Key words: winter wheat, cultivar, sorting, fraction, linear dimensions, thousand kernel weight.

QUERCUS PETRAEA LIEBL. НА РІВНЕНЩИНІ**Лисиця Андрій Валерійович**

доктор біологічних наук, професор

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне, Україна

ORCID: 0000-0001-9028-8412

andriy.lysytsya@rshu.edu.ua

Савчук Роман Іванович

кандидат сільськогосподарських наук, професор

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне, Україна

ORCID: 0009-0006-3864-4452

roman.s.4708@gmail.com

Дуб скельний (або сидячоквітковий) є типовим представником флори гористих місцевостей Середньої Європи. Східна межа ареалу дуба скельного, зокрема в межах України, чітко не простежується. В роботі представлено результати власних багаторічних досліджень з поширення дуба скельного в Рівненській області. Фактично, це східна межа ареалу (південь Рівненщини). Ми використали лісівничо-таксаційний метод під час закладання пробної площі, а також лісокультурний – під час обстеження природного поновлення дуба скельного, селекційний – під час вивчення селекційно-генетичного ресурсу на об'єктах постійної лісонасінневої бази і ґрунтознавчий методи.

На прикладі дубового старовікового лісу Мостівського лісництва оцінені генетичні ресурси, вивчені особливості та запропоновано шляхи оптимізації процесів природного і штучного поновлення, сформульовано пропозиції щодо шляхів розширення площ дубових лісів. На території Мостівського лісництва в перспективі їх можна збільшувати до 4-х тис. га. Наразі дане дубове урочище суцільним масивом площею 210 га прилягає до Острозької прохідної долини. Свіжа грабова судіброва з дубом скельним (C_2 -гДск), де власне і зустрічаються насадження цього виду, приурочені до піднесених останців. Вершини останніх перекриті 1-3 метровими відкладами неогенових оолітових вапняків Сарматського моря, які у свою чергу перекриті піщаними та супіщаними наносами з дна долини. Визначено агрохімічні і фізико-хімічні характеристики зразків дерново-слабопідзолистого ґрунту на обстеженій ділянці з середньо-підстилаючим елювієм твердих карбонатних порід (оолітовими вапняками) під віковою дібровою з дуба скельного. Наявна тут ґрунтова відміна сприяє зростанню дуба скельного і його гібридних форм з дубом звичайним. За зовнішніми ознаками (за формою кори стовбура) визначена частка дуба скельного (82%) та його гібридів (18%) у складі насадження. Досліджено таксаційні показники цієї ділянки і розподіл вибірки дуба скельного за діаметром стовбура. Високонітєтні насадження на обстеженій нами ділянці Мостівського лісництва слугують генетичним резерватом дуба скельного з кількома десятками «плюсових дерев».

Ключові слова: дуб скельний, Острозька прохідна долина, лісовідновлення, генетичний резерват, лісівничо-таксаційна характеристика, деревостан.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.6>

Вступ. Вважається, що рід Дуб (*Quercus* L.) об'єднує до 600 видів (з яких дендрологами описано 465 видів (Zayachuk, 2008; Denk et al., 2017; Page *Quercus petraea*, 2023), значна кількість з них зростає у Центральній та Північній Америках (орієнтовно 250 видів, з них близько 160 видів росте у Мексиці, з яких 109 є ендемічними); друге місце за багатством видів дуба належить Східній та Південно-Східній Азії (тільки у провінції Чжунго КНР понад 100 видів). В межах Європи, гір Атласу та Малої Азії зростає найменше видів даного роду (в Європі близько 20 видів). Нам не відомий якийсь інший рослинний рід (таксон) який об'єднував би таку велику кількість деревних видів. Дуби завдяки своєму адаптивному потенціалу й тривалості життя є лісоутворювачами та едифікаторами унікальних лісових біогеоценозів.

Дуб скельний (або Дуб сидячоквітковий) – *Quercus petraea* Liebl. – типовий представник флори гористих місцевостей Середньої Європи, хоча природне його поширення набагато більше. На півночі межа ареалу виду проходить через південні райони Швеції й Норвегії, на заході

він досягає узбережжя Атлантики, включно з Великобританією та Ірландією; на півдні межа пролягає по півночі Іспанії (Кантабрійські гори та Піренеї), а далі – по півдню Франції на Італію, Словенію, Албанію, а потому – через Македонію і північ Греції на Туреччину (і Кримські гори) з переходом на Кавказ та через Талишські гори на прикаспійський Іран, де дуб скельний зростає на північних схилах у нижній частині гірсько-лісового поясу Ельбурсу (Fukarek et al., 1982; Page *Quercus petraea*, 2023). Східна ж межа розповсюдження дуба скельного з Криму пролягає по крайньому південному заходу та заходу України (Південне Поділля, Подністров'я, Карпати, Розточчя), потім по лівобережжю Західного Бугу до Біловезької Пущі, де повертає на північний захід у напрямку Білостока і далі на Швецію (Stoyko et al., 1978; Izyumskiy et al., 1978).

А втім, східна межа ареалу дуба скельного, зокрема в межах України, чітко не простежується, оскільки вона тут переривчаста (диз'юнктивна), утворює ряд екскавів, наприклад на Південному Поділлі в Національному

природному парку «Кармелюкове Поділля» (Page NPP Karmelyukovo Podillia, 2023), в Товтрах, а навіть вельми віддалене острівне місцезростання, як-от, на заході Словечансько-Овруцького кряжу (Кованське лісництво) (Smyk, 1964; Smyk, 1965).

Дуб скельний за довговічністю подібний до дуба звичайного, або черешчатого (*Quercus robur* L.), але менш світлолюбний, більш теплолюбний і менш зимостійкий, середньо вибагливий щодо родючості й вологості ґрунту. Зростаючи поряд з дубом черешчатим, як у нашому випадку, утворює гібриди з морфологічними ознаками, що поєднують у собі біологічні та екологічні особливості вихідних видів із яких найперше впадає у вічі структура (форма, рисунок) кори стовбура. Кора неглибоко поздовжньо-тріщинувата, яка скоріше нагадує кору на стовбурі зрілого ясена чи клена звичайного.

Щодо кліматичних умов зростання дуба скельного на Рівненщині, то він за Кеппеном-Гейгером (McKnight & Hess, 2000) вологий континентальний із теплим літом (Dfb) із помітним в останні десятиліття трендом у сторону спекотного літа (Dfa). За усередненими даними метеостанцій Рівне та Кременець, які найближчі за відстанню до досліджуваного урочища, середньорічна температура повітря становить 9,0°C, річна сума опадів – 590–650 мм, з яких близько 65% надходить у вегетаційний для деревної рослинності період (квітень–вересень). Літні опади відзначаються великою нерівномірністю коли, приміром, упродовж доби може випасти половина, а то й до місячної норми, а потому на декаду-другу настає фактично бездощів'я, (оскільки мізерні (1–2 мм) в цей час короточасні дощі здебільше за денних температур 28–31°C ґрунт не зволожують; часто спостерігається не тільки весняне бездощів'я, але й тривале, до місяця і більше, осіннє. Зими останнім часом набувають тут ознак пізньої осені, із невеликими нічними морозами і плюсовими температурами вдень, хоча час від часу з півночі на день-другий проривається й холод до -10°C (часом до -18°C). За таких умов сніговий покрив незначний і нетривкий, опади здебільшого у вигляді дощу зі снігом. Глобальне потепління позначається на кліматі регіону, відбувається його аридизація з усіма негативними для сьогодишніх лісів наслідками. За прогнозами, вже наприкінці нинішнього століття карта кліматичних регіонів України матиме інший вигляд, чим тепер – традиційні типи клімату будуть витіснені теплішими й сушішими. Розуміється, лісівникам вже треба готуватись до цих викликів, передусім у питанні лісовідновлення й лісорозведення.

Також слід зазначити, що сучасні темпи денатуралізації природних ландшафтів призвели до збіднення не лише видового складу, а й фітоценотичного різноманіття, тому наразі пріоритетним є охорона фітоценофонду (Didukh, 2009).

Європейський зелений курс ставить загальну мету зробити Європу кліматично нейтральною до 2050 року (Page The European Green Deal, 2019). Він передбачає у тому числі і лісову стратегію ЄС, основними цілями якої є ефективне лісонасадження, збереження та відновлення лісів у Європі.

Наприклад, метод збереження *in situ* полягає в захисті видів і їх природних середовищ існування, щоб вони могли вижити в природному стані. Це збереження організму в його природному середовищі, і це той тип збереження, який дозволяє виду продовжувати розвиватися та адаптуватися. Основна перевага збереження *in situ* полягає в тому, що видам і місцям їх існування не завдається шкоди. Біосферні заповідники, національні парки, гарячі точки біорізноманіття, генні заповідники та «священні гаї» є прикладами методів збереження *in situ*. Це є порівняно недорога стратегія збереження (Ducousso & Bordacs, 2004). Враховуючи те, що в останні десятиліття економічні та демографічні тенденції призвели до збільшення як площі лісів, так і інтенсивності господарювання на більшій частині Європи (McGrath et al., 2015).

Мета роботи: оцінити сучасний стан, типологічну структуру та продуктивність скельно-дубового природного за походженням старовікового насадження на Рівненщині, а також виявити резерви для відтворення.

Матеріали і методи досліджень. Лісівничо-таксаційний метод використали під час закладання пробної площі та визначення таксаційних показників деревостану; лісокультурний – під час обстеження природного поновлення дуба скельного; селекційний – під час вивчення селекційно-генетичного ресурсу на об'єктах постійної лісонасінневої бази; ґрунтознавчий – для визначення фізичних властивостей лісових ґрунтів (SOU 02.02-34-476:2006; Ukrainian encyclopedia of forestry, 1999; Krasnov et al., 2013) і їх фізико-хімічних характеристик (Kyrylchuk & Bonishko, 2011)

Висоти дерев заміряли висотоміром/клінометром «SUUNTO PM-5» (Suunto, Фінляндія) з точністю до 1 м. Діаметри стовбурів дерев визначали з точністю до 1 см через значення периметра стовбура на висоті 1,3 м від поверхні ґрунту. Бонітет, повноту, запас на пні та загальну продуктивність насаджень визначали згідно загальноприйнятих в Україні методик, за таблицями 3.1.1; 3.5 та 3.2.22 (Shvydenko, 1987). Площа насадження та вік дерев подається згідно даних лісовпорядкування.

Результати. Досліджений нами район зростання дуба скельного знаходиться на півдні Рівненської області (Savchuk, 1986; Sirenko, 2003) й співвідноситься зі східною частиною Малопопільської низовини, а конкретніше – з унікальним геоморфологічним утворенням, реліктом епохи плейстоцену – Острозькою прохідною долиною (далі: Долина). Дане дубове урочище суцільним масивом площею 210 га буквально нависає над Долиною, підносячись над нею на 80–100 м. Зазначимо, насадження є дивом уцілілим фрагментом суцільної в минулому діброви з дуба скельного, масиву (*ексклаву*), який сягав, за нашими оцінками (виходячи з наявних тут лісорослинних умов) на площі кількох тис. га. Масив дуба скельного зростає, як вже згадувалось, на припіднятому плато (320–325 м н.р.м.), яке адміністративно належить до Рівненської області, а орографічно відноситься до північної окраїни Подільської височини відомої, як Кременецькі гори (або горбогір'я).

Лісистість даного району становить 88%, хоча північніше Острозької прохідної долини (Мізоцький кряж)

лісистість ледь сягає 20%, а на південь (Поділля) вона й того менша – до 10%. Території як північніше, так і південніше Долини досить густо заселені (уздовж доріг поселення часто переходять одне в друге) з інтенсивним землеробством. Висока залюдненість території спричиняє значний антропогенний тиск на ліси регіону й зокрема на урочище дуба скельного. Те, що дане вікове насадження дійшло до наших днів – завдячуємо як попередньому поколінню лісівників, зокрема лісничому Мостівського лісництва Заховайко М.О. (1938–2021), працівникам Поліського філіалу УкрНДІЛГА Савчуку Р.І., Волошиновій Н.О., так і вдалому збігу обставин, що вберегли урочище від вирубування.

В межах Долини, її схилів та прилеглих до них окраїн переважають свіжі та вологі дубово-соснові субори ($B_{2,3}$ -дС), грабово-соснові судіброви ($C_{2,3}$ -г-сД). На південних схилах Долини, які орографічно належать до Мізоцького кряжу, переважають свіжі й вологі діброви ($D_{2,3}$ -гД). По околицях невеликих водних потоків та боліт простягаються сирі чорновільхові (C_4 -Ол.ч.) та вологі грабові судіброви (C_3 -гД).

Свіжа грабова судіброва з дубом скельним (C_2 -гДск), де власне і зустрічаються насадження з дубом скельним, приурочені до піднесених останців. Їх вершини перекриті 1-3 метровими відкладами неогенових оолітових вапняків Сарматського моря, які у свою чергу перекриті піщаними та супіщаними наносами з дна Долини. Що ж до поширення в даній місцевості свіжої грабової судіброви з дубом скельним, то судячи з наявної тут ґрунтової відміни (дерново-підзолистого ґрунту на елювії оолітового вапняку) дуб скельний і його гібридні форми з дубом звичайним зростали у минулому щонайменше на площі 4 тис. га.

Треба відзначити, що зростання дуба скельного в межах Острозької прохідної долини, на її схилах, а особливо на її припіднятих платоподібних останцях суттєво різниться як за поширеністю, так і за силою росту, а відтак габітусом – від поодинокі кущоподібних у бідних ектопах Долини до високобонітетних насаджень, як на обстеженій нами ділянці Мостівського лісництва

(кв. № 71, вид. 3). Досліджено таксаційні показники цієї ділянки (табл. 1) і розподіл вибірки дуба скельного за діаметром стовбура (табл. 2).

Ґрунтовий покрив Долини відрізняється різноманітністю за генезою. Крім найпоширеніших тут дерново-слабо- і середньо-підзолистих супіщаних ґрунтів, трапляються дерново-карбонатні, дерново-борові (по верхів'ях дюн), світло-сірі лісові на лесах і лесовидних суглинках, лугові й торф'яно-болотні та ін. Нами визначено, що на дерново-слабо- і середньо-підзолистих супіщаних ґрунтах (в типах лісу $B_{2,3}$ -дС) дуб скельний спорадично росте у підліску у формі куща або непомітного деревця. Тільки за умови коли підстилаючою породою у тій чи іншій ґрунтовій відміні постають карбонати (крейда, мергель, оолітовий вапняк) дуб скельний набуває сили росту, формуючи товарну (сортиментну) деревину.

Проведений нами аналіз можливого процесу утворення цього специфічного ґрунту показав, що у перигляціальній кліматичній зоні, а таким власне й був цей регіон під час плейстоценових зледенінь, як-от Дніпровського, у межах сучасного Малого Полісся взагалі та прохідної Долини зокрема сформувались значні товщі сандрових пісків. Потому, під час еолових процесів, вони активно перевіювались, чому сприяла бідність, а то й відсутність рослинного покриву. А відтак під час сильних північно-західних вітрів пісок з дна Долини за сприятливої орографії перевіювався на її південно-східне припідняте крило, де утворились потужністю до метра, а місцями й більше його покривні товщі. Про це свідчать наявні в рельєфі нашого деревостану піщані горби та пасма. Під дією пануючих вітрів протяжність таких виносів у південно-східному напрямку від верхнього краю (уступу) Долини сягає 4-5 км (місцями до 7 км). Далі йдуть типові ґрунти характерні для лесових височин, у нашому випадку це різні варіанти сірих лісових.

Визначено агрохімічні і фізико-хімічні характеристики зразків дерново-слабопідзолистого ґрунту на обстеженій ділянці з середньо-підстиляючим елювієм твердих карбонатних порід (оолітовими вапняками) під віковою дібровою з дуба скельного (табл. 3).

Таблиця 1

Таксаційна характеристика вікового двоярусного природного насадження дуба скельного на Рівненщині

Місце знаходження	Площа, га	Абсолютна висота, м	Склад	Вік, р	К-сть дерев, шт/га	Кількість дерев, %		Висота, м (min – max)	Діаметр, см (min – max)	Повнота	Бонітет	Запас, м³/га
						Дск	Дзв					
Мостівське л-во., кв. № 71; вид. 3; 50°16'48" пн.ш., 26°08'03" сх.д.	14,0	325	8Дск2Дзв	125	196	82	18	30 (26-36)	45 (27-73)	0,7	1	331
			10Гр	60 (25 – 60)	38 (215)	-	-	21 (19-27)	29 (24-33)	0,2	1	63

Таблиця 2

Статистики розподілу вибірки дуба скельного за діаметром стовбура (Мостівське лісництво, кв. № 71, вид. 3)

Кількість дерев (n), шт.	Вік, р	Діаметр ($d_{1,3}$), см			Середньо-квадратичне відхилення (δ), см	Похибка середнього значення (m_x), см	Коефіцієнт варіації (V), %	Показник точності дослідження (p), %	Показник асиметрії	Показник ексцесу
		середній	min.	max.						
188	125	45	27	73	9,15	0,7	20	1,5	0,3	-0,4

Характеристика ґрунту на ділянці зростання дуба скельного (Мостівське лісництво, кв. № 71, вид. 3)

Гене-тичний гори-зонт	Глибина взяття зразка, см	Механічний склад, %			рН /сол./	Мг-екв. на 100 г ґрунту			Ступінь насич. основами, %	Гумус, %	Вміст, мг на 100 г ґрунту		
		фіз. пісок, >0,01 мм	фіз. глина, < 0,01 мм			сума обмін. основ	гідролі-тична кис-ть	ємність ГПК			Р ₂ О ₅	К ₂ О	гідролі-зований N
			всього	в т. ч. мул < 0,001									
HE	0-15	92,2	7,8	2,4	5,3	2,5	1,6	4,1	61	0,6	2,0	5,8	4,7
PE	25-40	88,0	12,0	2,5	6,5	2,9	0,7	3,6	80	0,34	0,8	5,0	2,4
PI	55-65	81,5	18,5	14,9	6,6	12,5	1,2	13,4	91	0,44	0,8	5,0	3,2
Rk	90-100	63.4	36.4		7.1								

Примітка: HE – гумусово-елювіальний, PE – материнсько-елювіальний, PI – материнсько-ілювіальний, Rk – материнсько-карбонатний

Обговорення. Зважаючи на потреби виду щодо екологічних умов, насамперед кам'янистого «підґрунтя», можемо припустити, що дуб скельний «дістався» сюди зі сторони Карпат, ймовірно через Товтри, опанувавши потому припідняті вапнякові останці Подільської височини у вигляді Кременецького горбогір'я і далі на захід (Вороняки, Гологори). А от потрапляння дуба скельного на Словечансько-Овручський кряж лишається геоботанічною загадкою. Можемо допустити, що він потрапив туди під час кліматичного оптимуму в голоцені, у так званий атлантичний кліматичний період (V – середина III тис. до н. е.). Тогочасний клімат був загалом теплішим і вологішим за теперішній, що сприяло експансії на північний схід не тільки дуба, ліщини, граба, черешні тощо, але й бука лісового який у ті часи досяг Дніпра (Melnyk & Korinko, 2005).

Значна кількість видів *Quercus* легко схрещуються поміж собою, даючи плодовиті гібриди. Така на перший погляд парадоксальність, йдеться про біологічний принцип, щодо поняття «вид», містить у собі очевидний селекційний потенціал роду Дуб. Можливо, цим і пояснюється таке видове різноманіття роду *Quercus*. Це дозволяє лісівникам скористатися такою обставиною; доцільно застосувати підручний селекційний матеріал для покращення, передусім шляхом аналітичного добору, дубових лісів напередодні стрімкої зміни клімату. Описане нами вікове насадження дуба скельного містить у собі значний «селекційний потенціал», який можна практично використати не тільки в межах України, а й налагодити обмін селекційним матеріалом із зацікавленими в цьому лісівниками Європи. У насінневий рік можна зібрати достатньо жолудя для наступного створення культур дуба скельного у відповідному типі лісорослинних умов. Наприклад, в межах Мостівського лісництва або в інших місцевостях Долини. Як варіант, можливий розвиток біо-груп дуба природного походження в соснових молодняках (Borodavka et al., 2022).

Також слід припинити створення усяких інших лісових культур (лісонасаджень) у типах лісу С₂-Гдск на землях історичного місцезростання дуба скельного, крім останнього. Нині на землях, де колись зростав дуб скельний, росте переважно сосна звичайна, що не є раціонально (Odukalets et al., 2014).

Доцільно звести до мінімуму заїзд будь-якого транспорту в даний лісовий масив, обмежити рекре-

аційне навантаження (окрім спеціально прокладеної еколого-пізнавальної стежки), забезпечити дане угруповання дуба скельного багаторівневим захистом (зі сторони Національного природного парку, лісової охорони та наукової громадськості). Виділити дану ділянку, як і аналогічні в Україні, під особливу територію для наукових спостережень (організованого широкопланового моніторингу зі сторони лісівників та НПП «Дермансько-Острозький») тощо.

Ці пропозиції відповідають загальній європейській стратегії (Ducousso & Bordacs, 2004). Зокрема, збереження зникаючих популяцій і другорядних видів: маргінальні чи зникаючі популяції в Європі потребують заходів щодо збереження. Першим кроком є проведення перепису, а потім визначення політики для кожної ситуації. Загалом слід віддавати перевагу методам збереження *in situ*. Разом з тим, питання територіальної достатності заповідних об'єктів залишається відкритим (Bondaruk et al., 2010). До визначення їх конкретних розмірів існують різні підходи (Burda, 1991; Stoyko et al., 1982). Міні-мально достатньою вважається площа не менша 100 га (Denisiuk & Gelinski, 1988).

Отже, на нашу думку, доцільно віднести даний віковий деревостан скельнодубового лісу суцільним масивом площею 210 га до Зеленої книги України за 1-ю категорією, як ботаніко-географічний раритет, як диз'юнктивно-ареальне, погранично-ареальне угруповання, як таке, що характеризується вразливістю, обмеженою площею поширення та перебуває під загрозою зникнення (Didukh, 2009). У перспективі, всю цю унікальну ділянку в районі Долини з наявної тут ґрунтовою відміною (дерново-підзолистого ґрунту на елювії оолітового вапняку) площею близько 4 тис. га можна поступово звільнити від інших деревних порід і повернути дуба скельному. До того ж можна дотримуватися принципу наближеного до природи лісівництва як системи ведення лісового господарства (Chernyavskyi, 2012). Ще один варіант – поступове відтворення насаджень дуба після суцільних рубок в умовах Західного та Центрального Полісся України (Ivanyuk & Fuchylo, 2020).

Висновки. Вперше, з часу виявлення дуба скельного на Рівненщині, здійснено комплексне обстеження вікового деревостану дуба скельного на східній межі ареалу (південь Рівненщини), оцінені генетичні ресурси, вивчені

особливості та запропоновано шляхи оптимізації процесів природного і штучного поновлення на зрубках і під наметом лісу, висловлені пропозиції щодо шляхів розширення площ дубових лісів.

Досліджені сучасний стан і таксаційно-типологічну структуру скельно-дубового старовікового лісу Мостівського лісництва, який виділено в якості генетичного резервату з кількома десятками «плюсових дерев». За зовнішніми ознаками (за формою кори стовбура) визначена частка дуба скельного (82%) та його гібридів (18%) у складі насадження. Обґрунтовані перспективи розширення площі дубових насаджень на території лісового

фонду Мостівського лісництва, в перспективі їх можна збільшувати до 4 тис. га.

Оцінені можливості природного поновлення дуба скельного за даних лісорослинних умов (в т.ч. на зрубках), з'ясувалося, що потенціал відновлюваності у дуба скельного в районі дослідження дуже і дуже слабкий. Можливим виходом є вирощування саджанців з жолудів на території Мостівського лісництва або на інших подібних лісорослинних територіях. В перспективі, можливе поширення насінневого матеріалу в межах усього регіону, оскільки дана популяція у процесі тривалої адаптації стала унікальним джерелом продукування «районованого» самою природою насіння (жолудя).

Бібліографічні посилання:

1. Bondaruk, H. V., Bondaruk, M. A. & Tselishchev, O. H. (2010). Naukovi kryteriyi vyznachennya pryrodokhoronnoyi tsinnosti lisovykh terytoriy Ukrainy. [Scientific criteria for determining the nature conservation value of forest areas of Ukraine]. Forestry and agroforestry. UkrNDILGA, Kharkiv, 117, 21–33 (in Ukrainian).
2. Borodavka, V., Borodavka, O., Kychyliuk, O., Het'manchuk, A., Voytyuk, V., Andreyeva, V. & Shepelyuk, M. (2022). Vykorystannya *Quercus robur* L. pryrodnoho pokhodzhennya u sosnovykh molodnyakakh Volyn's'koho Polissya. [Use of *Quercus robur* L. of natural origin in young pine trees of Volyn Polissya]. Notes in Current Biology, 2(4), 8–14. <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2022-2-2> (in Ukrainian).
3. Burda, R. I. (1991). Antropohenna transformatsiya flory. [Anthropogenic transformation of flora]. Naukova Dumka, Kyiv, 168 (in Ukrainian).
4. Chernyavskiy, M. V. (2012). Nablyzhene do pryrody lisivnytstvo yak systema vedennya lisovoho hospodarstva. [Close to nature silviculture as a forestry management system]. Scientific bulletin of NUBiP of Ukraine. Series: "Forestry and Ornamental Horticulture", 171(1), 253–259 (in Ukrainian).
5. Denisiuk, Z. & Gelinski, F. (1987). Phytosociologie en tant que base scientifique pour la gestion des espaces proteges en Pologne. Phytosociologie et conservation de la nature. Colloques phytosocilogiques. [Phytosociology as a scientific basis for the management of protected areas in Poland. Phytosociology and nature conservation. Phytosociological conferences. XV]. Strasbourg, Berlin-Stuttgart, J. Cramer, 1988, 193–232 (in French).
6. Denk, T., Grimm, G.W., Manos, P.S., Deng, M. & Hipp, A. L. (2017). An Updated Infrageneric Classification of the Oaks: Review of Previous Taxonomic Schemes and Synthesis of Evolutionary Patterns. In: Gil-Pelegrín, E., Peguero-Pina, J., Sancho-Knapik, D. (eds) Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus *Quercus* L. Tree Physiology, 7, Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-69099-5_2
7. Didukh, Ya. P. (2009). Zelena knyha Ukrainy [Green Book of Ukraine]. Alterpress, Kyiv, 448 (in Ukrainian).
8. Ducousso, A. & Bordacs, S. (2004). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 6. Access mode: https://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Publications/Technical_guidelines/Technical_guidelines_Quercus_robur-petraea.pdf.
9. Fukarek, F., Hempel, V. & Hubel, H. (1982). Plant life of the Earth. In 2 volumes. Mir, 2, 184.
10. Ivanyuk, I. D. & Fuchylo, Ya. D. (2020). Suktsesiya roslynosti zrubiv pislya provedennya sutsil'nykh rubok dubovykh nasadzen' v umovakh Zakhidnoho ta Tsentral'noho Polissya Ukrainy [Succession of logwood vegetation after continuous felling of oak plantations in the conditions of the Western and Central Polissia of Ukraine]. Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine. 21, 39–49 (in Ukrainian). doi: 10.15421/412024
11. Izyumskiy, P. P., Molotov, P. I. & Romashov, N. V. (1978). Lystyani lisy URSR. [Deciduous forests of the Ukrainian SSR]. Higher school, Kharkiv, 182. (in Ukrainian).
12. Krasnov, V. P., Tkachuk, V. I. & Orlov, O. O. (2013). Dovidnyk spetsialista lisovoho hospodarstva. [Handbook of forestry specialist]. Novograd, Zhytomyr–Novograd-Volynskiy, 436 (in Ukrainian).
13. Kyrylchuk, A. A. & Bonishko, O. S. (2011). Khimiya gruntiv. Osnovy teorii i praktykum: navch. posibnyk. [Soil chemistry. Basics of theory and practice: teaching manual]. LNU named after Ivan Franko, Lviv, 354 (in Ukrainian).
14. McGrath, M. J., Luyssaert, S., Meyfroidt, P., Kaplan, J. O., Bürgi, M., Chen, Y., Erb, K., Gimmi, U., McInerney, D., Naudts, K., Otto, J., Pasztor, F., Ryder, J., Schelhaas, M.-J. & Valade A. (2015). Reconstructing European forest management from 1600 to 2010. Biogeoscience, 12, 4291–4316. doi: 10.5194/bg-12-4291-2015.
15. McKnight, T. L. & Hess, D. (2000). Climate Zones and Types: The Köppen System. Physical Geography: A Landscape Appreciation. Upper Saddle River, Prentice Hall, NJ, 200–201.
16. Melnyk, V. I. & Korinko, O. M. (2005). Bukovi lisy Podil's'koyi vysochyny. [Beech forests of the Podilsk Highlands]. Phytosocial Center, Kyiv, 152. (in Ukrainian).
17. Odukalets, I., Musiyenko, I. & Olkhovych, O. (2014). Doslidzhennya prychyn vyskhannya *Pinus sylvestris* L. v shlyuchnykh sosnovykh nasadzhenniyakh NPP «Podil's'ki tovtry». [Study of the causes of drying of *Pinus sylvestris* L. in artificial pine plantations of the NPP "Podilskyi Tovtry"]. Biology, 3(68), 38–42. (in Ukrainian).
18. Page NPP Karmelyukovo Podillia. [Electronic resource]. Access mode: https://uk.wikipedia.org/wiki/Karmelyukove_Podillia
19. Page *Quercus petraea*. [Electronic resource]. Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Quercus_petraea

20. Page The European Green Deal [Electronic resource]. Access mode: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
21. Savchuk, R. I. (1986). Dub skel'nyy v Rivnenskyi oblasti. [Sessile oak in the Rivne region]. *Forestry*, 8, 56–58.
22. Shvydenko, A. Z. (1987). Normatyvno-dovidkovi materialy dlya taksatsiyi lisiv Ukrayiny i Moldovy. [Normative and reference materials for taxing forests of Ukraine and Moldova]. *Urozhai*, Kyiv, 559 (in Ukrainian).
23. Sirenko O. O. (2003). Ran'oneopleystotsenova dendroflora suchasnoyi lisostepovoyi ta prykordonnykh rayoniv lisovoyi zon Ukrayiny. [Early Neopleistocene dendroflora of the modern forest-steppe and border regions of the forest zones of Ukraine]. Theoretical and applied aspects of modern biostratigraphy of the Phanerozoic of Ukraine. IGN NASU, Kyiv, 192–195. (in Ukrainian).
24. Smyk, H. K. (1964). Tsikavi florystychni znakhidky na Slovechansko-Ovrutskomu kryazhi. [Interesting floristic finds in the Slovak-Ovrutsky ridge]. *Ukrainian Botanical Journal*, 21(4), 101–102 (in Ukrainian).
25. Smyk, H. K. (1965). Dub skel'nyy (*Quercus petraea* Liebl.) na Zhytomyrskomu Polissi. [Sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) in Zhytomyr Polissya]. *Botanical Journal*, 50(8), 1130–1131 (in Ukrainian).
26. SOU 02.02-34-476:2006. Trial plots are forest-managed. Laying method. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine: Kyiv, 2006. 32 (in Ukrainian).
27. Stoyko, S. M., Tasyenkevych, L. O. & Milkina, L. I. (1982). Flora i roslynnyist' Karpat-s'koho zapovidnyka. [Flora and vegetation of the Carpathian Reserve]. *Naukova dumka*, Kyiv, 219 (in Ukrainian).
28. Stoyko, S. M., Zhyzhyn, M. P. & Yashchenko, P. T. (1978). Skhidna mezha poshyrennya duba skel'noho v Ukrayini. [The eastern limit of distribution of the sessile oak in Ukraine]. *Forestry, forest, paper and wood industry*, 4, 17–18 (in Ukrainian).
29. Ukrainian encyclopedia of forestry (1999). [Reference edition; under the editorship A.S. Gensiruk]. 1. Missionary, Zhovkva, 463 (in Ukrainian).
30. Zayachuk, V. YA. (2008). Dendrolohiya: Pidruchnyk. [Dendrology: Textbook]. Apriori, Lviv, 656 (in Ukrainian).

Lysytsya A. V., Doctor (Biological Sciences), Professor, Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine

Savchuk R. I., PhD (Agricultural Sciences), Professor, Rivne State University of Humanities, Rivne, Ukraine

***Quercus petraea* Liebl. in the Rivne region**

Quercus petraea (or sessile oak) is a typical representative of the flora of the mountainous regions of Central Europe. The eastern limit of the area of the rock oak, in particular within the borders of Ukraine, is not clearly traced. The results of our own long-term research on the distribution of the sessile oak in the Rivne region are presented in this work. In fact, this is the eastern border of the range (southern Rivne region). We used the forestry and taxation method during the establishment of a trial area, as well as silviculture - during the survey of the natural renewal of rock oak, selection – during the study of the selection and genetic resource on the objects of the permanent forest seed base, and soil science methods.

We evaluated the genetic resources of the oak primeval forest of Mosty Forestry, we also studied the features and proposed ways to optimize the processes of natural and artificial regeneration. Proposals were formulated regarding ways to expand the area of oak forests. These areas can be increased on the territory of Mosty Forestry in the future to 4.000 hectares. This oak tract is currently a solid massif with an area of 210 hectares and it is adjacent to the Ostroh passing valley. Fresh silver hornbeam with sessile oak is located on elevated remains. Normal plantations of this species are actually found here. The tops of the remains are covered by 1–3-meter deposits of Neogene oolites limestones of the Sarmatian Sea. Limestones, in turn, are covered with sand and sandy sediments from the bottom of the valley. We determined the agrochemical and physicochemical characteristics of the sod-slightly podzolic soil samples in the surveyed area. It is a medium-underlying eluvium of hard carbonate rocks (oolites limestones) under an age-old oak forest. The soil erosion present here promotes the growth of sessile oak and its hybrid forms with pedunculate oak. We determined the share of sessile oak (82%) and its hybrids (18%) in the stand based on external characteristics (by the shape of the trunk bark). The result of the study is also the tax indicators of this area and the distribution of the sessile oak sample by trunk diameter. The high-quality plantations in the area of the Mosty Forestry surveyed by us are a genetic reserve of sessile oak with several dozen "plus trees".

Key words: rock oak, Ostroh passable valley, reforestation, genetic reserve, forestry tax characteristics, tree stand.

ДОБІР СУБСТРАТІВ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИРОЩУВАННЯ КАСЕТНОЇ РОЗСАДИ ЦИБУЛІ ПОРЕЙ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Слободяник Галина Яківна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна
ORCID: 0000-0003-3419-9751
sgy123@i.ua

Тернавський Андрій Григорович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна
ORCID: 0000-0002-8640-2419
ternawskyi@gmail.com

Внаслідок тривалого вегетаційного періоду цибулю порей в умовах Лісостепу України вирощують переважно розсадним способом. Врожайність цибулевих овочевих рослин буде вищою за касетного способу вирощування розсади. Перевагою касетної розсади є можливість механізованого висаджування розсадосадильними машинами. Для вирощування розсади овочевих рослин пропонуються субстрати різного складу, якості і вартості. Популярними в овочівництві, екологічно-безпечними та доступними за ціною є низка фізіологічно-активних препаратів різного механізму дії. Технологія вирощування касетної розсади цибулі порей потребує удосконалення щодо добору субстрату для малоємкісних чарунок та оптимізації умов живлення молодих рослин в обмеженому кореневмісному об'ємі. У статті наведено порівняльну характеристику впливу таких субстратів, як універсальний Щедра земля і торф'яний Klastmann TS1 (фактор А) на якість касетної розсади цибулі порей. Оцінювали також ефективність доповнення субстратів мікробіологічними препаратами Азотофіт (5 г/кг) і Мікофренд (5 г/кг) (фактор В). У польовому досліді визначено врожайність цибулі порей залежно від технології вирощування розсади.

Поліпшення субстрату для наповнення касет мікробіологічними добавками Азотофіт і Мікофренд прискорює формування сходів цибулі порей на 2–3 доби. На підставі проведених досліджень встановлено, що вид субстрату і мікробіологічні препарати достовірно впливали на розвиток кореневої системи розсади, частка якої становила 29–35 % від загальної маси рослини. Найбільшу листову поверхню (11,32 см²/рослину) та загальну масу (1,73 г/рослину) одержано за вирощування касетної розсади на торф'яному субстраті Klastmann TS1 з внесенням Азотофіт + Мікофренд. Але вид субстрату (фактор А) та взаємодія факторів А×В не мали достовірного впливу на такі показники, як сира маса сходів на 10-ту добу, кількість листків, площу листової поверхні розсади на період висаджування і товарну масу цибулі порей. Достовірно та істотно впливали на врожайність цибулі порей мікробіологічні добавки. Використання Мікофренду виявилось менш ефективним, порівняно до внесення у субстрат Азотофіту. У середньому за два роки варіювання рівня врожайності цибулі порей було незначним, коефіцієнт варіювання – 4 %. У підсумку, найвищу врожайність було одержано після сумісного застосування Азотофіт + Мікофренд – 38,3 т/га на субстраті Klastmann TS1 та 37,6 т/га на субстраті Щедра земля.

Ключові слова: касетна розсада, цибуля порей, субстрат, мікробіологічний препарат, Азотофіт, Мікофренд.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.7>

Вступ. Останнім часом звертають увагу на впровадження екологічних заходів вирощування овочевих рослин, зокрема, заміни торфу в базових субстратах, оскільки його видобуток завдає шкоди навколишньому середовищу (Tietjen et al., 2022; Liu et al., 2018). Але за використання альтернативних складників складно визначити найкращі компоненти та їх співвідношення (Seglie et al., 2015). Для покращення якості ґрунтосумішей до них додають деревне вугілля, перегній і вермикомпост, які показали позитивні результати для росту та врожайності овочевих рослин. Часто використовують такі органічні і неорганічні матеріали, як торф'яний мох, тирсу, сушені листки часнику, перліт і цеоліт (Yang et al., 2003; Pellejero et al., 2016; Yasin et al., 2020). Під час вирощування розсади салату посівного найкращі результати було отримано за використання таких місцевих дешевих компонентів, як деревне вугілля і рисове лушпиння, а менш доцільний пташиний послід (Gusatti et al., 2019).

Виникає потреба в розробці середовищ, які відповідають вимогам екологічного виробництва розсади овочевих рослин (Zamparo et al., 2021). Найбільш екологічно безпечним і ефективним заходом є використання біостимуляторів та мікробіологічних препаратів (Karpenko et al., 2020; Rosa et al., 2022; Kumari et al., 2023; Chieb & Gachomo, 2023). Популярність мікробіологічних препаратів в овочівництві зумовлена їх універсальністю. Найбільш розповсюдженими у їх складі є бактерії видів *Azotobacter chroococcum* і *Bacillus* (Grover et al., 2011; Colo et al., 2014). Додаткове внесення едафічних мікроорганізмів значно підвищує якість цибулі (Prisa, 2019a). На екологічно-чистому субстраті (торф і вермикуліт із корисними мікроорганізмами) вищими були схожість насіння цибулі, кількість листків і висота розсади (Kim et al., 2021). Інокуляція арбускулярними мікоризними грибами також істотно впливає на ріст і розвиток цибулі, навіть за низької колонізації (Bettoni et al., 2014).

Ріст і розвиток кореневої системи сходів визначається їх адаптацією до умов вирощування на молекулярному рівні (Zhang et al., 2018), а теоретичною основою для виробництва розсади овочевих рослин є оптимізоване еталонне оцінювання її якості (Gong et al., 2019). Фізико-хімічні властивості субстратів варто регулювати залежно до потреб рослин і вимог розсадосадильних машин (Lim et al., 2017; Han et al., 2019; Han et al., 2022). Якість субстратів визначається їх об'ємною масою, волого- і повітряємністю та доступністю поживних речовин упродовж усього періоду вирощування розсади (Costa et al., 2012; Ma et al., 2020).

Готові до використання комерційні субстрати, залежно від виробника, різняться за фізичними, агрохімічними показниками та ціною. Поліпшення їх складу внесенням бактеріальних і мікоризних препаратів дозволить оптимізувати вирощування касетної розсади, зокрема, цибулі порей, що і зумовило тематику наших досліджень.

Матеріали і методи досліджень. Метою даної роботи був підбір оптимальної комбінації базового субстрату та мікробіологічних препаратів для вирощування касетної розсади цибулі порей, оцінювали вплив складу ґрунтосумішей на продуктивність рослин. Касетну розсаду цибулі порей сорту Форест вирощували у плівковій розсадно-овочевій теплиці. Використовували пластикові касети Агрін – голландський стандарт 72Q, (виробник – Agreen). Загальний об'єм касети – 2,88 л, розмір чарунок, 4×4,5×2 см, об'єм чарунок 40 см³ (0,04 л).

Оцінювали ефективність двох видів субстратів (фактор А) – торф'яного субстрату Klasmann TS1 (виробник Klasmann-Deilmann, Німеччина) і універсального субстрату Щедра Земля (Україна), до яких вносили мікробіологічні препарати (фактор В) – Азотофіт (5 г/кг), Мікофренд

(5 г/кг) та сумісно Азотофіт + Мікофренд. За контроль (St.) був варіант без мікробіологічних препаратів.

Мікробіологічні препарати вносили, дотримуючись рекомендацій виробника БТУ-центр (Україна). Азотофіт – універсальний біоактиватор, що містить клітини *Azotobacter chroococcum*. Мікоризоутворюючий біопрепарат Мікофренд, призначений для поліпшення умов живлення та захисту від хвороб. У його складі є мікоризоутворюючі гриби, ризосферні мікроорганізми, фосфатомобілізуючі бактерії і фунгіцидної дії (Каталог препаратів БТУ-центр, 2021). Відповідно схеми досліді субстрати готували за місяць до сівби.

Кількість рослин в облікових касетах – 288 шт. на кожне повторення. Повторність досліді – чотириразова. Вихід розсади становив 936 шт./м². Через 60 діб після появи сходів розсаду цибулі порей висаджували у відкритий ґрунт за схемою розміщення 45×15(2) см. Біометричні вимірювання у розсадний період виконували кожні 10 діб, після пересаджування у відкритому ґрунт – кожні 20 діб. Товарний врожай цибулі порей збирали і оцінювали в першій декаді жовтня. Дослідження проводилися відповідно до загально-прийнятих методик (Bondarenko & Yakovenko, 2001). Статистичну обробку отриманих результатів виконували методом дисперсійного аналізу, розраховано стандартне відхилення ($\pm$ SD), використовували пакети програм Microsoft Office Excel та Statistica 10. Показники порівнювали за допомогою критерію Тьюкі – різні літери верхнього регістру вказують на значні відмінності між даними на рівні $p < 0,05$.

Результати. На інтенсивність проростання насіння під час вирощування розсади суттєво впливають фізичні і біотичні умови. Мікробіологічні добавки Азотофіт і Мікофренд виявили стимулюючу дію на формування сходів цибулі порей. Найраніше формувалися сходи за

Таблиця 1

Вплив субстрату на формування сходів цибулі порей, 2022–23 рр.

Вид субстрату (А)	Мікробіологічні препарати (В)	Тривалість періоду сівба-сходи, діб	Сира маса 10-денних сходів, г/100 шт.		Довжина коренів 10-денних сходів, см	
			середня за 2022–23 рр.	± до St.	середня за 2022–23 рр.	± до St.
Універсальний Щедра земля	Без добавок (St.)	18	6,31 ^a ±0,34	-	6,5 ^a ±0,1	-
	Азотофіт	16	6,59 ^a ±0,63	0,28	7,1 ^d ±0,1	0,6
	Мікофренд	16	6,62 ^a ±0,67	0,31	8,4 ^b ±0,2	1,9
	Азотофіт + Мікофренд	15	6,88 ^a ±0,27	0,57	8,8 ^{ab} ±0,5	2,3
Торф'яний Klasmann TS1	Без добавок (St.)	18	6,47 ^a ±0,25	-	6,9 ^{de} ±0,1	-
	Азотофіт	16	6,78 ^a ±0,26	0,31	7,7 ^c ±0,1	0,8
	Мікофренд	16	6,91 ^a ±0,34	0,44	8,5 ^b ±0,2	1,6
	Азотофіт + Мікофренд	14	7,02 ^a ±0,11	0,55	9,3 ^a ±0,3	2,4
Середнє по досліді			6,70	-	7,9±1,0	-
Коефіцієнт варіювання (CV), %			6	-	12	-
НІР _{05А}			F _ф < F _т	-	0,21	-
НІР _{05В}					0,30	
НІР _{05АВ}					F _ф < F _т	

сумісного внесення препаратів – на 3–4 доби раніше контролю (табл. 1).

Вид субстрату на інтенсивність проростання насіння цибулі порей не впливав. У середньому за два роки не встановлено достовірного впливу субстрату або внесення мікробіологічних препаратів на сиру масу 10-денних сходів касетної розсади, але достовірно збільшувалася довжина їх коренів. Варіювання сирої маси 10-денних сходів було помірне – 6 %, а довжини коренів середнім – 12 %. За морфологічними ознаками 10-денних сходів цибулі порей відмічали перевагу касетної розсади на торф'яному субстраті Klastmann TS1 із внесенням Азотофіт + Мікофренд – сира маса 7,02 г/100 шт., довжина коренів – 9,3 см.

Поліпшення складу субстратів внесенням лише Азотофіту збільшувало сиру масу сходів на 5 %, Мікофренду – на 6 %, а сумісне їх застосування – на 9 % у середньому по фактору В (рис. 1).

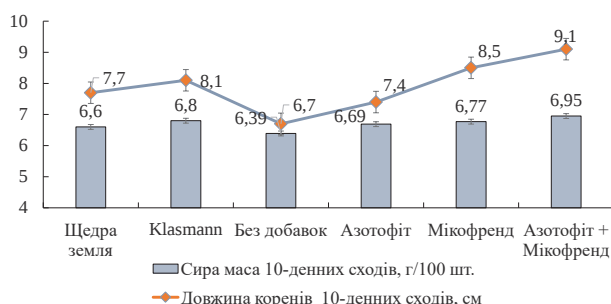


Рис. 1. Сира маса і довжина коренів 10-денних сходів цибулі порей у середньому залежно від факторів – вид субстрату (А) та мікробіологічні препарати (В), середні за 2022–23 рр.

За сумісного внесення у субстрат Азотофіту і Мікофренду середня по фактору В довжина коренів збільшувалася на 36 %.

У середньому за дворічними даними не встановлено достовірного впливу виду субстрату на кількість листків та загальну масу 60-денної розсади цибулі порей, але достовірно та істотно збільшувалася маса кореневої системи (табл. 2).

Кількість листків істотно збільшувалася лише за сумісного внесення мікробіологічних препаратів – на 0,9–1,0 шт. та після внесення Мікофренду на субстраті Щедра земля – на 0,5 шт. за HIP_{05B} – 0,5 шт./рослину. Застосування мікробіологічних препаратів істотно збільшує загальну масу 60-денної розсади, але не встановлено достовірного впливу взаємодії досліджуваних факторів. Частка маси кореневої системи від загальної за використання Азотофіту нижча – 29–32 %, аніж за внесення Мікофренду – 30–33 %. Найбільшу частку кореневої системи відмічено після сумісного внесення у субстрати Азотофіту і Мікофренду – 33–35 %. Найбільшої загальної маси формувалася розсада на торф'яному субстраті Klastmann TS1 за внесення Азотофіту і Мікофренду – 1,73 г/рослину, що відповідає приросту до контролю на 16 %.

За даними дисперсійного аналізу всі варіанти застосування мікробіологічних препаратів забезпечували достовірний та істотний приріст площі листової поверхні досліджуваних рослин (табл. 3).

На торф'яному субстраті Klastmann TS1 завдяки введенню до ґрунтосуміші мікробіологічних добавок площа листків розсади збільшувалася на 13–33 %, порівняно до варіанту даного субстрату без препаратів. На універсальному субстраті Щедра земля із Азотофітом та Мікофрендом площа листової поверхні розсади була більша варіанту без добавок на 17–34 %.

У середньому по фактору В найменша площа листової поверхні у розсади, вирощуваної без мікробіологічних препаратів. Варіювання показників площі листової поверхні порею через 60 діб після висаджування роз-

Таблиця 2

Вплив субстрату на якість 60-денної касетної розсади цибулі порей, 2022–23 рр.

Вид субстрату (А)	Мікробіологічні препарати (В)	Кількість листків, шт./рослину		Частка маси кореневої системи від загальної маси рослини, %		Загальна маса, г/рослину	
		середня за 2022–23 рр.	± до St.	середня за 2022–23 рр.	± до St.	середня за 2022–23 рр.	± до St.
Універсальний Щедра земля	Без добавок (St.)	2,2 ^b ±0,4	-	26 ^c ±3	-	1,4 ^c ±0,10	-
	Азотофіт	2,4 ^{ab} ±0,3	0,2	29 ^{abc} ±3	3	1,62 ^{ab} ±0,05	0,21
	Мікофренд	2,7 ^{ab} ±0,4	0,5	30 ^{abc} ±3	4	1,54 ^{bc} ±0,05	0,13
	Азотофіт + Мікофренд	3,1 ^{ab} ±0,5	0,9	33 ^{ab} ±3	7	1,66 ^{ab} ±0,06	0,25
Торф'яний Klastmann TS1	Без добавок (St.)	2,4 ^{ab} ±0,5	-	28 ^{bc} ±2	-	1,49 ^{bc} ±0,10	-
	Азотофіт	2,5 ^{ab} ±0,5	0,1	32 ^{ab} ±3	4	1,63 ^{ab} ±0,06	0,14
	Мікофренд	2,7 ^{ab} ±0,4	0,3	33 ^{ab} ±3	5	1,58 ^{abc} ±0,04	0,09
	Азотофіт + Мікофренд	3,2 ^a ±0,4	0,8	35 ^a ±3	7	1,73 ^a ±0,09	0,24
Середнє по досліді		2,65		31		1,58	
CV, %		13		9		10	
HIP_{05A}		$F < F_{\tau}$	-	1	-	$F_{\phi} < F_{\tau}$	-
HIP_{05B}		0,5		1		0,05	
HIP_{05AB}		$F < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$	

сади було великим – 25 % та істотно залежить від досліджуваних факторів. У середньому за фактором А (вид субстрату) через 60 діб вегетації у відкритому ґрунті листкова поверхня більша за використання торф'яного субстрату Klasmann TS1 – 39,73 см²/рослину, що на 16 % більше, ніж на субстраті Щедра земля.

Приріст площі листової поверхні через 60 діб після висаджування розсади в межах фактора В більший за використання Мікофренду – на 11,15–13,71 см²/рослину, порівняно із Азотофітом – на 4,88–10,31 см²/рослину. У середньому по фактору В площа листової поверхні цибулі порей через 60 діб вегетації у відкритому ґрунті завдяки сумісному внесенню Азотофіту і Мікофренду перевищувала варіант без мікробіологічних препаратів на 85 %. За вирощування розсади на торф'яному субстраті Klasmann TS1 + Азотофіт + Мікофренд площа листків більша контролю у 2,1 рази.

У 2022–23 рр. урожайність цибулі порей за внесення Азотофіту або Мікофренду за критерієм Тьюкі статистично значуще не відрізнялася незалежно від виду субстрату. Проте у середньому за два роки (середнє за повтореннями) внесення лише Мікофренду забезпечувало статистично різний рівень урожайності. Коефіцієнт варіювання товарної маси цибулі порей був середнім – 11 %, а врожайності низьким – 4 %. Не встановлено достовірного впливу субстратів і мікробіологічних препаратів на товарну масу цибулі порей. Використання торф'яного субстрату Klasmann TS1 істотно збільшувало рівень врожаю лише у 2023 році за внесення Азотофіту або Мікофренду та без даних препаратів (табл. 4).

Врожайність цибулі порей залежала від інших супутніх умов на 77 %, а вплив фактору В (мікробіологічні препарати) становив 27%, тоді як фактору А (субстрат) – лише 2% у середньому за роки досліджень.

Таблиця 3

Площа листків цибулі порей на період висаджування і через 60 діб вегетації у відкритому ґрунті залежно від складу субстрату, см²/рослину

Вид субстрату (А)	Мікробіологічні препарати (В)	Площа листків розсади на період висаджування		Площа листків через 60 діб після висаджування	
		середня за 2022–23 рр.	середня по фактору В	середня за 2022–23 рр.	середня по фактору В
Універсальний Щедра земля	Без добавок (St.)	8,12 ^a ±0,45	8,30	25,42 ^a ±0,93	26,37
	Азотофіт	9,47 ^{cd} ±0,39	9,86	30,30 ^a ±1,86	33,96
	Мікофренд	10,02 ^{bc} ±0,59	9,78	36,57 ^c ±3,58	38,80
	Азотофіт + Мікофренд	10,85 ^{ab} ±0,44	11,09	44,49 ^b ±2,36	48,85
Середнє по фактору А		9,62±1,10	-	34,20±7,67	-
Торф'яний Klasmann TS1	Без добавок (St.)	8,48 ^{de} ±0,45		27,31 ^d ±2,08	
	Азотофіт	10,25 ^{bc} ±0,36		37,62 ^c ±2,68	
	Мікофренд	9,54 ^c ±0,39		41,02 ^{bc} ±2,35	
	Азотофіт + Мікофренд	11,32 ^a ±0,53		53,20 ^a ±2,47	
Середнє по фактору А		9,90±1,14		39,73±9,69	
Середнє по досліді		9,76		36,99	
CV, %		11		25	
HIP _{05A}		F _ф < F _т		3,12	
HIP _{05B}		0,78		4,41	
HIP _{05AB}		F _ф < F _т		6,24	

Таблиця 4

Урожайність цибулі порей залежно від складу субстрату, т/га (2022-23 рр.)

Вид субстрату (А)	Мікробіологічні препарати (В)	Середня товарна маса, г/рослину	Урожай, т/га			
			2022	2023	середній за два роки	± до St.
Універсальний Щедра земля	Без добавок (St.)	155 ^a ±6	34,8 ^b ±2,0	33,2 ^b ±0,9	34,0 ^d ±1,3	-
	Азотофіт	165 ^a ±13	37,1 ^{ab} ±1,7	35,6 ^{ab} ±1,0	36,4 ^{abc} ±0,5	2,4
	Мікофренд	161 ^a ±11	36,5 ^{ab} ±2,0	34,1 ^{ab} ±1,2	35,3 ^{cd} ±1,4	1,3
	Азотофіт + Мікофренд	171 ^a ±11	38,4 ^{ab} ±1,7	36,7 ^{ab} ±2,3	37,6 ^{ab} ±1,0	3,6
Торф'яний Klasmann TS1	Без добавок (St.)	160 ^a ±16	35,7 ^{ab} ±1,6	34,8 ^{ab} ±2,2	35,3 ^{cd} ±1,6	-
	Азотофіт	166 ^a ±15	36,6 ^{ab} ±1,0	36,5 ^{ab} ±1,3	36,6 ^{abc} ±0,5	1,3
	Мікофренд	165 ^a ±11	36,9 ^{ab} ±2,3	35,7 ^{ab} ±1,5	36,3 ^{ab} ±1,0	1,0
	Азотофіт + Мікофренд	174 ^a ±11	39,3 ^a ±2,3	37,2 ^a ±0,7	38,3 ^a ±1,1	3,0
CV, %		11	6	5	4	-
HIP _{05A}		F _φ < F _τ	F _φ < F _τ	0,6	F _φ < F _τ	
HIP _{05B}			0,9	0,8	0,6	
HIP _{05AB}			F _φ < F _τ			

В межах фактору В порей найбільшої товарної маси формувалася за сумісного застосування Азотофіту і Мікофренду – 172 г/рослину, що становить приріст до контролю 8 %. Середній приріст урожайності цибулі порей для субстрату Klamann TS1 становив 0,8 т/га в межах фактора А. Вища ефективність поліпшення субстрату Азотофітом – урожай 36,5 т/га, аніж Мікофрендом – урожай 35,8 т/га, а максимальна врожайність за їх сумісного внесення (рис. 2).

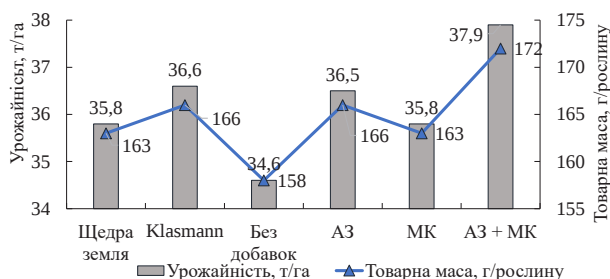


Рис. 2. Товарна маса та врожайність цибулі порей у середньому залежно від факторів вид субстрату (А) та мікробіологічні препарати (В) (A3 – Азотофіт, МК – Мікофренд)

За роки досліджень вищий рівень урожайності із касетної розсади, вирощуваної у торф'яному субстраті Klamann TS1 + Азотофіт + Мікофренд – 37,2–39,3 т/га, це у середньому за два роки більше варіанту контролю на 3,0 т/га. За аналогічного варіанту поліпшення субстрату Щедра земля середній приріст врожаю був 3,6 т/га.

Обговорення. Торф – найбільш популярний садовий субстрат, оскільки має стабільні фізико-хімічні властивості (Pane et al., 2011). Зміна складу базових субстратів впливає на розвиток кореневої системи і стійкість рослин (Zamrao et al., 2021). Введення до складу базових субстратів Азотофіту і Мікофренду сприяло ранішому формуванню сходів касетної розсади цибулі порей, проростки мали більшу масу і кореневу систему. Ці результати узгоджуються із іншими даними (Kim et al., 2021), де на екологічно-чистому субстраті схожість насіння цибулі була вищою на 5 %, а довжина 10-денних проростків – більшою на 3,7 см.

Відсоток приживання розсади залежить від маси коренів і об'єму кореневмісного субстрату. Відмічають пряmlinійну залежність співвідношення сирі маси коренів і пагонів, хлорофілу а і хлорофіл b, діаметру і маси розсади (Gong et al., 2019; Han et al., 2022). Загальна маса, площа листової поверхні, кількість листків та частка маси кореневої системи досліджуваних рослин цибулі порей закономірно збільшувалися за сумісного внесення Азотофіту і Мікофренду незалежно від виду субстрату. Але, на відміну від даних Seglie et al., (2015), склад субстрату не мав сильного впливу на вари-

ювання біометричних показників розсади. На субстраті із торфу маса розсади салату була 0,76 г, а на альтернативній суміш із зеленим компостом і кокосовим волокном збільшувалася до 2,56 г (Seglie et al., 2015).

За вирощування цибулі ріпчастої на субстраті із *Azotobacter chroococcum* рослини були вищі, а суха маса цибулин збільшувалася на 8–10 % (Balemi et al., 2007). Максимальний приріст товарної маси та врожайності цибулі порей забезпечував торф'яний субстрат Klamann TS1 з удобренням його Азотофітом і Мікофрендом. Аналогічні результати із використанням бактеріальних препаратів в технології вирощування цибулі опубліковані в інших працях (Prisa, 2019b; Prisa, 2019; Colo et al., 2014; Karpenko et al., 2020; Kumar et al., 2001; Kumar et al., 2018). За використання едафічних мікроорганізмів маса кореневої системи і товарна маса цибулі збільшувалася у 2,3 рази (Prisa, 2019a). Окрім цього, ЕМ-мікроорганізми стимулюють ріст цибулі після пересаджування (Prisa, 2019b; Prisa, 2019c). Також, на інокульованих *Bacillus subtilis* та *Azotobacter chroococcum* ділянках урожайність цибулі ріпчастої була більшою контролю на 6,7–11,7 т/га, але не встановлено позитивного впливу взаємодії від сумісного внесення *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus subtilis* і *Pseudomonas fluorescen* (Colo et al., 2014). Приріст урожаю цибулі порей за удобрення біопрепаратом Органік-балансом становив 3–9% (Karpenko et al., 2020). Відомо, що використання Азотобактеру підвищує врожайність польових культур, зокрема, кукурудзи і буряка цукрового (Hajnal et al., 2012; Mrkovacki et al., 2012). За додаткового внесення ґрунтових мікроорганізмів поліпшується водопостачання рослин, розчинність мінеральних речовин та ефективність фотосинтезу (Olle, 2013; Xu et al., 2001).

Висновки. Досліджувані субстрати для наповнення касет універсальний Щедра земля і торф'яний Klamann TS1 для вирощування розсади цибулі порей у чарунках об'ємом 40 мл доцільно поліпшувати мікробіологічними препаратами Азотофіт і Мікофренд. Це сприяє формуванню розсади із більшою кореневою системою, листовою поверхнею і загальною масою. Перевагу за біометричними показниками розсади відмічено на субстраті торф'яному Klamann TS1, але вплив даного фактору був недостовірним за статистичними показниками. На якість касетної розсади і врожайність цибулі порей істотний вплив мають мікробіологічні препарати. Сумісне внесення бактеріального препарату Азотофіт і мікоризного Мікофренд виявилось найбільш ефективним незалежно від виду субстрату та забезпечує приріст врожаю 3,0–3,6 т/га. Подальші дослідження із поліпшення технології вирощування касетної розсади цибулі порей мають бути зосереджені на зниженні її собівартості поряд з удосконаленням умов водного і поживного режимів.

Бібліографічні посилання:

1. Balemi, T., Pal, N. & Saxena, A. K. (2007). Response of onion (*Allium cepa* L.) to combined application of biological and chemical nitrogenous fertilizers. Acta agriculture Slovenia, 89(1), 107–114.
2. Bondarenko H.L. & Yakovenko K.I. (2001). Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi. [Research Methodology in case of Vegetables and Melons]. Osnovy, Kharkiv, 234 (in Ukrainian).

3. Ceglie, F. G., Bustamante, M. A., Ben, A. M. & Tittarelli, F. (2015). The challenge of peat substitution in organic seedling production: optimization of growing media formulation through mixture design and response surface analysis. *Plos One*, 10: e0128600. doi: 10.1371/journal.pone.0128600.
4. Chieb, M. & Gachomo, E. W. (2023). The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *BMC Plant Biol.*, 23, 407. doi: 10.1186/s12870-023-04403-8.
5. Colo, J., Hajnal-Jafari, T., Durić, S., Stamenov, D., & Hamidović, S. (2014). Plant growth promotion rhizobacteria in onion production. *Polish Journal of Microbiology*, 63(1), 83–88.
6. Costa, E., Leal, P. A. M., Benett, C. G. S., Benett, K. S. S. & Salamene, L. C. P. (2012). Production of tomato seedlings using different substrates and trays in three protected environments. *Eng. Agri.*, 32, 822–830.
7. Gong, Binbin, Wang, Ning, Zhang, Tiejun, Wu, Xiaolei, Lü, Guiyun, Chu, Xinpei & Gao, Hongbo. (2019). Selection of tomato seedling index based on comprehensive morphology and leaf chlorophyll content. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 35(8): 237–244. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2019.08.028.
8. Grover, M., Ali, Sk. Z., Sandhya, V., Rasul, A. & Venkateswarlu, B. (2011). Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stresses. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 27, 1231–1240. doi: 10.1007/s11274-010-0572-7.
9. Gusatti, M., Zanuzo, M. R., Machado, R. A. F., Vieira, C. V. & Cavalli, E. (2019). Performance of agricultural substrates in the production of lettuce seedlings (*Lactuca sativa* L.). *Scientific Electronic Archives*, 12(5), 40–45. doi: 10.36560/1252019807.
10. Hajnal-Jafari, T., Latković, D., Djurić, S., Mrkovački, N. & Najdenovska, O. (2012). The use of *Azotobacter* in organic maize production. *Research. J. Agricultural. Sci.*, 44(2), 28–32.
11. Han, L. H., Kumi, F., Mao, H. P. & Hu, J. P. (2019). Design and Tests of a Multi-pin Flexible Seedling Pick-up Gripper for Automatic Transplanting. *Appl. Eng. Agric.*, 35(6), 949–957. doi: 10.13031/aea.13426.
12. Han, L., Mo, M., Gao, Y., Ma, H., Xiang, D., Ma, G. & Mao, H. (2022). Effects of New Compounds into Substrates on Seedling Qualities for Efficient Transplanting. *Agronomy*, 12(5), 983. doi: 10.3390/agronomy12050983.
13. Karpenko, V., Slobodyanyk, G., Ulianych, O., Schetyyna, S., Mostoviyak, I. & Voitsekhovskiy, V. (2020). Combined application of microbial preparation, mineral fertilizer and bioadhesive in production of leek. *Agronomy Research*, 18(1), 148–162. doi: 10.15159/AR.20.014.
14. Kataloh preparativ BTU-tsentr. [Catalog of drugs btu-center]. <https://btu-center.com/search/?q=%C0%E7%EE%F2%EE%F4%B3%F2> (in Ukrainian).
15. Kim, Tae-Won, Khakurel, Dhruba, Jeon, Byeong-Gyun & Lee, Sung-Ho. (2021). Effect of environmentally friendly horticultural substrate on onion (*Allium cepa* L.) seedlings growth. *Journal of Agriculture & Life Science*, 55, 11–17. doi: 10.14397/jals.2021.55.5.11.
16. Kumar, A. (2001). Influence of nitrogen and potassium application on growth, yield and nutrient uptake by onion (*Allium cepa* L.). *Indian J. Agronomy*, 46, 742–746.
17. Kumar, Devendra Kurrey, Kumar, Mahendra, Lahre & Gaurav, S. Pagire. (2018). Effect of *Azotobacter* on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 1171–1175.
18. Kumari, M., Swarupa, P., Kesari, K. K. & Kumar A. (2023). Microbial inoculants as plant biostimulants: a review on risk status. *Life*, 13(1), 12. doi: 10.3390/life13010012.
19. Lim, J. H., Park, S. Y., Chae, W. B., Kim, S. K., Choi, S. K., Yang, E. Y., Lee, M. J., Jang, Y. N., Seo, M. H., & Jang, S. W. (2017). Seedling Conditions for Kimchi Cabbage, Head Lettuce, Cabbage and Broccoli for a Riding-type Transplanter. *J. Bios. Eng.*, 42, 104–111. doi: 10.5307/JBE.2017.42.2.104.
20. Liu, C. J., Duan, Y. L., Jin, R. Z., Han, Y. Y., Hao, J. H. & Fan, S. X. (2018). Spent mushroom substrates as component of growing media for lettuce seedlings. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 185, 012016. doi: 10.1088/1755-1315/185/1/012016.
21. Ma, G. X., Mao, H. P., Bu, Q., Han, L. H., Shabbir, A. & Gao, F. (2020). Effect of Compound Biochar Substrate on the Root Growth of Cucumber Plug Seedlings. *Agronomy*, 10(8), 1080. doi: 10.3390/agronomy10081080.
22. Marcelle, M. Bettoni, Átila, F. Mogor, Volnei, Pauletti, & Nieves, Goicoechea. (2014). Growth and metabolism of onion seedlings as affected by the application of humic substances, mycorrhizal inoculation and elevated CO₂. *Scientia Horticulturae*, 180, 227–235. doi: 10.1016/j.scienta.2014.10.037.
23. Mrkovacki, N., Mezei, S., Kovacev, L., Bjelic, D., Jarak, M., Tyr, S. & Veres, T. (2012). Effect of *Azotobacter chroococcum* application on production characteristics of sugar beet and microorganisms in sugar beet rhizosphere. *Listy cukrovarnicke a reparske*, 128, 50–55.
24. Olle, M. (2013). Effect of efficient microorganisms on yield, quality and preservation of vegetables. In: *Gardening Forum*, 10–13.
25. Pane, C., Spaccini, R., Piccolo, A., Scala, F. & Bonanomi, G. (2011). Compost amendments enhance peat suppressiveness to *pythium ultimum*, *rhizoctonia solani* and *sclerotinia minor*. *Biolog. Control*, 56, 115–124.
26. Pellejero, G., Miglierina, A., Aschkar, G., Turcato, M. & Jimenez-Ballesta, R. (2016). Use of compost with onion (*Allium cepa* L.) waste and cattle manure as substrate component for horticultural seedlings. *Int. J. Plant Soil Sci.*, 12(4), 1–10. doi: 10.9734/IJPSS/2016/27347.
27. Prisa, D. (2019b). Improvement quality of aubergine plants with effective microorganisms. *Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary*, 6(3), 1–8.
28. Prisa, D. (2019c). Rhizobacteria and zeolites for overcoming saline stress in the cultivation of succulent plants. *The International Journal of Engineering and Science*, 8(5), 38–41.
29. Prisa, D. (2019a). Effective microorganisms for the cultivation and qualitative improvement of onion (*Allium cepa* L.). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 02(03), 001–007. doi: 10.30574/wjarr.2019.2.3.0038.

30. Rosa, R., Franczuk, J., Zaniewicz-Bajkowska, A., Remiszewski K., Dydiv, O. & Andrejiová, A. (2022). The influence of the biological activator nitrilife on the yield and quality of onions. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series "Agronomy"*, 26, 87–93. doi: 10.31734/agronomy2022.26.087.
31. Sarah, Tietjen, Ines, Graubner & André, Sradnick. (2022). Reducing peat in substrate mixture formulations for press pots using the Taguchi method. *Scientia Horticulturae*, 295, 110838. doi: 10.1016/j.scienta.2021.110838.
32. Xu, H. L., Wang, R. & Miridha, M. (2001). Effects of Organic Fertilizers and a Microbial Inoculant on Leaf Photosynthesis and fruit Yield and Quality of Tomato plants. *Journal of Crop production*, 3, 173–182.
33. Yang, S. Y., Moon, Y. H. & Lee, W. H. (2003). The exploitation of new bed soil used by organic inert. *Bulletin of the Agricultural College, Chonbuk National University*, 34, 29–40.
34. Yasin, M., Jabran, K., Afzal, I., Iqbal, S., Nawaz, M.A., Mahmood, A., Asif, M., Nadeem, M. A., Rahman, Z. U., Adnan, M., Siddiqui, M., Shahid, M. G. & Andreasen, C. (2020). Industrial sawdust waste: An alternative to soilless substrate for garlic (*Allium sativum* L.). *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants*, 1–9. doi: 10.1016/j.jarmap.2020.100252.
35. Zamparo, L., Mattiussi, A., Valent, E. & Cattivello, C. (2021). Substrate formulation to improve vegetable seedling quality and environmental sustainability. *Acta Hortic.*, 1305, 63–70. doi: 10.17660/ActaHortic.2021.1305.9.
36. Zhang, X. Y., Zhou, W. K., Chen, Q., Fang, M. M., Zheng, S. S., Ben, S. & Li, C. Y. (2018). Mediator Subunit MED31 is Required for Radial Patterning of Arabidopsis Roots. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 115, 5624–5633. doi: 10.1073/pnas.1800592115.

Slobodanyk H. Ya., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Ternavskiy A. H., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Selection of substrates and microbiological preparations for effective cultivation of leek cassette seedlings for the conditions of the Forest-steppe of Ukraine

Due to the long growing season, leeks in the forest-steppe of Ukraine are grown mainly by the seedling method. The yield of onion vegetable plants will be higher with the cassette method of growing seedlings. The advantage of cassette seedlings is the possibility of mechanized planting with seedling planting machines. Substrates of different composition, quality and cost are offered for growing vegetable seedlings. A number of physiologically active preparations with different mechanisms of action are popular in vegetable growing, environmentally friendly and affordable. The technology of growing leek cassette seedlings needs to be improved in terms of selecting a substrate for low-capacity cells and optimizing the nutritional conditions of young plants in a limited root volume. The article presents a comparative characterization of the effect of such substrates as universal Generous soil and peat Klasmann TS1 (factor A) on the quality of leek cassette seedlings. The effectiveness of supplementing substrates with microbiological preparations Azotophyte (5 g kg⁻¹) and Mycofriend (5 g kg⁻¹) (factor B) was also evaluated. In the field experiment, the yield of leeks was determined depending on the technology of growing seedlings.

Improvement of the substrate for filling the cassettes with microbiological additives Azotophyte and Mycophriend accelerates the formation of leek seedlings by 2–3 days. Based on the studies, it was found that the type of substrate and microbiological preparations significantly influenced the development of the root system of seedlings, the share of which was 29–35 % of the total plant weight. The largest leaf surface (11.32 cm² plant⁻¹) and total weight (1.73 g plant⁻¹) were obtained when growing cassette seedlings on Klasmann TS1 peat substrate with the introduction of Azotophyte + Mycofriend. However, the type of substrate (factor A) and the interaction of factors A×B did not have a significant effect on such indicators as the raw weight of seedlings on the 10-th day, the number of leaves, the leaf surface area of seedlings at the time of planting and the marketable weight of leeks. Microbiological additives had a significant and reliable effect on the yield of leeks. The use of Mycofriend was less effective compared to the introduction of Azotophyte into the substrate. On average, over two years, the variation in leek yield was insignificant, with a coefficient of variation – 4 %. As a result, the highest yield was obtained after the combined use of Azotophyte + Mycophriend – 38.3 t ha⁻¹ on the Klasmann TS1 substrate and 37.6 t ha⁻¹ on the Generous Land substrate.

Key words: cassette seedlings, leeks, substrate, microbiological preparation, Azotophyte, Mycophriend.

ДОСВІД ВИРОЩУВАННЯ ТА ГЕНЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ КІНОА

Троценко Надія Володимирівна

аспірантка

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-002-6671-2014

ntrotsenko15@ukr.net

Стаття висвітлює особливості культури кіноа як перспективної для вирощування в Європі та Україні. Останнім часом спостерігається диференціація продовольчого ринку за рахунок виробництва малопоширених рослин як перспективного високоякісного джерела продовольства. Більш глибоке вивчення цих культур та їхньої потенційної ролі допоможе забезпечити майбутнє та гарантувати продовольчі й харчові запиту суспільства. Кіноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) розглядається як один з найбільш перспективних видів, у вирішенні завдань продовольчої безпеки в XXI столітті завдяки підвищеній стійкості до екстремальних умов навколишнього середовища та високій потенційній врожайності. Кіноа може бути використана для диверсифікації сільськогосподарських культур та як альтернатива для освоєння маргінальних сільськогосподарських угідь. Генетичний потенціал культури кіноа є частиною культурної спадщини, тому його збереженням опікуються генетичні банки багатьох країн світу. Зростаючий попит на дієтичні, органічні продукти сприяв вирощуванню кіноа за межами регіону походження – Південної Америки. Можливості та перспективи вирощування кіноа в Європі доведено багатьма дослідженнями. На основі даних результатів інтродукції культури кіноа на європейському континенті сформовано базову модель селекційної та технологічної модернізації культури, яка враховує такі аспекти, як фотоперіод, особливості сіви, боротьбу з бур'янами. Інтродукція культури кіноа в Україні зосереджена переважно в зоні Лісостепу та Полісся. Сортовий потенціал культури кіноа в Україні забезпечується наявністю трьох внесених до реєстру сортів, орієнтованих на зони Степу (Олімп), Лісостепу та Полісся (Квартет, Комиза). Рівень урожайності, заявлений оригінаторами коливається в межах від 1,1 до 2,4 т/га. В Сумському НАУ розроблена базова технологія вирощування культури в зоні Лісостепу (сорт Квартет та Комиза). Визначено критичні (що потребують селекційного та технологічного підсилення) ланки технології вирощування кіноа в регіоні. Успішність процесу поширення кіноа в Україні стримується низьким рівнем споживання та комплексом технологічних факторів. Важливим етапом вирішення завдань з інтродукції культури в Україні може бути селекційна модернізація за рахунок покращення споживчих характеристик урожаю, підвищення рівня стійкості сортів до абсорбентних організмів.

Ключові слова: кіноа, технологія, генетичний потенціал, перспективи культури.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.8>

Вступ. За даними ФАО (<http://www.fao.org>), на зернові припадає близько 58 % щорічних посівних площ. До 2050 року частка трьох згаданих культур, як очікується, становитиме до 80 % приросту споживання зернових. (FAOSTAT (2021)). Проте поряд зі збільшенням обсягів вирощування основних видів зернових існує потреба в диверсифікації виробництва у зв'язку з підвищенням попиту на продукти харчування зі специфічними характеристиками. Наразі забезпечення продовольчих потреб населення та виробництво відповідної категорії товарів забезпечується на основі використання врожаю пшениці, рису та кукурудзи, що безсумнівно вимагає збільшення їх виробництва (Venua & Kambizi, 2022).

Стійкою тенденцією останніх десятиліть є диференціація продовольчого ринку за рахунок формування специфічних груп товарів, у виробництві яких використовують урожай малопоширених, маргінальних та дикорослих рослин як перспективного високоякісного джерела продовольства. Оскільки багато з цих видів добре пристосовані до екстремальних умов навколишнього середовища, розширення їхніх посівних площ відповідає сьогоденним тенденціям кліматичних змін та захисту навколишнього середовища (Bioversity International FAO 2013; Chrungoo & Chetty, 2021). Культури цієї групи здатні потенційно доповнити провідні зернові та відігравати вагомий роль

у харчовому раціоні споживачів. Більш глибоке вивчення цих культур та їхньої потенційної ролі в харчуванні допоможе забезпечити майбутнє та гарантувати продовольчу й харчову безпеку (Bazile et al., 2016; Angeli et al., 2020; Andreotti et al., 2022).

Перспективи кіноа як продовольчої культури 21 століття. За останні десятиріччя суттєво розширилися вимоги до якості та характеристик продовольчих культур. Поряд зі зростанням попиту на продукти органічного виробництва все більше поширення набувають продовольчі товари адресного використання, орієнтовані на групи населення зі власними потребами. Найбільший обсяг продуктів цієї групи орієнтований на людей похилого віку, «енергетики» для військових та їх реабілітації, спортсменів. Наразі «відбір» на здатність до заповнення новостворених ніш проходять як традиційні культури (за рахунок їх сортової диференціації), так і група малопоширених та маргінальних культур, цінні характеристики яких не були затребувані раніше. Необхідними характеристиками для відбору є наявність історичного етапу доместикизації, достатній генетичний потенціал та базові основи механізованої технології вирощування.

Наразі однією з культур, перспективних для включення до системи світового виробництва продуктів, а також формування специфічних напрямів харчування

є кіноа (Bazile & Baudron, 2015; Anaya et al., 2022; Asher et al., 2022). В історичному аспекті процес доместикиції культури відбувся на Американському континенті в доколумбовий період. Вважається, що на час приходу європейців на Американський континент культура кіноа перебувала на рівні культур кукурудзи та картоплі. Однак на відміну від останніх вона не здобула поширення в інших частинах світу, а на батьківщині поступово була витіснена з товарного виробництва іншими, переважно зерновими, культурами (Jacobsen, 2011; Drucker et al., 2015; Hinojos et al., 2021; Vvenura & Kambizi, 2022).

Наразі кіноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) розглядається як один з найбільш перспективних видів, у вирішенні завдань продовольчої безпеки в XXI столітті (Rojas et al., 2015; Anaya et al., 2022). Кіноа (у її сучасному вигляді) здатна поєднувати в собі характеристики культури придатної як для уніфікованого виробництва традиційних продуктів харчування, так і для специфічних напрямів. Завдяки підвищеній стійкості до екстремальних умов навколишнього середовища та високій потенційній врожайності культура здатна забезпечувати стабільні обсяги виробництва, що є однією із вимог формування світового ринку (Hussain et al., 2021; Isam et al., 2021; Vvenura & Kambizi, 2022; Singh et al., 2022).

У перспективі кіноа може бути використана для диверсифікації сільськогосподарських культур в Європі та інших частинах світу (незалежно від її генетичного походження), а також як альтернатива для освоєння маргінальних сільськогосподарських угідь (Chevarria-Lazo et al., 2015; Choukr-Allah et al., 2016; Jacobsen, 2017; López-Marqués et al., 2020; Сепková et al., 2022).

Селекційний потенціал кіноа. Генетичні ресурси культурних рослин мають важливе значення для продовольчої безпеки, а також роблять вагомий внесок у задоволення основних потреб людства. Генетичний потенціал культури кіноа – це частина загальної культурної спадщини, особливо для країн Андського регіону. Тому їх збереження та стале використання є відповідальністю всього суспільства (Rojas et al., 2015; Murphy et al., 2016; Repo-Carrasco-Valencia et al., 2022). Враховуючи історію доместикиції *Chenopodium quinoa* Willd. у низці країн Америки, а саме Перу, Еквадору й Болівії існують державні програми селекції та збереження генофонду (Galluzzi & Noriega, 2014). Крім того, насіння *C. quinoa* у формі селекційних зразків наразі зберігається в генетичних банках багатьох країн світу. Збереження та доступність для селекціонерів культиварів кіноа Андського регіону та потенціал генетичних банків інших країн здатні забезпечувати успіх майбутніх селекційних програм з адаптації кіноа до сучасних агротехнологій та розширення генетичної основи культури до рівня основних сільськогосподарських культур (Ruiz et al., 2014; Bazile et al., 2016a; Jacobsen, 2017; Ruiz et al., 2021).

Генетичні ресурси *C. quinoa* та її диких родичів налічують 16 422 зразки по всьому світу, зберігаються в 59 установах (університетах, генних банках, науково-дослідних і сільськогосподарських установах) в 30 країнах. В Андському регіоні налічується та охороняється до 88% зразків. Найбільші колекції представлено в уста-

новах Болівії та Перу, де міститься понад 6 000 зразків (Rojas et al., 2015). Генетичні ресурси *C. quinoa*, що зберігаються в колекціях за межами Андського регіону, налічують загалом 2137 зразків. У базі даних біологічний статус 1 329 зразків вказано як традиційний сорт/раса, 552 зразків – як дикі, 1 007 зразків – як вдосконалений/покращений сорт і 100 зразків – як інші (Genesys, 2022). За походженням переважають зразки з Перу, далі йдуть США та Болівія. У 1 329 зразків тип зберігання зародкової плазми не визначено, 543 зразків генетичних ресурсів зберігаються як довгострокова колекція насіння, 193 – як колекція насіння, а 45 зразків – як короткострокова колекція (Galluzzi & Noriega, 2014).

Загалом, 478 зразків мають дублікати в Свальбардському світовому сховищі насіння в Норвегії та 143 зразки в Національному сховищі насіння в США. Більшість зразків (1306) зберігаються в Міжнародному центрі біосолончакового сільського господарства в Об'єднаних Арабських Еміратах. В Європі найбільша колекція (528 зразків) зберігається в Генбанку Інституту генетики рослин і досліджень сільськогосподарських рослин ім. Лейбніца в Німеччині (Euriscope, 2022).

Досвід вирощування кіноа. За останні десятиліття кіноа перетворилася із занедбаного традиційного продукту харчування на важливу експортно орієнтовану культуру, яку рекламують як "суперпродукт" у всьому світі (Bazile & Baudron, 2015; De Arco, 2015; Shokry, 2016; Tanwar et al., 2021; Singh et al., 2022). Насіння кіноа (*Chenopodium quinoa* Willd.) стало популярним у багатьох країнах, що обумовлено своїм технологічним та поживним властивостям. У окремих регіонах, завдяки стійкості до умов середовища та високій поживній цінності вегетативної маси культуру також вирощують на корм для худоби та птиці. У загальному аспекті, вирощування культури кіноа може бути представлено досвідом традиційних регіонів та регіонів, де вид був інтродукований (Vidueiros et al., 2015; Wali et al., 2022).

Зростання попиту на врожай кіноа за відсутності ефективних селекційних та технологічних новацій супроводжувалось суттєвим зростанням ринкової ціни (Tschopp et al., 2018). Однак цей ринковий бум призвів до екологічної катастрофи в традиційних регіонах вирощування культури в Болівії та Перу (Jacobsen, 2011). Так, у Перу площі під кіноа збільшилися на 264%, і її вирощування поширилося на всі регіони країни (Bedoya-Perales та ін., 2018), що негативно вплинуло на навколишнє середовище (деградація ґрунтів, спалах епіфітотій, поширення шкідників), а також на соціально-економічні зв'язки та відносини в місцевих громадах (Jacobsen, 2011; Fuentes et al., 2012; Drucker et al., 2015; Bedoya-Perales et al., 2018; Alandia et al., 2020).

Наразі країни Андського регіону докладають значних зусиль для встановлення гармонійної взаємодії між соціально-економічними та екологічними вимогами при вирощуванні кіноа (Bedoya-Perales et al., 2018). Започатковані та реалізуються державні програми зі збереження генетичних ресурсів *C. quinoa*, встановлено пріоритети селекції та наукових досліджень. Запроваджено більш прозору політику комерційного ланцюга для змен-

шення негативного впливу розширених товарних посівів (Ruiz et al., 2014; Bazile and Baudron, 2015; Bazile et al., 2016a; Bedoya-Perales et al., 2018; Hinojosa et al., 2021).

Зростаючий попит на дієтичні, органічні продукти сприяв вирощуванню кіноа за межами Південної Америки. Наразі триває процес збільшення кількості країн-виробників та площ під культурою. Географічне поширення кіноа свідчить про неабияку адаптивність цього виду, який сформував різні захисні механізми, щоб протистояти широкому спектру екологічних стресів (Mosyakin, & Schwartz, 2015; Rachid et al., 2015; Hinojosa et al., 2018; Pinto et al., 2021). Кількість країн, які сертифікували вирощування кіноа, в період із 2010 до 2018 рік зросла більш ніж утричі (307%). Найбільш активно ці процеси відбуваються на Європейському континенті (Noulas et al., 2017; Jacobsen et al., 2017; Granado-Rodriguez et al., 2021; Phara et al., 2021; Jovanovic et al., 2022; Trotsenko et al., 2023).

Можливості вирощування кіноа в Південно-Східній Європі доведено на основі досліджень, проведених в Греції, Румунії, Сербії, Північній Македонії та Туреччині. Хоча ринок кіноа в Південно-Східній Європі не такий великий, як в інших європейських країнах, він зростає дуже інтенсивно, а харчова промисловість розробляє нові продукти на основі цієї культури. Перспективи майбутнього виробництва кіноа в країнах Південно-Східної Європи є багатообіцяючими (Jovanovic et al., 2021).

Найвищий рівень формування традицій споживання та вирощування кіноа спостерігається в центральній та північній Європі, де Франція, Нідерланди та Німеччина наразі є найбільшими споживачами виробниками та імпортерами насіння культури. Іншими виробниками та імпортерами наразі можуть бути Великобританія, Іспанія, Італія, Данія та Швеція. Потенційно саме країни Європи розглядаються як основний споживач урожаю та продуктів переробки кіноа. У першу чергу це стосується органічних харчових продуктів (Gesinski, 2012; Geren, 2015; Drew et al., 2017; Prager et al., 2018; De Bock et al., 2021; Phara et al., 2021; Serpková et al., 2022).

На основі даних щодо результатів інтродукції культури кіноа на європейському континенті сформовано базову модель селекційної та технологічної модернізації культури, яка враховує такі аспекти.

1. Фотоперіод. Сорти, придатні до вирощування повинні бути з нейтральною тривалістю світлового дня.

2. Сівба та структура посіву. Для формування врожаю кіноа ювенільний розвиток рослин має вирішальне значення. Це пов'язано з дрібнонасі́нністю та низьким рівнем конкурентоспроможності.

3. Боротьба з бур'янами. Повинна бути максимально ретельною та завчасною, з розпушенням міжрядь.

4. Збирання врожаю та урожайність на рівні 1,5–3,0 т/га.

Напрями досліджень з культурою кіноа. Особливістю розширення ареалу культури була її початкова орієнтація на менш сприятливі для ефективного вирощування інших культур ґрунтово-кліматичні умови. Формування такого підходу визначалось характеристиками базового виду. Так, *S. quinoa* може рости в різних кліматичних умовах, з діапазоном вологості 40–90%, на висоті

від рівня моря до 4500 м, рослини можуть переносити коливання температури від -8 °C до +38 °C. Ця культура використовує воду з високим коефіцієнтом корисної дії і формує врожай навіть при 100–200 мм опадів за вегетаційний період (Jacobsen, 2003; Bois et al., 2006; Rachid et al., 2015; Reguera et al., 2018; Prager et al., 2019). Проте фізіологічні механізми стресостійкості цієї культури вивчені недостатньо.

Низькою (для вимог сучасного виробництва) залишається також урожайність культури, на що вказують дані, отримані з Ірану (0,16–1,56 т/га), Єгипту (0,41–3,87 т/га), Італії (0,11–3,05 т/га), Японії, (1,0–3,0 т/га) (Shokry, 2016; Isobe et al., 2016; Prager et al., 2019; Beccari et al., 2020; Razzaghi et al., 2020; El-Serafy et al., 2021; Israel & Bilsborrow, 2022).

Регіоном, що розглядається як основний споживач кіноа та найбільш віддалений від природних умов походження, є Європа. Першою країною в Середземноморському басейні континенту, де з середини 1990-х років почалися дослідження для оцінки адаптації кіноа, була Греція (Karyotis et al., 2003; Noulas et al., 2017).

У Східній Європі перші спроби з вивчення культури зроблені в кінці 90-х років ХХ ст. у Чехії, де була створена робоча колекція генотипів лободи в генетичному банку Інституту рослинництва в Празі, яка нині налічує 70 генотипів. Зразки тестуються в польових умовах з використанням дескрипторів лободи та її диких родичів (Bioversity International та ін., 2013; Serkova et al., 2022).

Дослідження, проведені науковцями Бельгії, показали, що більшість протестованих сортів кіноа добре себе почувають в умовах Північно-Західної Європи, а їх поживні властивості знаходяться в межах значень, описаних для інших регіонів вирощування. Однак не було виділено жодного генотипу, в межах якого поєднувалася б оптимальна врожайність та якісні характеристики, що підкреслює важливість селекції сортів лободи, адаптованих до умов регіону (De Bock et al., 2021).

В північно-східній Англії основним обмеженням для збільшення місцевого виробництва кіноа є недостатня інформація про продуктивність сортів та їхню придатність до умов прохолодного помірного клімату. Основні дослідження в цьому регіоні направлені на вивчення відмінностей у формуванні продуктивності та особливостях розвитку сортів, що можуть бути використані для покращення генетичних характеристик для майбутньої адаптації культури до умов помірного клімату північно-східної Англії (Israel & Bilsborrow, 2022).

Більш широкі дослідження, орієнтовані на реалізацію адаптивного потенціалу культури проводяться в умовах південно-західної Німеччини. За результатами цих робіт виділено сорти, які відзначаються найбільшим потенціалом врожайності з найнижчою варіабельністю за розміром зерна, або найкращими показниками щодо вмісту білка та синтезу незамінних амінокислот. Варіабельність показників врожайності та якості насіння свідчить про можливість подальшого поліпшення або стабілізації врожайності та якості насіння європейських сортів кіноа на високому рівні, за використання відповідних агротехнічних прийомів (Phara et al., 2021; Phara et al., 2022).

Численні дослідження з культурою проводяться в інших країнах світу. Переважна більшість наукових робіт присвячена питанням вдосконалення агрономічної практики та досягнення більшої продуктивності й прибутковості культури кіноа, зрошення та внесення добрив за різних агроекологічних умов (Erley et al., 2005; Basra et al., 2014; Geren, 2015; Alandia et al., 2016; Singh et al., 2021). Традиційними також є дослідження, направлені на оцінювання кіноа як культури з низьким рівнем витрат (De Santis et al., 2016) та ідеально придатної для органічних та низьковитратних виробничих систем (Callisaya et al., 2015).

Важливим напрямом селекційних та технологічних досліджень є стійкість до шкочинних організмів та якість урожаю. Насамперед це резистентність до несправжньої борошнистої роси (*Peronospora variabilis*), контроль вмісту сапонінів та окремих елементів (Se(VI), (Kitaguchi et al., 2008; Craine & Murphy, 2020; Beccari, et al., 2021; Grimberg et al., 2022; Fan Zhu, 2023).

Кіноа в Україні. Процес інтродукції кіноа в Україні має певні особливості. Так, зміни в структурі аграрного сектора держави, спричинені формуванням агрохолдингів з орієнтацією на вирощування експортно орієнтованих культур, призвели до скорочення сівозмін та виокремлення специфічної групи «нішевих» культур. Особливістю цієї групи є відсутність визначеного місця в сівозміні, низький рівень сортового та технологічного забезпечення. Посівні площі, обсяги виробництва та ціна на врожай визначаються кон'юнктурою ринку та суттєво змінюються по рокам. Виробництво таких культур, а це – круп'яні, переважна частина бобових та овочевих – орієнтовані переважно на внутрішній ринок. Попит на їх врожай та гарантовані обсяги реалізації визначаються традиціями споживання та рівнем переробки. За цих умов поширення культури обумовлюється також попитом на органічні та екзотичні продукти харчування.

Сортовий потенціал культури кіноа в Україні забезпечується наявністю трьох внесених до реєстру сортів, орієнтованих на зони Степу (Олімп), Лісостепу та Полісся (Квартет, Комиза). Заявлений оригінаторами рівень урожайності коливається в межах від 1,1 до 2,4 т/га. Сорти придатні до механізованого вирощування. Виконання основних технологічних операцій забезпечується сільськогосподарською технікою, задіяною у вирощуванні зернових культур.

В Сумському національному аграрному університеті розроблена базова технологія вирощування культури в зоні Лісостепу (сорт Квартет та Комиза). Технологія передбачає використання в якості попередника озимих зернових культур. Основний обробіток ґрунту виконується за типом покращеного зябу. Весняний обробіток передбачає закриття вологи, внесення добрив та передпосівну культивування. Залежно від умов, сівба може проводитися разом із ранніми або з культурами середніх строків сівби. Пізній строк сівби проводять за необхідності використання неселективних гербіцидів проти пір'ю повзучого, *Elytrigia repens* L., осоту (*Sonchus* spp.)

та інших бур'янів. Висівають кіноа широкорядним способом з міжряддям 45 см або суцільним способом з міжряддям 15 см. Глибина загортання насіння залежно від строку сівби та стану ґрунту може змінюватися в межах від 2,5 до 3,5 см. Сівбу проводять у розрахунок на кінцеву (передзбиральну) густоту посіву – 0,8 млн рослин /га для суцільного та 0,5 млн/га для широкорядного посіву.

Догляд за посівом передбачає використання гербіцидів проти однодольних злакових бур'янів та інсектицидний захист проти стебл'їда амарантового. Підживлення азотом проводять (аміачна селітра, до 40 кг д. р./ га) за формування рослинами 6–8 справжніх листків.

Збирають кіноа прямим комбайнуванням в першій-другій декаді вересня. Зібраний урожай потребує термінового первинного очищення, та досушування для вирівнювання вологості насіння (Trotsenko et al., 2017; Trotsenko et al., 2023).

Наразі критичними (такими, що потребують селекційного та технологічного підсилення) ланками технології вирощування кіноа в Україні є:

- низький рівень польової схожості та виживаності на ранніх фазах розвитку,
- відсутність ефективних методів контролю дводольних однорічних бур'янів, особливо лободи білої *Chenopodium album* L.,
- низька стійкість базового виду до пошкоджень стебл'їдом амарантовим,
- значні втрати насіння в процесі його збирання, первинного очищення та досушування.

Висновки. На світовому ринку продуктів харчування спостерігається диференціація «споживчої» ніші з виокремленням груп товарів, що потребують використання врожаю культур зі специфічними характеристиками. Це, як правило, мало поширені та маргінальні культури, посіви яких зосереджені в традиційних районах вирощування.

Однією із найбільш перспективних до широкого впровадження є культура кіноа, що має комплекс цінних характеристик урожаю, високий рівень доместикації базового виду, достатній рівень селекційної та технологічної модернізації до умов сучасного виробництва.

Успішність інтродукції культури кіноа в окремо взятих країнах або географічних областях визначається комплексом ґрунтово-кліматичних умов та рівнем стійкості базового виду до розповсюджених шкочинних організмів.

Наразі інтродукція культури кіноа в Україні зосереджена переважно в зоні Лісостепу та Полісся. Успішність цього процесу стримується низьким рівнем споживання всередині країни та комплексом технологічних факторів насамперед відсутністю спеціалізованих засобів захисту рослин.

Важливим етапом вирішення завдань з інтродукції культури в Україні може бути селекційна модернізація за рахунок покращення споживчих характеристик урожаю, підвищення рівня стійкості сортів до аборигенних шкочинних організмів.

Бібліографічні посилання:

1. Abdalla, D., Jorge, A-B., Abdou, G., Amidou, G., Louis, N., & Jacob, S. (2020) Effect of different planting techniques and sowing density rates on the development of quinoa. *African Journal of Agricultural Research*, 16, 1325–1333.
2. Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S. E., Bazile, D., & Condori, B. (2020) Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. *Global Food Security*, 26, 100429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100429>
3. Aluwi, N. A., Murphy, K. M., & Ganjyal, G. M. (2017). Physicochemical characterization of different varieties of quinoa. *Cereal Chem.* 94, 847–856. doi: 10.1094/CHEM-10-16-0251-R
4. Anaya, R. B., De La Cruz, E., Muñoz-Centeno, L. M., Córdor, R., León, R. & Carhuaz, R. (2022) Food and medicinal uses of ancestral Andean grains in the districts of quinoa and acos vinchos (Ayacucho-Peru). *Agronomy*, 12, 1014. doi: 10.3390/agronomy12051014
5. Andreotti, F., Bazile, D., Biaggi, M.C., CalloConcha, D., Jacquet, J., Jemal, O.M., King, O.I., Mbosso, C., Padulosi, S., Speelman, E. N. & Van Noordwijk, M. (2022) When neglected species gain global interest: lessons learned from quinoa's boom and bust for teff and minor millet. *Global Food Security* 32, 100613. doi: 10.1016/j.gfs.2022.100613
6. Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A.; Khajehei, F., Graeff-Hönniger, S. & Piatti, C. (2020) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the “Golden Grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, 9(2), 216. <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
7. Asher, A., Galili, S., Whitney, T., & Rubinovich, L. (2020) The potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivation in Israel as a dual-purpose crop for grain production and livestock feed. *Sci. Horti.* 272, 109534. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109534
8. Aydoğdu, M., & Koç, A. (2021) Screening quinoa. *Crop and Pasture Science*, doi: 10.1071/CP20508, 72, 6, 416-425
9. Bazile, D., & Baudron, F. (2015) The dynamics of the global expansion of quinoa growing in view of its high biodiversity. In *State of the Art Report on Quinoa Around the World*, 44–55.
10. Bazile, D., Jacobsen, S. E., & Verniau, A. (2016). The global expansion of quinoa: trends and limits. *Front Plant Sci.* 7, 622. doi: 10.3389/fpls.2016.00622
11. Bazile, D., Martínez Enrique, A., Negrete Sepulveda, J., Thomet, M., Chia, E., Hocdé, H., & Nuñez, L. (2014) Biocultural Heritage: Quinoa as an important resource to be maintained through tourism experiences for food security in the face of climate change. *Tour. Leis. Glob. Chang.*, 1, 10–13.
12. Beccari, G., Quaglia, M., Tini, F., Pannacci, E., & Covarelli, L. (2021) Phytopathological threats associated with quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivation and Seed Production in an Area of Central Italy. *Plants*, 10(9), 1933. doi: 10.3390/plants10091933, 10, 9
13. Bedoya-Perales, N. S., Pumi, G., Mujica, A., Talamini, E., & Padula, A. D. (2018) Quinoa expansion in Peru and its implications for land use management. *Sustainability*, 10, 532. <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/2/532#>
14. Bedoya-Perales, N. S., Pumi, G., Talamini, E., & Padula, A. D. (2018) The quinoa boom in Peru: will land competition threaten sustainability in one of the cradles of agriculture? *Land Use Policy*, 79, 475–480. doi: 10.1016/j.landusepol.2018.08.039
15. Bhargava, A., & Ohri, D. (2016) Origin of Genetic Variability and Improvement of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In: Rajpal, V., Rao, S., Raina, S. (eds) *Gene Pool Diversity and Crop Improvement. Sustainable Development and Biodiversity*. 10. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-27096-8_8
16. Bioversity International FAO, Proinpa, I., & Ifad, A. (2013) Descriptors for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and wild relatives, in Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF and IFAD. (Rome: Bioversity International and FAO).
17. Bois, J. F., Winkel, T., Lhomme, J. P., Raffailac, J. P. & Rocheteau, A. (2006) Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. *European Journal of Agronomy*, 25, 299–308. doi: 10.1016/j.eja.2006.06.007
18. Bonifacio, A., Gomez-Pando, L., & Rojas, W. (2015) Quinoa breeding and modern variety development. In D. Bazile, D. Bertero, & C. Nieto (Eds.). *State of the art report of quinoa in the world in 2013*, FAO and CIRAD, 172–191..
19. Buckland, K., Rasmussen, A., & Smith, E. (2020) Quinoa production for the Willamette Valley. Oregon State University Extension Service. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9300/html>
20. Buckland, K. R., Reeve, J. R., Creech, J. E., & Durham, S. L. (2018) Managing soil fertility and health for quinoa production and weed control in organic systems. *Soil & Tillage Research*, 184, 52–61. doi: 10.1016/j.still.2018.07.001
21. Bvenura, C., & Kambizi, L. (2022) “Future grain crops,” in *Future Foods Global Trends, Opportunities, and Sustainability Challenges*, ed. R. Bhat (London: Academic Press), 81–105. doi: 10.1016/B978-0-323-91001-9.00032-3
22. Callisaya, V., Roly, A., Sea, Y. & Edwin, E. (2015). Assessment of change in quinoa expansion in a year child using Landsat images. *RIIARn [online]*. 2 (1), 35–44.
23. Cepková, P. H., Dostalíková, L., Viehmannová, I., Jágr, M., & Janovská, D. (2022) Diversity of quinoa genetic resources for sustainable production: A survey on nutritive characteristics as influenced by environmental conditions. *Front. Sustain. Food Syst.*, 6, 501. doi: 10.3389/fsufs.2022.960159
24. Chevarria-Lazo, M., Bazile, D., Dessauw, D., Louafi, S., Trommetter, M., & Hocdé, H. (2015) Quinoa and the exchange of genetic resources: improving the regulation systems, in *State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013*, eds D. Bazile, H. D. Bertero, and C. Nieto (Roma: FAO & CIRAD). 83–105. doi: 10.13140/RG.2.1.5076.4249
25. Choukr-Allah, R., Rao, N. K., Hirich, A., Shahid, M., Alshankiti, A., Toderich, K., & Butt, K. (2016) Quinoa for marginal environments: toward future food and nutritional security in MENA and Central Asia Regions. *Frontiers in Plant Science*, 7, 346. doi: 10.3389/fpls.2016.00346
26. Craine, E. B., & Murphy, K. M. (2020) Seed composition and amino acid profiles for quinoa grown in Washington State. *Front. Nutr.* 7, 126. doi: 10.3389/fnut.2020.00126

27. Christensen, S. A., Pratt, D. B., Pratt, C., Nelson, P. T., Stevens, M. R., Jellen, E. N., Coleman, C. E., Fairbanks, D. J., Bonifacio, A., & Maughan, P. J. (2007) Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. *Plant Genet Resour*, 5, 82–95. doi : 10.3390/plants10122802
28. Curti, R. N., de la Veja, A. J., Andrade, A. J., Bramardi, S. J., & Bertero, H. D. (2016) Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along an altitudinal gradient in Northwest Argentina. *Field Crops Research*, 189, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.014>
29. De Arco, S. N. (2015) Quinoa's Calling. In *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*; Murphy, K., Matanguihan, J., Eds.; John Wiley & Sons, Inc: Hoboken, NJ, USA, 211–226.
30. De Bock, P., Daelemans, P., Selis, L., Raes, L., Vermeir, K. & Eeckhout, P. M. (2021) Comparison of the chemical and technological characteristics of whole meal flours obtained from amaranth (*Amaranthus* sp.), quinoa (*Chenopodium quinoa*) and buckwheat (*Fagopyrum* sp.) seeds. *Foods*, 10, 651. doi: 10.3390/foods10030651
31. De Bock, P., Van Bockstaele, P., Muylle, F., Quataert, H., Vermeir, P., Eeckhout, P. M., et al. (2021) Yield and nutritional characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties grown in north-west Europe-part I. *Plants* 10, 689. doi: 10.3390/plants10122689
32. De Santis G., Ronga, D., Caradonia F., Ambrosio, T., Troisi, J., Rascio, A., Fragasso, M., Pecchioni, N., & Rinaldi, M. (2018) Evaluation of two groups of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) accessions with different seed colours for adaptation to the Mediterranean environment, *Crop and Pasture Science*, 69, 12, (1264). doi : 10.1071/CP18143
33. Dost, M. (2015) Field evaluation results across locations and identification of suitable quinoa varieties. In *Wrap up Workshop of Regional Quinoa Project (TCP/RAB/3403–FAO)*; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
34. Drew, J., Dickinson, A., Sueiro, C., & Stepp, J. (2017) Ancient Grains and New Markets: The selling of quinoa as story and substance, corporate social responsibility and corporate governance (*Developments in Corporate Governance and Responsibility*; Emerald Publishing Limited: Bingley, UK. 11, 251–274.
35. Drucker, A. G., Pascual, U., Narloch, U., Midler, E., Soto, J. L., Pinto, M., Valdivia, E., & Rojas, W. (2015) Voluntary payments for the conservation of quinoa diversity: Exploring the role of payments for ecosystem services in the Andes. In *State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013*; FAO & CIRAD: Rome, Italy, 106–119. <http://www.fao.org/3/a-i4042e.pdf>
36. El-Serafy, R. S., El-Sheshtawy, A. N. A., Abd El-Razek, U. A., Abd El-Hakim, A. F., Hasham, M. M. A., Sami, R. Al-Mushhin, A.M. (2021) Growth, yield, quality, and phytochemical behavior of three cultivars of quinoa in response to moringa and azolla extracts under organic farming conditions. *Agronomy*, 11, 186. doi: 10.3390/agronomy11112186
37. Erley, G. S., Kaul, H. P., Kruse, M., & Aufhammer, W. (2005) Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization, *European Journal of Agronomy*, 22 (1), 95–100. doi: 10.1016/j.eja.2003.11.002
38. Eurisco (2022). The European Search Catalogue for Plant Genetic Resources (EURISCO). Available online at: https://eurisco.ipk-gatersleben.de/apex/f?p=10357:::P57_NATIONAL_INVENTORY,P57_INCLUDE_SYNONYMS:12,NO (accessed Februry 11, 2022).
39. FAOSTAT (2021). Total production and yield of quinoa in 1961–2017. FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
40. Fan Zhu (2023) Development of quinoa grain as a sustainable crop. *Quinoa Chemistry and Technology*, 1-15 doi :10.1016/B978-0-323-99909-0.00011-8
41. Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. D. S., Pinheiro Sant'Ana, H. M., Chaves, J. B. P., & Coimbra, J. S. D. R. (2017) Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 57, 1618–1630. doi: 10.1080/10408398.2014.1001811.
42. Flórez-Martínez, D. H., Rodríguez-Cortina, J., Chavez-Oliveros, F. L., Aguilera-Arango, G. A., Morales-Castañeda, A. (2023) Current trends and prospects in quinoa research: An approach for strategic knowledge areas. *Food Science & Nutrition* doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.3891>
43. Fuentes, F., Bazile, D., Bhargava, A., & Martinez, E. A. (2012) Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. *Journal of Agricultural Science* 150, 702–716. doi:10.1017/S0021859612000056
44. Fuentes, F., & Paredes-Gonzales, X. (2015) Nutraceutical perspectives of quinoa: Biological properties and functional applications. In *State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013*; Bazile, D., Bertero, D., Nieto, C., Eds.; FAO & CIRAD: Rome, Italy, 286–299. <http://www.fao.org/3/a-i4042e.pdf>
45. Galluzzi, G., & Noriega, I. L. (2014) Conservation and use of genetic resources of underutilized crops in the Americas – a continental analysis. *Sustainability* 6, 980–1017. doi: 10.3390/su6020980
46. Geren, H. (2015) Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. *Turk. J. Field Crop*, 20, 59–64. doi: 10.17557/1.39586
47. Gesinski, K. (2012) Evaluation of the development and yielding potential of *Chenopodium quinoa* Willd. under the climatic conditions of Europe. Part one: accomodation of *Chenopodium quinoa* (Willd.) to different conditions. *Acta Agrobotanica*, 61(1). doi:10.5586/aa.2008.025
48. González, J. A., Mercado, M. I. & Martinez-Calsina, L. (2022) Plant density effects on quinoa yield, leaf anatomy, ultrastructure and gas exchange. *The Journal of Agricultural Science*. 160(5), 349-359. doi: 10.1017/S0021859622000533
49. Granado-Rodríguez, S., Aparicio, N., Matias, J., Perez-Romero, L. F., Maestro, I., Graces, I. (2021). Studying the impact of different field environmental conditions on seed quality of quinoa: the case of three different years changing seed nutritional traits in southern Europe. *Front. Plant Sci.* 12, 649132. doi: 10.3389/fpls.2021.649132

50. Granado-Rodriguez, S., Vilarino-Rodriguez, S., Maestro-Gaitan, I., Matias, J., Rodriguez, M. J., Calvo, P. (2021). Genotype-dependent variation of nutritional quality-related traits in quinoa seeds. *Plants*, 10, 128. doi: 10.3390/plants10102128
51. Graziano, S., Agrimonti, C., Marmioli, N., & Gulli, M. (2022) Utilisation and limitations of pseudocereals (quinoa, amaranth, and buckwheat) in food production: A review, *Trends in Food Science & Technology*, 125, 154-165. doi : 10.1016/j.tifs.2022.04.007
52. Grimberg, A., Ganapathi, V. S., Ritva A.M., Bengtsson, T., Alandia, G., & Anders S. C. (2022) Transcriptional regulation of quinoa seed quality: identification of novel candidate genetic markers for increased protein content. *Frontiers in Plant Science*, 13. doi : 10.3389/fpls.2022.816425
53. Hinojosa, L., González, J., Barrios-Masias, F., Fuentes, F., & Murphy, K. (2018) Quinoa abiotic stress responses: A Review. *Plants*, 7(4), 106. doi : 10.3390/plants7040106
54. Hinojosa, L., Leguizamo, A., Carpio, C., Munoz, D., Mestanza, C., Ochoa, J. (2021). Quinoa in Ecuador: recent advances under global expansion. *Plants*, 10, 298. doi: 10.3390/plants10020298
55. Hussain, M. I., Farooq, M., Syed, Q. A., Ishaq, A., Al-Ghamdi, A. A. & Hatamleh, A. A. (2021). Botany, nutritional value, phytochemical composition and biological activities of quinoa. *Plants*, 10, 2258. doi: 10.3390/plants10112258
56. Isam, A., Ahmed, M., Al Juhaimi, F., & Musa Özcan, M. (2021) Insights into the nutritional value and bioactive properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*): past, present and future prospective. *International Journal of Food Science & Technology*, 56, 8, 3726-3741. doi: 10.1111/ijfs.15011
57. Isobe, K., Sugiyama, H., Okuda, D., Murase, Y., Harada, H., Miyamoto, M., Koide, S., Higo, M., & Torigoe, Y. (2016) Effects of sowing time on the seed yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in South Kanto, Japan. *Agricultural Science*, 7, 146–153. doi: 10.4236/as.2016.73014
58. Israel, D., & Bilsborrow, P. (2022) Optimizing quinoa growth cycle duration in northeast England by varying the sowing date. *Agronomy Journal*, 114, 4, 2186–2199. doi: 10.1002/agj2.21131
59. Jacobsen, S. E. (2011) The situation for quinoa and its production in southern Bolivia: from economic success to environmental disaster. *J. Agron. Crop Sci.*, 197, 390–399. doi: 10.1111/j.1439-037X.2011.00475
60. Jacobsen, S. E. (2017) The scope for adaptation of quinoa in Northern Latitudes of Europe. *J. Agron. Crop Sci.*, 203, 603–613. doi: 10.1111/jac.12228
61. Jacobsen, S. E., & Christiansen, J. L. (2016) Some agronomic strategies for organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Agron. Crop Sci.*, 202, 454–463. doi: 10.1111/jac.12174
62. Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2002) Genetic resources and breeding of the Andean grain crop quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plant Genetic Res. Newsletter*, 130, 54–61.
63. Jovanovic, Z., Stikic, R., & Jacobsen, S-E. (2022) Climate Change: challenge of introducing quinoa in Southeast European Agriculture. In book: *Biology and Biotechnology of Quinoa*, 345-371. doi:10.1007/978-981-16-3832-9_16
64. Karyotis, T., Iliadis, C., Noulas, C. & Mitsibonas, T. (2003). Preliminary research on seed production and nutrient content for certain quinoa varieties in a saline-sodic soil. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 189(6), 402–408
65. Kitaguchi, T., Ogra, Y., Iwashita, Y., & Suzuki, K. T. (2008) Speciation of selenium in selenium-enriched seeds, buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow). *Eur Food Res Technol.*, 227(5), 1455–6067.
66. Lesjak, J., & Calderini, D. F. (2017) Increased night temperature negatively affects grain yield, biomass and grain number in Chilean quinoa. *Front. Plant Sci.* 8, 352. doi: 10.3389/fpls.2017.00352
67. López-Marqués, R.L., Nørrevang, A.F., Ache, P., Moog, M., Visintainer, D., Wendt, T., Østerberg, J.T., Dockter, C., Jørgensen, M.E., Salvador, A.T., Rainer, H., Gao, C., Jacobsen, S-E., Shabala, S., & Palmgren, M. (2020) Prospects for the accelerated improvement of the resilient crop quinoa. *Journal of Experimental Botany*, 71, 18, 5333–5347. doi: 10.1093/jxb/eraa285
68. Maliro, M. F. A., Guwela, V. F., Jacinta, N. & Murphy, K. M. (2017) Preliminary studies of the performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes under irrigated and rainfed conditions of central Malawi. *Front. Plant Sci.* , 8, 227.
69. Maradini, A. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. D. Sant'ana, H. M. P., Chaves, J. B. P., & Coimbra, J. (2017) Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57, 1618–1630. doi: 10.1080/10408398.2014.100181
70. Mosyakin, S., & Schartau, V. (2015) Quinoa as a promising pseudocereal crop for Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 2(1), 3-11. doi: 10.15407/agrisp2.01.003
71. Murphy, K. M., Bazile, D., Kellogg, J., & Rahmanian, M. (2016) Development of a worldwide consortium on evolutionary participatory breeding in quinoa. *Frontier in Plant Science*, 7, 608. doi: 10.3389/fpls.2016.00608
72. Noulas C., Tziouvalekas, M., Vlachostergios, D., Baxevanos, D., Karyotis, T., & Iliadis, C. (2017) Adaptation, agronomic potential, and current perspectives of quinoa under Mediterranean conditions: case studies from the Lowlands of Central Greece. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48 (22), 2612–2629. doi:10.1080/00103624.2017.1416129
73. Nowak, V., Du, J. & Charrondière, U. R. (2015) Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chem.*, 193, 47–54. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.02.111
74. Owji T., Mohajeri F., Madandoust M., & Salehi M. (2020) Evaluation of the effect of seed rate and nitrogen fertilizer management on agronomic characteristics and yield components of spring quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 10(4), 264–272. 26. doi: https://doi.org/10.12911/22998993/146515
75. Phara, B., Bockstaele, F., Muylle, H., Quataert, P., Vermeir, P., Eeckhout, M., & Cnops, G. (2021) Yield and nutritional characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Varieties Grown in North-West Europe—Part I, *Plants*, 10, 12, 2689. doi : 10.3390/plants10122689

76. Phara, B., Cnops, G., Muylle, H., Quataert, P., Eeckhout, M., & Bockstaele, F. (2022) Physicochemical characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Varieties Grown in North-West Europe—Part II, Plants, 11, 3, 265. doi : 10.3390/plants11030265
77. Pinto, A. A., Fischer, S., Wilckens, R., Bustamante, L. & Berti, M. T. (2021) Production efficiency and total protein yield in quinoa grown under water stress. Agriculture, 11, 1089. doi: 10.3390/agriculture11111089
78. Prado, F. E., Fernandez-Turiel, J. L., Tsarouchi, M., Psaras, G. K., & Gonzalez, J. A. (2014) Variation of seed mineral concentrations in seven quinoa cultivars grown in two agroecological sites. Cereal Chem., 91, 453–459. doi: 10.1094/CCHEM-08-13-0157-R
79. Prager, A., Boote, K. J., Munz, S., & Graeff-Hönniger, S. (2019) Simulating growth and development processes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): adaptation and evaluation of the CSM-CROPGRO Model, Agronomy, 9, 12, 832. doi : 10.3390/agronomy9120832
80. Prager, A., Munz, S., Nkebiwe, P. M., Mast, B., & Graeff-Hönniger, S. (2018) Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in southwestern Germany. Agronomy, 8, 197. doi: 10.3390/agronomy8100197
81. Rachid, F., Said, W., Fatima, A., Oudou, I. A., Ouafae, B., Ragab, R. (2015) Response of quinoa to different water management strategies: Field experiments and Saltmed model application results. Irrig. Drain. 64, 232–238.
82. Rahut, D. B., Aryal, J. P., Manchanda, N., & Sonobe, T. (2022) Expectations for household food security in the coming decades: A global scenario, in Future Foods. Global Trends, Opportunities, and Sustainability Challenges, ed. R. Bhat. (London: Academic Press), 107–131.
83. Razzaghi, F., Bahadori-Ghasroldashti, M. R., Henriksen, S., Sepaskhah, A. R. & Jacobsen, S. E. (2020). Physiological characteristics and irrigation water productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in response to deficit irrigation imposed at different growing stages—A field study from Southern Iran. J. Agro. Crop Sci., 206(3), 390-404.
84. Reguera, M., Conesa, C. M., Gil-Gomez, A., Haros, C. M., Perez-Casa, M. A. & Briones-Labarca, V. (2018) The impact of different agroecological conditions on the nutritional composition of quinoa seeds. Peer J, 6, e4442. doi: 10.7717/peerj.4442
85. Repo-Carrasco-Valencia, R., Basilio-Atencio, J., Isabel Luna-Mercado, G., Pilco-Quesada, S., & Vidaurre-Ruiz, J. (2022) Andean Ancient Grains: nutritional value and novel uses. Biology and Life Sciences Forum, 8, 1, (15). doi : 10.3390/blsf2021008015
86. Rojas, W., Milton, P., Alanoca, C., Gómez Pando, L., Leónlobos, P. & Alercia, A. (2015) Quinoa genetic resources and ex situ conservation. In State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013, eds. D. Bazile, D. Bertero and C. Nieto (Rome: FAO/CIRADE), 56–82.
87. Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martínez- Mosqueira, E. A. (2014) Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. Agronomy for Sustainable Development, 34, 349–59. doi:10.1007/s13593-013-0195-0
88. Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuna-Rodriguez, I. S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E. A., et Schmidt, D., Verruma-Bernardi, M. R., Forti, V. A., & Borges, M. (2021) Quinoa and amaranth as functional foods: a review. Food Rev. Int., 37, 1–20. doi: 10.1080/87559129.2021.1950175
89. Singh, M. P., Soni, K., Bhamra, R., & Mittal, R. K. (2022) Superfood: value and need. Curr. Nutr. Food Sci. 18, 65–68. doi: 10.2174/1573401317666210420123013
90. Singh, U., Praharaj, C. S., Ram, D., Jat, N. K., & Kumar, M. (2021) Agronomic manipulations for cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In: Varma, A. (eds) Biology and Biotechnology of Quinoa. Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-16-3832-9_6
91. Shokry, A. M. (2016) The usage of quinoa flour as a potential ingredient in production of meat burger with functional properties. Middle East Journal of Applied Sciences, 6, 1128–1137.
92. Stanschewski, C. S., Rey, E., Fiene, G., Craine, E. B., Wellman, G., Melino, V.J., Patiranage, D. S. R., Johansen, K., Schmöckel, S. M., Bertero, H. D., Oakey, H., Afzal, I., Raubach, S., Miller, N., Streich, J., Buchvaldt Amby, D., Emrani, N., Warmington, M., Moussa, M.A.A., Wu, D., Jacobson, D., Andreasen, C., Jung, C., Murphy, K., Bazile, D. & Tester, M. (2021) Quinoa phenotyping methodologies: an international consensus. Plants, 10, 1759, 1–52. doi: 10.3390/plants10091759.
93. Tabatabaei, I., Alseekh, S., Shahid, M., Leniak, E., Wagner, M. & Mahmoudi, H. (2022) The diversity of quinoa morphological traits and seed metabolic composition. Sci. Data, 9, 1–7. doi: 10.1038/s41597-022-01399-y
94. Tanwar, B., Goyal, A., Irshaan, S., Kumar, V., Sihag, M.K., Patel, A., & Kaur, I. (2019) Quinoa. In Whole Grains and Their Bioactives; John Wiley & Sons, Ltd.: Chichester, UK, 269–305.
95. Thiam, E., Allaoui, A., & Benlhabib, O. (2021) Quinoa productivity and stability evaluation through varietal and environmental interaction. Plants, 10, 714. doi: 10.3390/plants10040714
96. Trotsenko V. I., Kovalenko I. M. & Ilchenko V. O (2017). Stan ta perspektyvy kul'tury kinoa v pivnichno-skhidnomu lisostepu Ukrayiny. [State and prospects of quinoa crop in the north-eastern forest-steppe of Ukraine] Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiya i biolohiya 9, 77-81. [in Ukrainian]
97. Trotsenko, N., Zhatova, H. & Radchenko, M. (2023). Growth and yield capacity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) depending on the sowing rate in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. AgroLife Scientific Journal, 12(2), 206–213. doi: https://doi.org/10.17930/AGL2023226
98. Tschopp, M., Bieri, S., & Rist, S. (2018) Quinoa and production rules: how are cooperatives contributing to governance of natural resources? J. Commons, 12, 402–427. doi: 10.18352/ijc.826

99. Vidueiros, S. M., Curti, R. N., Dyner, L. M., Binaghi, M. J., Peterson, G., Bertero, H. D., & Pallaro, A. N. (2015) Diversity and interrelationships in nutritional traits in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Northwest Argentina. *J. Cereal Sci.*, 62, 87–93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.01.001>
100. Wali, A. M., Kenawey, M. K., Ibrahim, O. M., & El Lateef, E.M.A. (2022) Productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) under new reclaimed soil conditions at north-western coast of Egypt. *Bull. Natl. Res. Cent.*, 46, 38.
101. Wang, N., Wang, F. X., Shock, C. C., Meng, C. B., & Qiao, L. F. (2020) Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality. *Agronomy* 10, 445. doi: 10.3390/agronomy10030445
102. Wang, S., & Zhu, F. (2016) Formulation and Quality Attributes of Quinoa Food Products. *Food Bioprocess Technol.*, 9, 49–68.
103. Wang, N., Wang, F., Shock, C.C., Meng, C., & Qiao, L. (2020) Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality. *Agronomy*, 10(3), 445. doi:10.3390/agronomy1003044
104. Zurita-Silva, A., Fuentes, F., Zamora, P., Jacobsen, S. E. & Schwember, A. R. (2014) Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Potential and perspectives. *Molecular Breeding*, 3, 13–30. doi:10.1007/s11032-014-0023-5

Trotsenko N. V., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Experience in growing and genetic potential of quinoa

*The article highlights the peculiarities of quinoa as a promising crop for cultivation in Europe and Ukraine. Recently, there has been a differentiation of the food market due to the production of less common plants as a promising high-quality source of food. A deeper understanding of these crops and their potential role will help to secure the future and meet the food and nutritional needs of society. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is considered to be one of the most promising species in addressing food security challenges in the 21st century due to its increased resistance to extreme environmental conditions and high potential yields*

Quinoa can be used for crop diversification and as an alternative one for the development of marginal agricultural land. The genetic potential of the quinoa crop is part of the cultural heritage, and its preservation is the responsibility of genetic banks in many countries. The growing demand for dietary and organic products has contributed to the cultivation of quinoa outside the region of its origin – South America.

The possibilities and prospects of quinoa growing in Europe have been proven by many studies. Based on results of quinoa introduction on the European continent, a basic model of breeding and technological modernisation of the crop has been formed; it takes into account such aspects as photoperiod, sowing, and weed control. The introduction of quinoa in Ukraine is concentrated mainly in the Forest-Steppe and Polissya regions. The varietal potential of quinoa in Ukraine is ensured by the presence of three registered varieties oriented to the Steppe (Olymp), Forest-Steppe and Polissya zones (Quartet, Komyza).

The yield level declared by the originators ranges from 1.1 to 2.4 t/ha. Sumy NAU has developed a basic technology for growing the crop in the Forest-Steppe zone (Kvartet and Komyza varieties). Critical links (requiring breeding and technological enhancement) in the technology of quinoa growing in the region have been identified. The e process success of spreading quinoa in Ukraine is constrained by the low level of consumption and a set of technological factors. Breeding modernisation can be an important step in solving the problems of introducing the crop in Ukraine by improving the consumer characteristics of it and increasing the level of variety resistance to native pests.

Key words: quinoa, technology, genetic potential, crop perspectives.

OROBANCHE CUMANA WALLR. У ПОСІВАХ HELIANTHUS ANNUUS**Хаблак Сергій Григорович**доктор біологічних наук, доцент
Інститут харчової біотехнології та геноміки
Національної академії наук України, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0003-4027-317X
sergeyhab211981@gmail.com**Спичак Валентин Миколайович**аспірант
Інститут харчової біотехнології та геноміки
Національної академії наук України, м. Київ, Україна
ORCID: 0009-0001-3734-5606
0672319956@ukr.net

Дослідження спрямовані на пошук та розробку ефективних технологій захисту соняшнику від агресивного квіткового паразита *Orobanche cumana* Wallr. Із північного Степу України ураження вовчком активно переміщуються до центральних, північних і західних регіонів країни. Метою досліджень було встановлення расового складу популяції вовчка соняшникового в Лісостепу і Поліссі. Об'єктом для досліджень у вегетаційному досліді було насіння вовчка. Зразки насіння паразита були зібрані на окремих, найбільш заражених полях соняшнику в Лісостепу і Поліссі. Для ідентифікації рас вовчка використовували гібриди соняшнику P63LL06, P64LC108 (XF 6003), P64LL125 (XF 13406), P63LE113 (XF 9026), P64HH106 (XF 13707), PR 64F66, P64LE25 (SX 9004), P64LE99 (XF 9002). Оцінку на стійкість гібридів соняшнику до вовчка проводили у ґрунтовій культурі за модифікованою методикою та рулонним методом пророщування насіння. Вивчено расовий склад вовчка на посівах соняшнику в умовах Лісостепу та Полісся України. Проведено диференціацію вирощуваних гібридів соняшнику за стійкістю до паразита. Гібрид соняшнику P63LL06, толерантний до раси E, сильно уражався вовчком. У середньому налічувалося 12 бульбочок паразита на одну рослину соняшнику. Слабкою мірою вовчком уражувалися гібриди соняшнику P64LC108 (XF 6003), P64HH106 (XF 13707), PR 64F66, резистентні до раси G. У середньому на одну рослину соняшнику припадало 2–3 бульбочки паразита. Середньою мірою вовчком інфікувалися гібриди P64LL125 (XF 13406), P63LE113 (XF 9026), P64LE25 (SX 9004), стійкі до раси E+система 2. У середньому нараховувалося 4–6 бульбочок паразита на одну рослину соняшнику. Гібридів соняшнику, що володіють повним імунітетом до вовчка, не було виявлено. Встановлено, що популяція вовчка, що паразитує на полях соняшнику, має високий ступінь вірулентності, що долає імунітет найкращих гібридів іноземної селекції, стійких до E, F і G рас цього паразита. Поява нових дуже агресивних рас вовчка (E, F, G і H) в умовах Лісостепу та Полісся свідчить про важливу необхідність розв'язання задачі зі створення селекційного матеріалу, стійкого до нових рас цієї рослини-паразита, вивчення клітинних і молекулярних механізмів стійкості соняшнику до патогена. На підставі проведених досліджень сформовані причини, що спричинили сильне поширення вовчка на полях у центральних, північних і західних регіонах країни. Розглянуто деякі деталі виникнення клітинних і молекулярних механізмів стійкості соняшнику до вовчка.

Ключові слова: *Orobanche cumana* Wallr, раса, соняшник, гібрид, коренева система, кореневі виділення.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.9>

Вступ. Вовчок соняшниковий (*Orobanche cumana* Wallr.) – рослина, що паразитує на корінні соняшника, пригнічуючи розвиток і репродуктивний потенціал рослини, призводить до зменшення розмірів суцвіть (кошиків). Це, в свою чергу, призводить до утворення щуплого насіння з низьким вмістом ненасичених жирів, зменшення урожайності. До того ж, уражені рослини стають більш сприйнятливими до хвороб (Abdalla et al., 2020; Cuccurullo et al., 2022).

Проростання насіння є вузьким місцем у життєвому циклі вовчка. Для його проростання необхідний хімічний стимул. Цей стимул зазвичай походить від коренів господаря. Насіння вовчка проростає, як правило, за наявності корневих виділень соняшнику (Albanova et al., 2023; Cvejić et al., 2020).

Відомо, що життєвий цикл *Orobanche* spp. тісно прив'язаний до господаря. У природі насіння вовчка після

періоду кондиціонування сприймає перший хімічний сигнал від такого стимулятора проростання як стріголактони, що виділяються корінням господаря і деяких інших рослин. Після сприйняття хімічного сигналу в безпосередній близькості від коренів паразит утворює гаусторій, який прикріплюється до кори кореня і вростає в нього, встановлюючи зв'язок із судинною системою господаря. Після цього паразит залишається підземним і протягом певного часу повністю залежить від свого господаря. Саме в ці періоди онтогенезу паразит найбільш вразливий. Надалі паразит формує надземне стебло і генеративні органи, які можна знищити до дозрівання насіння тільки механічним шляхом (Calderón-González et al., 2023; Duca et al., 2020).

Паразитарна стратегія паразита зазвичай успішна завдяки координації ранніх стадій розвитку з хімічними

сигналами від господаря. Насіння вовчка відчуває рослину-господаря за допомогою розпізнавання вторинних метаболітів, що вивільняються її корінням, яке активує програму розвитку, що включає проростання, ріст корінця в напрямку кореня господаря, розвиток органа прикріплення і створення сполучної тканини, що з'єднує судинні тканини господаря і паразита (Bercovich et al., 2022; Duriez et al., 2019).

Проникнення апікальних клітин проростка вовчка в судину є пусковим моментом для їхнього ділення та формування багатоклітинного гаусторіального органа всередині корової паренхіми, утворення в ньому власної провідникової системи та розвитку так званої бульбочки зовні кореня. Апекси проростка паразита проникають безпосередньо в клітини корової паренхіми і досягають ксилеми та флоєми за рахунок здатності гаусторіальних клітин вовчка виділяти в зовнішнє середовище екстрацелюлярних ферментів, які сприяють лізису клітинних стінок кореня соняшнику (Chander et al., 2022; Fernández-Aparicio et al., 2022).

На сьогодні в світі відомо 9 фізіологічних рас (A-I) вовчка, які відрізняються здатністю уражувати різні генотипи соняшнику. На території України, зокрема на південному сході впродовж 1990-2018 рр, за даними науковців, були поширені 5 – 6 рас (A-F) (Khablak et al., 2018). Проте, і з кожним роком ураження активно переміщується до центральних регіонів країни (Полтавська, Черкаська, Вінницька, Хмельницька, Житомирська області) на ті гібриди, які раніше були стійкими й не уражувалися. Відповідно на даний час значна територія України є не дослідженою.

Метою наших досліджень було встановлення расового складу популяції паразита та стійкості до нього гібридів в умовах Лісостепу та Полісся України.

Матеріали і методи досліджень. За програмою досліджень було проведено вегетаційний дослід по визначенню расового складу паразиту та стійкості до нього різних гібридів соняшнику у центральних, північних і західних регіонах країни. Об'єктом для досліджень у вегетаційному досліді було насіння вовчка. Зразки насіння паразита були зібрані на окремих, найбільш заражених полях соняшнику в Лісостепу і Поліссі. Для ідентифікації рас вовчка використовували гібриди соняшнику P63LL06, P64LC108 (XF 6003), P64LL125 (XF 13406), P63LE113 (XF 9026), P64HH106 (XF 13707), PR 64F66, P64LE25 (SX 9004), P64LE99 (XF 9002).

Оцінку на стійкість гібридів соняшнику до вовчка проводили у ґрунтовій культурі за модифікованою методикою та рулонним методом пророщування насіння (Кукін, 1960). Для зараження вовчком рослини соняшнику вирощували у ґрунтовій культурі у посудинах місткістю 10 кг, наповнених сумішшю ґрунту і піску у співвідношенні 3:1. Насінням вовчка інфікували ґрунтову суміш з розрахунку 100 мг насіння паразита на 1 кг ґрунтової суміші. При цьому насіння вовчка розподіляли рівномірно у верхній третині ємності. Насіння гібридів соняшнику висівали по 10 шт. у кожную посудину. Рослини культивували при 18–25°C. Освітленість у приміщенні підтримувати на рівні 16 годин на добу у межах 4000–7000 лк. Полив здійсню-

вати при підсиханні верхнього шару ґрунту. Через 30 діб після висіву насіння визначали ступінь ураження рослин соняшнику вовчком. Для цього рослини соняшнику викопували з посудин, відмивали їх кореневу систему водою і підраховували кількість бульбочок і проростків вовчка на коренях.

Рулонний метод пророщування насіння вовчка полягав у можливості спільного пророщування проростків соняшнику з насінням вовчка в рулонах фільтрувального паперу. Рулони виготовляли так: аркуш фільтрувального паперу розміром 20 x 30 см складали завширшки вдвічі, щоб вийшов подвійний аркуш 20 x 15 см і зволожували його водопровідною водою. Розкладали дводенні проростки гібрида соняшнику так, щоб сім'ядолі виходили за край листка, і відстань між проростками була 3,0-4,5 см. У кожному рулоні по 15 проростків. На коріння і фільтрувальний папір рівномірно насипали насіння вовчка. Проростки накривали відігнутою половиною аркуша паперу і виготовляли рулон. Рулони поміщали вертикально в скляну посудину з невеликою кількістю води на дні. Посудину з рулонами поміщали в камеру штучного клімату. Подальше спільне культивування проводили в камері штучного клімату "Біотрон-5" протягом 10 діб за 16-годинного фотоперіоду та температурного режиму 30°C. Облік кількості пророслого насіння проводили на п'яту та десяту добу за допомогою стереоскопічного мікроскопа "МБС-10".

Експериментальні дослідження рослин (як культурних, так і дикорослих), включаючи збір рослинного матеріалу, відповідали інституційним, національним або міжнародним керівним принципам. Автори дотримувалися стандартів Конвенції про охорону біологічного різноманіття (1992) та Конвенції про торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (1979) (Convention, 1992; Convention, 1979).

Результати досліджень. Стійкість гібридів соняшнику до *Orobanche cumana* Wallr представлена в табл. 1. Отримані результати показали, що рослини гібридів соняшнику по-різному вражались паразитом. Гібрид соняшнику P63LL06, толерантний до раси E, сильно уражався вовчком. У середньому налічувалося 12 бульбочок паразита на одну рослину соняшнику.

Слабкою мірою вовчком уражувалися гібриди соняшнику P64LC108 (XF 6003), P64HH106 (XF 13707), PR 64F66, резистентні до раси G. У середньому на одну рослину соняшнику припадало 2 – 3 бульбочки паразита.

Середньою мірою вовчком інфікувалися гібриди P64LL125 (XF 13406), P63LE113 (XF 9026), P64LE25 (SX 9004), стійкі до раси E+система 2. У середньому нараховувалося 4-6 бульбочок паразита на одну рослину соняшнику. Гібридів соняшнику, що володіють повним імунітетом до вовчка, не було виявлено.

Оскільки гібрид соняшнику P63LL06, стійкий до раси E, сильно уражався, то в посівах соняшнику у великих кількостях паразитує вовчок рас A-F (6 рас). Вирощувати гібриди соняшнику, стійкі до E раси вовчка, не можна. Інакше це призведе до подальшого поширення паразита і зниження врожайності.

У зв'язку з тим, що гібриди соняшнику P64LC108 (XF 6003), P64HH106 (XF 13707), PR 64F66, стійкі до раси G,

Ступінь ураження гібридів соняшнику вовчком

Стойкість до вовчка	Гібрид	Кількість протестованих рослин, шт.	Уражених, рослин, %	Ступінь ураження вовчком	Кількість бульбочок вовчка на 1 уражену рослину (середнє значення)
A-E	P63LL06	20	100	сильне	12±0,8
A-G	P64LC108 (XF 6003)	18	70	слабке	3 ± 0,3
A-E + система 2	P64LL125 (XF 13406)	20	91	середнє	5±0,4
A-E + система 2	P63LE113 (XF 9026)	15	92	середнє	6±0,5
A-G	P64HH106 (XF 13707)	20	78	слабке	2,0± 0,4
A-G	PR 64F66	17	82	слабке	2,7± 0,3
A-E + система 2	P64LE25 (SX 9004)	20	94	середнє	4±0,6
A-E + система 2	P64LE99 (XF 9002)	20	90	середнє	6±0,4
НІР ₀₅					1,1

Примітки: ураження вовчком 7 і більше бульбочок на 1 уражену рослину (середнє значення) (7-10 балів) – сильне; 4-6 бульбочок (4-6 балів) – середнє; 1-3 бульбочки (1-3 бал) – слабке

також уражаються, але слабо, то в посівах соняшнику тільки почала з'являтися раса Н (8 раса). Дослідження з виявлення останніх більш агресивних (Н і І рас) паразита ускладнюються відсутністю до них ліній-диференціаторів стійкості соняшнику та гібридів, що дозволили б їх ідентифікувати. На жаль, гібридів, стійких до раси Н (8 раса), немає. Найкращі гібриди соняшнику стійкі до G (7 раси). Загалом гібриди соняшнику, що стійкі до G (7 раси), толерантні до паразита і більш-менш нормально контролюють вовчка. Тому рекомендується вирощувати гібриди, які стійкі до 7 і вище рас паразита A-G (A, B, C, D, E, F, G, H). Наприклад, LG 59580, стійкий до вовчка рас A-G (також стійкий до технології DuPont™ ExpressSun™).

На підставі проведених досліджень сформовані причини, що спричинили сильне поширення вовчка на полях у центральних, північних і західних регіонах країни:

1. Збільшення площі під соняшником як однієї з найрентабельніших культур.

2. Малоротаційні сівозміни (2, 3 культури в сівозміні, а той монокультура – соняшник по соняшнику). В умовах короткої ротації в Україні найпоширенішими є такі сівозміни: горох-озима пшениця-соняшник, пшениця-соняшник, озима пшениця-кукурудза-соняшник, соняшник-соняшник, озима пшениця-озимий ріпак – соняшник, соняшник – соняшник – кукурудза (озима пшениця), соя – озима пшениця-соняшник, кукурудза – соняшник.

3. Вирощування слабостійких гібридів соняшнику, які уражуються вовчком.

4. Відсутність спостереження за поширенням і розвитком вовчка на полях за роками.

Обговорення. Дані наших досліджень засвідчують, що популяція вовчка на початку XXI століття, яка паразитує на посівах соняшнику в Лісостепі та Поліссі України, має високий ступінь вірулентності, що долає імунітет найкращих гібридів вітчизняної та іноземної селекції, стійких до E, F та G рас даного паразита. Поява нових дуже агресивних рас вовчка (E, F, G і H) свідчить про важливу необхідність розв'язання завдання зі створення селекційного матеріалу, стійкого до нових рас цієї рослини-паразита та вивчення клітинних і молекулярних механізмів стійкості соняшнику до патогена.

Рослина-паразит – це квіткова рослина, яка морфологічно та фізіологічно прикріплюється до господаря (іншої рослини) за допомогою видозміненого кореня (гаусторія). Лише близько 25 із 270 родів паразитичних рослин мають негативний вплив на сільське та лісове господарство, тому їх можна вважати бур'янами. Серед них найшкідливіші коренепаразитичні бур'яни належать до родів *Orobancha* і *Phelipanche* (зазвичай їх називають вовчком) і *Striga* (усі належать до родини *Orobanchaceae*) (Vurro et al., 2019; Konarska, Chmielewski, 2020).

Паразитичні квіткові рослини представляють собою різноманітну групу покритонасінних, починаючи від екзотичних видів з обмеженим поширенням і закінчуючи видами, що спричиняють значні втрати врожаю сільськогосподарських культур. Основна шкода, яку вони завдають, пов'язана з вилученням води та поживних речовин із організму-господаря, що пригнічує вегетативний ріст, цвітіння та утворення насіння. Представники кореневих паразитів родини *Orobanchaceae* і стовбурових паразитів роду *Cuscuta* є одними з найбільш агресивних і шкідливих бур'янів, які вражають як однодольні, так і дводольні культури в усьому світі. Контроль та знищення їх перешкоджає надзвичайно довговічності насіння та стійкості у ґрунті, а також таксономічне положення, що ускладнює застосування селективних гербіцидів, які не завдають шкоди господарям. Відбір стійких сортів є одним з найбільш перспективних підходів до вирішення цієї проблеми, хоча й досі не широко використовується через обмежені знання молекулярних механізмів резистентності господаря та успадкування (Albanova et al., 2023; Krupp et al., 2019).

Відсутність нових джерел стійкості обмежує нашу здатність контролювати нових, більш небезпечних рас вовчка. Не маючи ефективних засобів контролю паразитів в більшості культур, потрібні інноваційні біотехнологічні рішення. Кілька нових біотехнологічних стратегій з використанням регуляторних молекул РНК, системи CRISPR/Cas9 і вставок Т-ДНК були визнані для інженерної стійкості проти паразитичних бур'янів. За ці роки були зроблені значні прориви в розшифровці геному рослин та їх функцій, включаючи геноми паразитичних бур'янів. Однак основу біотехнологічних стратегій для створення

резистентності господаря до кореневих паразитичних бур'янів необхідно розвивати далі. Інструменти глушіння та редагування генів слід використовувати для націлювання на ключові процеси взаємодії хазяїн-паразит, такі як біосинтез і передача сигналів стриглактону, розвиток гаусторії, а також деградація та проникнення в клітинну стінку хазяїна (Aly et al., 2021).

На разі для створення нових стійких гібридів соняшнику до вовчка актуально вивчення клітинних і молекулярних механізмів стійкості культури до патогена. Загальнодоступність генетичних ресурсів плазми соняшнику для селекціонерів по створенню стійких гібридів соняшнику до вовчка є надзвичайно важливим. Нещодавно створена загальнодоступна та інтерактивна база даних фенотипів соняшнику HelianTHOME (<http://www.helianthome.org>), що отримана з великої колекції як диких, так і культивованих особин культури. База даних збагачена зовнішніми геномними даними та результатами загальногеномних асоціаційних досліджень. Очікується, що HelianHOME буде розширюватися в міру появи нових знань і ресурсів (Bercovich et al., 2022; Le Ru et al., 2021).

Нещодавнє широкомасштабне секвенування ДНК і високопродуктивні методи скринінгу змінили спосіб селекції сільськогосподарських культур. У наш час підходи зворотної генетики також стали важливою метою для дослідників багатьох культур, включаючи соняшник. Нові молекулярні методології, такі як TILLING, включаючи EcoTILLING, що передбачає виявлення природних варіацій, дозволили використовувати індуковані, а також існуючі генетичні варіації для розробки нових сортів (Chander et al., 2022; Louarn et al., 2016).

Недавнє секвенування геному соняшнику остаточно допоможе ідентифікувати можливі гени-кандидати, залучені до стійкості до вовчка, а також їхню функцію. До цього часу лише кілька авторів використовували послідовність геному соняшнику у своїх молекулярних дослідженнях, як у випадку з використанням різних методів при дослідженні взаємодії соняшнику та заразики. Прогрес у методах і потужні статистичні інструменти в аналізі великих даних слід максимально використати для проведення досліджень для виявлення механізмів, що лежать в основі складної взаємодії між соняшником і вовчком, а також для характеристики шляхів резистентності культури. На жаль, досі не було повідомлень про вивчення епігенетичних механізмів стійкості соняшнику. Будучи новою галуззю досліджень, було б дуже корисно вивчити, якою мірою епігенетичні механізми впливають на резистентність соняшнику, враховуючи, що статус метилювання ДНК відіграє вирішальну роль у регулюванні проростання насіння *Phelipanche ramosa* під час періоду кондиціонування, контролюючи залежний від стриглактону експресію PrCYP707A1 (Cvejić et al., 2020; Meena, Sujatha, 2022).

Потужна техніка CRISPR-Cas9 була успішно використана для мутагенезу гена CCD8 (Carotenoid Cleavage Dioxygenase 8), гена біосинтезу стриглактонів, щоб створити лінії томатів, стійкі до *Phelipanche aegyptica*. Інша техніка приглушення генів, індукована вірусом приглушення генів (VIGS) була використана для інду-

кування транс-приглушення генів PaCCD7 і PaCCD8 у *P. aegyptica* для значного зменшення кількості паразитів, прикріплених до коренів *Nicotiana benthamiana*. Нові методи редагування генів можуть бути складними для застосування в селекції соняшнику, в основному через труднощі, які виникають під час регенерації рослин, і низьку кількість отриманих трансгенних регенерантів за один аналіз. Таким чином, перший крок для використання сучасних методів редагування генів вимагав би створення покращеної основи для трансформації, яка могла б бути корисною для розвитку тривалої стійкості до вовчка у соняшнику (Aly et al., 2021; Pouvreau et al., 2021; De Luque et al., 2006).

Вовчок соняшниковий паразитує, головним чином, на соняшнику; з інших рослин вражає томат, тютюн, махорку, сафлор, полин та ін. Вовчок поширений у всіх країнах, де вирощують соняшник. Він перейшов на нього з полину і вже понад 150 років вражає цю культуру. Вченими було встановлено, що соняшник і вовчок перебувають у безперервному процесі спряженої еволюції хазяїн-паразит. Через це стійкість сортів і гібридів з часом долається новими вірулентними расами паразита. У зв'язку з цим селекція соняшнику на стійкість до вовчка має проводитися постійно (Rauf, 2019; Sisou et al., 2021; Vidhyasekaran, 2020; Soares-Silva et al., 2016).

Упродовж XX століття тричі поява нових рас вовчка в районах вирощування соняшнику в Україні ставила цю культуру під загрозу зникнення. Нині в Україні поширюються нові біотиби вовчка, які долають імунітет сучасного стійкого сортименту соняшнику. Можливо, зараз настає нова хвиля масового ураження посівів соняшнику цією рослиною-паразитом, що призведе до епіфітотичної обстановки в країні.

Висновки. Поступово відбувається розповсюдження вовчка із Степу у Лісостеп і Полісся. У вегетаційному досліді гібрид соняшнику P63LL06, толерантний до раси Е, сильно уражався вовчком, насіння якого було зібране із полів в центральних, північних і західних регіонах країни. У середньому налічувалося 12 бульбочок паразита на одну рослину соняшнику. Слабкою мірою вовчком уражувалися гібриди соняшнику P64LC108 (XF 6003), P64HN106 (XF 13707), PR 64F66, резистентні до раси G. У середньому на одну рослину соняшнику припадало 2 – 3 бульбочки паразита. Середньою мірою вовчком інфікувалися гібриди P64LL125 (XF 13406), P63LE113 (XF 9026), P64LE25 (SX 9004), стійкі до раси Е+система 2. У середньому нараховувалося 4-6 бульбочок паразита на одну рослину соняшнику. Гібридів соняшнику, що володіють повним імунітетом до вовчка, не було виявлено. Популяція вовчка на початку XXI ст., що паразитує на посівах соняшнику в центральних, північних і західних регіонах країни, має високий ступінь вірулентності, що долає імунітет найкращих гібридів іноземної селекції, стійких до Е, F і G рас цього паразита. Це свідчить про важливу необхідність вирішення завдання зі створення селекційного матеріалу, стійкого до нових рас цієї рослини-паразита та вивчення клітинних і молекулярних механізмів стійкості соняшнику до патогена. Недавній прогрес у геномних технологіях

відкрив багато нових можливостей у з'ясуванні молекулярних деталей взаємодії рослин-паразитів із рослинами-господарями. Розуміння молекулярного механізму

взаємодії хазяїн-паразит було б дуже корисним у розробці нових ефективних підходів до боротьби з паразитичними рослинами.

Бібліографічні посилання:

1. Abdalla, M.M.F., Saleh, H.A.M.A. & Khater, M.A. (2020). Detection of genetic variations in *Orobanche crenata* using inter simple sequence repeat (ISSR) markers. *Bulletin of the National Research Centre*, 44, 139. doi: 10.1186/s42269-020-00390-0.
2. Albanova, I.A., Zagorchev, L.I., Teofanova, D.R., Odjakova, M.K., Kutueva, L.I., & Ashapkin, V.V. (2023). Host Resistance to Parasitic Plants—Current Knowledge and Future Perspectives. *Plants*, 12(7), 1447. doi: 10.3390/plants12071447.
3. Aly, R., Matzrafi, M. & Bari, V.K. (2021). Using biotechnological approaches to develop crop resistance to root parasitic weeds. *Planta*, 253, 97. doi: 10.1007/s00425-021-03616-1.
4. Bercovich, N., Genze, N., Todesco, M., Gregory, L. O., Légaré, J.-S., Huang, K., Rieseberg, L. H. & Grimm, D. G. (2022). HelianthHOME, a public and centralized database of phenotypic sunflower data. *Scientific Data*, 9, 735. doi: 10.1038/s41597-022-01842-0.
5. Calderón-González, Á., Pérez-Vich, B., Pouilly, N., Boniface, M.-C., Louarn, J., Velasco, L., & Muñoz, S. (2023). Association mapping for broomrape resistance in sunflower. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1056231. doi: 10.3389/fpls.2022.1056231.
6. Chander, S., Mena, H.P., Kumar, A., Kumar, N., Singh, V.K., & Garcia-Oliveira, A.L. (2022). Genetic and molecular technologies for achieving high productivity and improved quality in sunflower. In S.S. Gosal, & S.H. Wani (Eds.), *Accelerated Plant Breeding* 4, 419-449 doi: 10.1007/978-3-030-81107-5_12.
7. Convention on Biological Diversity. (1992). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030.
8. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. (1979, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_129.
9. Cuccurullo, A., Nicolai, A., & Cardì, T. (2022). Resistance against broomrapes (*Orobanche* and *Phelipanche* spp.) in vegetables: a comprehensive view on classical and innovative breeding efforts. *Euphytica*, 218(6), 82. doi: 10.1007/s10681-022-03035-7.
10. Cvejić, S., Radanović, A., Dedić, B., Jocković, M., Jocić, S., & Miladinović, D. (2020) Genetic and genomic tools in sunflower breeding for broomrape resistance. *Genes*, 11(2), 152.
11. De Luque, A.P., González-Verdejo, C.I., Lozano-Baena, M.-D., Dita, M.A., Cubero, J.I., González-Melendi, P., Risueño, M.C., Rubiales, D. (2006). Protein cross-linking, peroxidase and β -1,3-endoglucanase involved in resistance of pea against *Orobanche crenata*. *J. Exp. Bot.* 57, 1461–1469. DOI: 10.1093/jxb/erj127.
12. Duca, M., Boicu, A., Clapco, S., & Port, A. (2020). Comparative analysis of two *Orobanche cumana* Wallr. accessions with a different virulence. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42(11), 170. doi: 10.1007/s11738-020-03152-7.
13. Duriez, P., Vautrin, S., Auriac, M.C., Bazerque, J., Boniface, M.-C., Callot, C., Carrère, S., Cauet, S., Chabaud M., Gentou, F., Lopez-Sendon, M., Paris, C., Pegot-Espagnet, P., Rousseaux, J.-C., Pérez-Vich, B., Velasco, L., Bergès, H., Piquemal, J., & Muñoz, S. (2019). A receptor-like kinase enhances sunflower resistance to *Orobanche cumana*. *Nature Plants*, 5, 1211-1215. doi: 10.1038/s41477-019-0556-z.
14. Fernández-Aparicio, M., del Moral, L., Muñoz, S., Velasco, L., & Perez-Vich, B. (2022). Genetic and physiological characterization of sunflower resistance provided by the wild-derived OrDeb2 gene against highly virulent races of *Orobanche cumana* Wallr. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(2), 501-525. doi: 10.1007/s00122-021-03979-9.
15. Fujimoto, S.Y., Ohta, M., Usui, A., Shinshi, H., Ohme-Takagi, M. (2000). Arabidopsis ethylene-responsive element binding factors act as transcriptional activators or repressors of GCC box-mediated gene expression. *Plant Cell*, 12, 393–404. doi:10.1105/tpc.12.3.393.
16. Khablak, S.G., Abdullaeva, Y.A., & Ryabovol, L.O. (2018). Sensitivity of sunflower hybrids to new races of Broomrape. *Factors of Experimental Evolution of Organisms*, 23, 55-57.
17. Konarska, A., & Chmielewski, P. (2020). Taxonomic traits in the microstructure of flowers of parasitic *Orobanche picridis* with particular emphasis on secretory structures. *Protoplasma*, 257, 299-317. doi: 10.1007/s00709-019-01438-3.
18. Krupp, A., Heller, A. & Spring, O. (2019). Development of phloem connection between the parasitic plant *Orobanche cumana* and its host sunflower. *Protoplasma*, 256, 1385-1397. doi: 10.1007/s00709-019-01393-z.
19. Kukin V. F. (1960). Method of evaluation of sunflower for resistance to infestation. *Plant protection from pests and diseases*, № 7, C. 39.
20. Le Ru, A., Ibarcq, G., Boniface, M.C., Baussart, A., Muñoz, S. & Chabaud, M. (2021). Image analysis for the automatic phenotyping of *Orobanche cumana* tubercles on sunflower roots. *Plant Methods*, 17, 80. doi: 10.1186/s13007-021-00779-6.
21. Liu, S., Wang, P., Liu, Y., Wang, P. (2020). Identification of candidate gene for resistance to broomrape (*Orobanche cumana*) in sunflower by BSA-seq. *Oil Crop Sci*, 5. doi:10.1016/j.ocsci.2020.05.003.
22. 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.
23. Meena, H.P., & Sujatha, M. (2022). Sunflower Breeding. In: D.K. Yadava, H.K. Dikshit, G.P. Mishra, & S. Tripathi, (Eds.), *Fundamentals of Field Crop Breeding*, 971-1008, Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-16-9257-4_19.
24. Pouvreau, J.B., Poulin, L., Huet, S., & Delavault, P. (2021). Strigolactone-Like Bioactivity via Parasitic Plant Germination Bioassay. *Methods in molecular biology*, 2309, 59-73. doi: 10.1007/978-1-0716-1429-7_6.

25. Rauf, S. (2019). Breeding Strategies for Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Genetic Improvement. In J. Al-Khayri, S. Jain, & D. Johnson (Eds.), *Advances in plant breeding strategies: industrial and food crops*, 637-673. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-23265-8_16.
26. Shi, B., & Zhao, J. (2020). Recent progress on sunflower broomrape research in China. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 27(2), 30. doi: 10.1051/ocl/2020023.
27. Sisou, D., Tadmor, Y., Plakhine, D., Ziadna, H., Hübner, S., & Eizenberg, H. (2021). Biological and transcriptomic characterization of pre-haustorial resistance to sunflower broomrape (*Orobanche cumana* W.) in sunflowers (*Helianthus annuus*). *Plants*, 10(9), 1810. doi: 10.3390/plants10091810.
28. Soares-Silva, M., Diniz, FF., Gomes, G.N., Bahia, D. (2016). The Mitogen-Activated Protein Kinase (MAPK) Pathway: Role in Immune Evasion by Trypanosomatids. *Front. Microbiol.* 7:183. doi: 10.3389/fmicb.2016.00183.
29. Vidhyasekaran, P. (2020). Manipulation of reactive oxygen species, redox and nitric oxide signaling systems to activate plant innate immunity for crop disease management. In *Plant innate immunity signals and signaling systems*, 51-135. Signaling and communication in plants. Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-94-024-1940-5_3.
30. Vurro, M., Boari, A., Thiombiano, B., & Bouwmeester, H. (2019). Strigolactones and parasitic plants. In H. Koltai, & C. Prandi, (Eds.), *Strigolactones – biology and applications*, 89-120. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-12153-2_3.
31. Xi, J., Ding, Z., Xu, T., Qu, W., Xu, Y., Ma, Y., Xue, Q., Liu, Y., & Lin, Y. (2022). Maize rotation combined with streptomyces rochei d74 to eliminate *Orobanche cumana* seed bank in the farmland. *Agronomy*, 12(12), 3129. doi: 10.3390/agronomy12123129.
32. Yang, C., Fu, F., Zhang, N. Wang, J., Luyang, H., Islam, F., Bai, Q., Yun, X., & Zhou, W. (2020). Transcriptional profiling of underground interaction of two contrasting sunflower cultivars with the root parasitic weed *Orobanche cumana*. *Plant Soil*, 450, 303-321. doi: 10.1007/s11104-020-04495-3.
33. Yang, C., Xu, L., Zhang, N., Islam, F., Song, W., Hu, L., Liu, D., Xie, X., Zhou, W. (2017). iTRAQ-based proteomics of sunflower cultivars differing in resistance to parasitic weed *Orobanche cumana*. *Proteomics*, 17, 1700009. doi.org/10.1002/pmic.201700009.
34. Ye, X., Zhang, M., Zhang, M., & Ma, Y. (2020). Assessing the Performance of Maize (*Zea mays* L.) as Trap Crops for the Management of Sunflower Broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.). *Agronomy*, 10(1), 100. doi: 10.3390/agronomy10010100.

Khablak S. H., Doctor (Biological Sciences), Associate Professor, Institute of Food Biotechnology and Genomics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Spychak V. M., PhD student, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Orobanche cumana* Wallr. in crops of *Helianthus annuus

The research is aimed at finding and developing effective technologies to protect sunflower from the aggressive flower parasite *Orobanche cumana* Wallr. From the northern Steppe of Ukraine, the broomrape is actively moving to the central, northern and western regions of the country. The aim of the research was to establish the racial composition of the sunflower broomrape population in the Forest Steppe and Polissya. The object of research in the vegetation experiment was broomrape seeds. Samples of the parasite seeds were collected on some of the most infected sunflower fields in the Forest-Steppe and Polissya. Sunflower hybrids P63LL06, P64LC108 (XF 6003), P64LL125 (XF 13406), P63LE113 (XF 9026), P64HH106 (XF 13707), PR 64F66, P64LE25 (SX 9004), P64LE99 (XF 9002) were used to identify broomrape races. Sunflower hybrids were evaluated for resistance to broomrape in soil culture using a modified method and the roll method of seed germination. The racial composition of broomrape on sunflower crops in the conditions of the Forest-Steppe and Polissya of Ukraine was studied. Differentiation of sunflower hybrids grown by resistance to the parasite was carried out. The sunflower hybrid P63LL06, tolerant to race E, was severely affected by broomrape. On average, there were 12 nodules of the parasite per sunflower plant. Sunflower hybrids P64LC108 (XF 6003), P64HH106 (XF 13707), PR 64F66, resistant to race G, were slightly affected by broomrape. On average, there were 2-3 nodules of the parasite per sunflower plant. The hybrids P64LL125 (XF 13406), P63LE113 (XF 9026), P64LE25 (SX 9004), resistant to race E + system 2, were infected with broomrape to an average extent. On average, there were 4-6 nodules of the parasite per sunflower plant. No sunflower hybrids with complete immunity to broomrape were found. It has been established that the broomrape population parasitizing sunflower fields has a high degree of virulence that overcomes the immunity of the best foreign-bred hybrids resistant to E, F and G races of this parasite. The emergence of new very aggressive races of broomrape (E, F, G and H) in the Forest-Steppe and Polissya indicates an important need to solve the problem of creating breeding material resistant to new races of this parasitic plant, studying the cellular and molecular mechanisms of sunflower resistance to the pathogen. Based on the research, the reasons for the widespread spread of broomrape in the fields in the central, northern and western regions of the country were summarized. Some details of the emergence of cellular and molecular mechanisms of sunflower resistance to broomrape are considered.

Key words: *Orobanche cumana* Wallr, race, sunflower, hybrid, root system, root secretions.

ОЦІНКА ОНТОГЕНЕТИЧНОЇ ТА ВІТАЛІТЕТНОЇ СТРУКТУР ПОПУЛЯЦІЙ *LATHYRUS VERNUS* (L.) BERNH У ГЕТТИНГЕНСЬКОМУ ЛІСІ (НИЖНЯ САКСОНІЯ, НІМЕЧЧИНА)

Ярошенко Наталія Павлівна

аспірантка

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0003-0475-2560

natalia.yaroshenko@snaeu.edu.ua

У сучасному світі проблеми збереження біорізноманіття та протидії змінам клімату є тісно пов'язаними між собою. Вони передбачають й реалізацію комплексу заходів, спрямованих на недопущення втрати лісового фонду як окремих регіонів, так планети загалом. У зазначеному аспекті набуває важливості розуміння особливостей та закономірностей функціонування популяцій лісових рослин, у тому числі популяцій тих видів, які формують ярус трав. Відповідно, метою публікації було визначено установити та проаналізувати онтогенетичну й віталітетну структури популяцій *Lathyrus vernus* (L.) Bernh у лісових фітоценозах Геттінгенського лісу, розташованого на півдні Нижньої Саксонії Німеччини. Вивченням було охоплено шість популяцій, які зростали у фітоценозах відмінних між собою за віком, характером менеджменту та природоохоронним режимом. Онтогенетична та віталітетна структура популяцій *L. vernus* були вивчені відповідно до загальноприйнятих підходів. Віталітетним аналізом засвідчено, що усі досліджувані популяції *L. vernus* є врівноваженими з індексом якості (Q) від 0,2000 до 0,3000. При цьому пралісі вирізнялись найменшою репрезентованістю особин найвищого рівня віталітету, частка яких знижена до 20,0–23,3%. У старих лісах, де впроваджено лісогосподарський менеджмент, їхня частка є у 1,4–2,4 рази більшою: на рівні 33,3–56,7%. Встановлено, що усі досліджувані популяції є неповними за онтогенетичною структурою. Чотири популяції мають ярко виражені центровані спектри, які відзначаються переважанням генеративних особин. Загалом в ознаках онтогенетичної структури, порівняно із віталітетною, у популяцій проявились значно більші відмінності при варіюванні значень індексу відновлюваності від 8,82 до 60,0%, генеративності – від 33,33 до 82,35%, індексу старіння – від 0 до 38,24% (за І.М. Коваленком). На тлі застосування лісогосподарського менеджменту зареєстроване суттєве збільшення діапазону варіювання значень індексів відновлюваності та генеративності, та у, підсумку, репрезентованість популяцій різних онтогенетичних типів: молодих, перехідних, зрілих. Популяції із пралісових фітоценозів були виключно «зрілими». Встановлені факти про віталітетну та онтогенетичну структуру об'єктивно засвідчують те, що *L. vernus* є видом, чутливим не тільки до зміни еколого-ценотичних ознак фітоценозів, а й до системи лісогосподарського менеджменту та особливостей режимів охорони, які запроваджуються в пралісах. Результати оцінки онтогенетичної та віталітетної структури, свідчать, що умови Геттінгенського лісу, розташованого на півдні Нижньої Саксонії (Німеччина), є сприятливими для формування та функціонування популяцій *L. vernus*.

Ключові слова: популяційний аналіз, букові ліси, Göttinger Wald, віталітетний аналіз.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.10>

Вступ. У сучасному світі проблеми збереження біорізноманіття та протидії змінам клімату є тісно пов'язаними між собою (Hamann et al., 2015; Thomas Shuai Ma et al., 2022; Regionale..., 2023). Вони передбачають реалізацію комплексу заходів, спрямованих на недопущення втрати лісового фонду як окремих регіонів, так і планети загалом (Mette et al., 2021; Kölling & Mette, 2022; Nordwestdeutsche..., 2023; Terhi Koskela et al., 2023; Kimengsi et al., 2023; Václav Zúmr et al., 2023). При цьому значущості набуває забезпечення охорони усіх компонентів лісових екосистем та досягнення їхнього сталого, раціонального використання (Pretzsch et al., 2019; Albert et al., 2021; Buresch et al., 2023; Glatthorn et al., 2023; Lieven et al., 2023). У зазначеному аспекті набуває важливості й розуміння особливостей та закономірностей функціонування популяцій лісових рослин (Skliar, 2013; Skliar & Sherstuk, 2016; Skliar et al., 2016; Skliar et al., 2019; Skliar et al., 2020), а саме популяцій тих видів, які формують ярус трав. Функціонування ярусу трав є однією із складових формування комплексу екосистемних послуг, притаманних лісам (Didukh, 2018; Havrylenko, 2019;

Zhezhkun, 2021), зокрема: досягнення стабілізації ґрунту, підтримання кругообігу поживних речовин і забезпечення запилення. У свою чергу, аналіз стану популяцій видів, що формують ярус трав, дозволяє оцінити якість середовища існування цих організмів (Sherstuk, 2016, 2017), а зміни в їхніх популяціях можуть бути раннім показником екологічних порушень, трансформації екосистеми.

Зазначені факти вказують й на актуальність вивчення популяцій *Lathyrus vernus* (L.) Bernh, яка поширена на території Європи, Кавказу та Сибіру та є типовою для ярусу трав широколистяних лісів. Вона є цінною ефіро-олійною, кормовою, медоносною, лікарською рослиною (Östergård et al., 2007; Iskender et al., 2009; Zoric et al., 2011; Valdés & Ehrlén, 2021). Окрім того *L. vernus* є видом, чутливим до змін еколого-ценотичних ознак фітоценозів та клімату (Ehrlén & Münzbergová, 2009; Ehrlén & Valdés, 2020; Greise et al., 2020), що, відповідно, дозволяє розглядати його як інформативного індикатора щодо стану лісових екосистем.

Мета роботи – установити та проаналізувати онтогенетичну й віталітетну структури популяцій *L. vernus*

Ознаки лісових фітоценозів, охоплених вивченням

№ популяції	Фітоценоз		Вік деревостану, років	Режим користування/охорони
	асоціація за системою Браун-Бланке	асоціація за домінантною системою (за В. Альохіним)		
1	<i>Carici pilosae-Carpinetum</i>	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> - <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	55	наявний лісогосподарський менеджмент
2	<i>Polygonato multiflori-Quercetum petraeae</i>	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	100-110	праліс, антропогенний вплив відсутній
3	<i>Dentario glandulosae-Fagetum</i>	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> - <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	150-160	наявний лісогосподарський менеджмент
4	<i>Brachypodio sylvaticae-Quercetum petraeae</i>	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Asarum europaeum</i>	140-150	праліс, антропогенний вплив відсутній
5	<i>Galeobdolini luteae-Carpinetum</i>	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> - <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	140-150	наявний лісогосподарський менеджмент
6	<i>Lamio-Quercetum</i>	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Prunus cerasus</i> - <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola reichenbachiana</i>	100-110	наявний лісогосподарський менеджмент

у лісових фітоценозах Геттінгенського лісу, розташованого на півдні Нижньої Саксонії Німеччини.

Матеріали і методи досліджень. Вивченням було охоплено шість популяцій *L. vernus*. Фітоценози, у яких вони зростають, відрізняються між собою за віком, характером менеджменту та природоохоронним режимом (табл. 1).

У лісах, охоплених вивченням, проводились повні геоботанічні описи (Yakubenko et al., 2020). У межах досліджуваних фітоценозів за випадковою системою розташовувались облікові ділянки площею 0,25 м² на кожній із яких визначали загальну кількість особин *L. vernus* та кількість рослин різних онтогенетичних станів: р – проростків, j – ювенільних рослин, im – іматурних, v – віргінільних, g₁ – молодих генеративних, g₂ – середньогенеративних, g₃ – старих генеративних, ss – субсенільних, s – сенільних. Узагальнення результатів оцінки онтогенетичної структури здійснювалось на основі загальноприйнятих підходів, при реалізації яких визначався онтогенетичний спектр та його провідні характеристики (повнота, симетричність), розраховувались онтогенетичні індекси та встановлювалась належність кожної популяції до певної онтогенетичної категорії (Zlobin et al., 2022).

Окрім того, у кожному із фітоценозів було відібрано 50–30 особин *L. vernus*, які знаходилися в однаковому онтогенетичному стані, а саме – у стадії середніх генеративних рослин g₂, та проведено їхній морфометричний аналіз із урахуванням 16 морфопараметрів (табл. 2).

З опорою на результати морфометричного аналізу був здійснений віталітетний аналіз. Він реалізовувався у повній відповідності до алгоритму, визначеному Ю.А. Злобіним (Zlobin et al., 2022). Насамперед, на основі кореляційного та факторного аналізів, для кожної із популяцій *L. vernus*, було виявлено ключові (визначальні щодо рівня життєвості) морфопараметри (табл. 3). На основі цих морфопараметрів оцінювався рівень віталітету (життєвості) кожної особини

Таблиця 2

**Параметри, за якими проводилася оцінка
фітопопуляцій *Lathyrus vernus***

№ з/п	Найменування параметру	Умове позначення та розрахункова формула	Розмірність
<i>Статичні метричні морфопараметри</i>			
1	Загальна фітомаса рослини	W	г
2	Фітомаса листків	WI	г
3	Висота рослини	h	см
4	Фітомаса генеративних органів	Wg	г
5	Кількість листків	NI	шт
6	Кількість квіток	Nfl	шт
7	Площа листової поверхні	A	см ²
8	Середня площа окремого листка	al	см ²
9	Діаметр стебла	d	см
<i>Статичні алометричні морфопараметри</i>			
10	Площа листків на одиницю фітомаси	LAR = A / W	см ² /г
11	Фотосинтетичне зусилля	LWR = WI / W	г/г
12	Відносний приріст	hWR = h / W	см/г
13	Відношення листової поверхні до діаметра стебла	AdR = A / 10d	см ² /мм
14	Співвідношення між висотою рослини та діаметром стебла	hdR = h / d	см/см
15	Репродуктивне зусилля 1	RE1 = (Wg / W) × 100	%
16	Репродуктивне зусилля 2	RE2 = (Wg / A) × 100	%

L. vernus. За репрезентованістю рослин вищого (класу а), проміжного (класу b), нижчого (класу c) життєвості, визначалась віталітетна структура популяцій, розраховувався індекс якості Q та встановлювалась належність популяцій до певних якісних груп (процвітаючих, врівноважених, депресивних).

Таблиця 3
Перелік ключових морфопараметрів для популяцій *Lathyrus vernus*

№ популяції	Перелік ключових морфопараметрів ¹
1	A, AdR, al
2	W, WI, A
3	W, WI, h
4	W, Wg, WI
5	LAR, al, AdR
6	LAR, al, AdR

Примітка: умовні позначення морфопараметрів відповідають таблиці 2

У процесі комплексної оцінки стану популяцій *L. vernus* розрахункові процедури здійснювались на основі широкого застосування комп'ютерних програм: пакету SPSS та авторських розробок Ю.А. Злобіна (ANONS, VITAL) (Tsarenko et al., 2000; Zlobin et al., 2022).

Результати. Усі досліджувані популяції *L. vernus* виявились неповними за онтогенетичною структурою. При цьому в популяції № 4 відсутні лише проростки і ювенільні рослини, у складі популяції № 1 репрезентовано лише віргінільних та молоді генеративні особини.

Лівосторонній онтогенетичний спектр, який вказує на сприятливі умови для відновлювального процесу, притаманний виключно популяції № 6: у ній частка догенера-

тивних рослин досягає 60%, з яких віргінільних – 53,33%. Популяція № 1 рівною мірою (по 50%) сформована із віргінільних та молодих генеративних особин. Інші чотири популяції мають ярко виражені центровані спектри, які відзначаються переважанням генеративних особин: в популяції № 2 їхня частка становить 64,0%, в популяції № 3 – 61,9%, № 4 – 82,35% і № 5 – 89,71% (табл. 4).

Таблиця 4
Онтогенетичні спектри популяцій *Lathyrus vernus*

Онтогенетичні стани	Популяції та частка (%) рослин різних онтогенетичних станів у їхньому складі					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
j	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
im	0,00	8,00	9,52	5,88	0,00	6,67
v	50,00	12,00	9,52	2,94	10,29	53,33
g ¹	50,00	16,00	19,05	8,82	20,59	33,33
g ²	0,00	48,00	42,86	44,13	44,12	0,00
g ³	0,00	0,00	0,00	29,41	25,00	0,00
ss	0,00	4,00	4,76	2,94	0,00	6,67
s	0,00	12,00	14,29	5,88	0,00	0,00
Разом	100	100	100	100	100	100

Аналіз узагальнюючих онтогенетичних індексів підтверджує, що саме популяція № 6 має найвищий індекс відновлюваності (60,00%), що в 1,8 рази перевищує індекс генеративності (за І. М. Коваленком). Ця ж популяція має найвищі індекси відновлюваності за Л. О. Жуковою – М.В.Глотовим (0,64) та за Л.І. Воронцовою (180,0%) (табл. 5). Вона належить до молодих (за Л. А. Животовським) з низькими індексами старіння та віковості (табл. 6). Досить високими показниками індексу відновлюваності вирізняється й популяція № 1.

Таблиця 5
Значення онтогенетичних індексів популяцій *Lathyrus vernus*

Онтогенетичні індекси		Од. виміру	Популяції					
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
за І.М. Коваленком	Індекс відновлюваності	%	50,00	20,00	19,05	8,82	10,29	60,00
	Індекс старіння	%	0,00	16,00	19,05	38,24	25,00	6,67
	Індекс генеративності	%	50,00	64,00	61,90	82,35	89,71	33,33
	Індекс віковості	-	0,00 (переважають інвазійні процеси)	0,80 (переважають інвазійні процеси)	1,00 (переважають інвазійні процеси)	1,33 (переважають процеси деградації)	2,43 (переважають процеси деградації)	0,11 (переважають інвазійні процеси)
за Л. О. Жуковою – М. В. Глотовим	Індекс відновлюваності	-	0,50	0,24	0,24	0,10	0,10	0,64
	Індекс старіння	-	0,00	0,16	0,19	0,09	0,00	0,07
	Індекс заміщення	-	1,00	0,25	0,24	0,10	0,11	1,50
за Л. І. Воронцовою	Індекс відновлюваності	%	100,00	31,25	30,77	10,71	11,48	180,00
за А.О. Урановим	Індекс віковості	Δ	0,19	0,45	0,46	0,54	0,47	0,22
за Л.А. Животовським	Індекс ефективності	ω	0,60	0,71	0,68	0,79	0,84	0,53

Різноманітність популяцій *Lathyrus vernus* за онтогенетичними типами

Тип популяції	Популяції					
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
За Т.О. Работновим	інвазійна	норм.	норм.	норм.	норм.	інваз.
За Л. О. Жуковою	нормальна	норм.	норм.	норм.	норм.	норм.
За Л.А. Животовським	молода	зріла	перехідна	зріла	зріла	молода

Таблиця 7

Віталітетна структура популяцій *Lathyrus vernus*

№ популяції	Відносна частка рослин певного класу віталітету			Значення індексу якості (Q)	Віталітетний тип популяції	Статистична достовірність оцінки (%)
	вищого класу (a)	проміжного класу (b)	нижчого класу (c)			
№ 1	0,3667	0,1333	0,5000	0,2500	врівноважена	80
№ 2	0,2000	0,3333	0,4667	0,2667	врівноважена	80
№ 3	0,3333	0,1111	0,5556	0,2222	врівноважена	70
№ 4	0,2333	0,1667	0,6000	0,2000	врівноважена	60
№ 5	0,5667	0,0333	0,4000	0,3000	врівноважена	97
№ 6	0,4194	0,0645	0,5161	0,2419	врівноважена	80

Інші чотири популяції мають індекси відновлюваності набагато нижчі від індексів генеративності (за І.М. Коваленком): в популяції № 2 – у 3,2 рази, № 3 – у 3,2 рази, № 4 – у 9,3 рази, № 5 – у 8,7 рази. Ці популяції також мають найнижчі індекси відновлюваності за Л.О. Жуковою – М.В. Готовим та за Л.І. Воронцовою. Аналіз показав, що популяція *L. vernus* № 3 є перехідною, а № 2, 4 і 5 – зрілими (за Л.А. Животовським), з високими індексами старіння і віковості.

Віталітетним аналізом встановлено, що усі досліджувані популяції *L. vernus* є врівноваженими з індексом якості (Q) від 0,2000 до 0,3000 (табл. 7). Встановлено, що найвищий індекс якості має популяція *L. vernus* № 5 (Q = 0,3000). На другому місці знаходиться популяція № 2, з індексом якості популяції Q = 0,2667, яка має набагато більшу частку рослин проміжного класу віталітету. Найнижчі показники індексу якості Q (на рівні 0,2000) зареєстровані в популяції № 4, у складі якої частка рослин найнижчого рівня життєвості сягає 60%.

Обговорення. Результати проведеного аналізу свідчать, що популяції *L. vernus* в букових фітоценозах Геттінгенського лісу є досить подібними за ознаками віталітетної структури. При цьому праліси вирізнялись найменшою репрезентованістю особин найвищого рівня віталітету, частка яких знижена до 20,0–23,3%. У старих лісах, де впроваджено лісгосподарський менеджмент, їхня частка є у 1,4–2,4 рази більшою: на рівні 33,3–56,7%. Вищенаведені дані підтверджують кореляцію між еколого-ценотичними чинниками та станом трав'янистих популяцій лісових видів (Sherstuk, 2016, 2017).

В ознаках онтогенетичної структури проявились значно більші відмінності при варіюванні значень індексу відновлюваності від 8,82 до 60,0%, генеративності – від 33,33 до 82,35%, індексу старіння – від 0 до 38,24% (за І.М. Коваленком). У пралісах значення індексу відновлюваності дорівнювали 8,82–20,0% (розмах варіювання становить 11,18%), генеративності – 64,00–82,35% (розмах варіювання 18,35%), старіння – 16,00–38,24% (розмах варіювання 22,24%). У старих лісах, де впроваджено

лісгосподарський менеджмент, значення цих показників, відповідно, дорівнювали: 10,29–60,0% (розмах варіювання 49,71%), генеративності – 33,33–89,71% (розмах варіювання 56,38%), старіння – 6,67–25,00% (розмах варіювання 18,33%). Отже, на тлі лісгосподарського менеджменту реєструється суттєве збільшення діапазону варіювання значень індексів відновлюваності та генеративності, та у підсумку, прояв репрезентованості популяцій різних онтогенетичних типів: молодих, перехідних, зрілих. Популяції із пралісових фітоценозів є виключно «зрілими».

Наведені факти про віталітетну та онтогенетичну структуру вказують на те, що *L. vernus* є видом, чутливим не тільки до зміни еколого-ценотичних ознак фітоценозів, над чим фокусувалися попередні дослідження (Ehrlén & Münzbergová, 2009; Ehrlén & Valdés, 2020; Greise et al., 2020), а й до системи лісгосподарського менеджменту та особливостей режимів охорони, які запроваджуються в пралісах.

Висновки. Результати оцінки онтогенетичної та віталітетної структури, свідчать, що умови Геттінгенського лісу, розташованого на півдні Нижньої Саксонії (Німеччина), загалом є сприятливими для формування та функціонування популяцій *L. vernus*. Це твердження ґрунтується на тому, що у межах зазначеного лісового масиву не виявлені популяції *L. vernus* у складі онтогенетичних спектрів яких найбільшу частку складали б постгенеративні рослини та популяції, які б за ознаками віталітетної структури належали до депресивних. У свою чергу, закономірна зміна популяційних ознак *L. vernus* залежно від системи лісгосподарського менеджменту, особливостей режимів охорони, у подальшому робить актуальним розробку системи керування фітоценозами Геттінгенського лісу, спрямованої на зростання рівня життєвості рослин та формування «процвітаючих» популяцій *L. vernus*, які репрезентують найвищу якісну категорію за ознаками віталітетної структури та зазвичай вирізняються найліпшими показниками продуктивності, здатності до реалізації адаптаційного потенціалу, сталого й довготривалого існування у складі фітоценозів.

Бібліографічні посилання:

1. Albert, M., Nagel, J., Schmidt, M., Nagel, R.-V. & Spellmann, H. (2021). Eine neue Generation von Ertragstafeln für Eiche, Buche, Fichte, Douglasie und Kiefer. [A new generation of yield tables for oak, beech, spruce, Douglas fir, and pine] doi: 10.5281/zenodo.6343907 (in German)
2. Buresch, M., Evers, J., Hamkens, H., Meesenburg, H., Nagel, R.-V., Paar, U., Spellmann, H. & Suttmöller, J. (2023). Grundlagen der klimaangepassten Baumartenempfehlung. In: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Regionale Waldbauplanung in Sachsen-Anhalt als Beitrag zur Klimafolgenanpassung und nachhaltigen Sicherung der Waldfunktion, Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, [Fundamentals of climate-adapted tree species recommendation. In: Northwest German Forestry Research Institute, Regional forest planning in Saxony-Anhalt as a contribution to climate adaptation and sustainable assurance of forest functions, Contributions from the Northwest German Forestry Research Institute] Bd. 21. Universitätsverlag Göttingen, 47–64. doi: 10.17875/gup2023-2399 (in German)
3. Didukh, Ya. P. (2018). Biotop yak systema: struktura, dynamika, ekosystemni posluhy [Biotope as a system: structure, dynamics, ecosystem services]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 75, 5, 405–420 (in Ukrainian).
4. Ehrlén, J. & Münzbergová, Z. (2009). Timing of flowering: opposed selection on different fitness components and trait covariation. *The American Naturalist*, 173 (6), 819–830. doi: 10.1086/598492
5. Ehrlén, J. & Valdés, A. (2020). Climate drives among-year variation in natural selection on flowering time. *Ecology Letters*, 23 (4), 653–662. doi: 10.1111/ele.13468
6. Glatthorn, J., Appleby, S., Balkenhol, N., Kriegel, P., Likulunga, L. E., Lu, J. Z. & Ammer, C. (2023). Species diversity of forest floor biota in non-native Douglas-fir stands is similar to that of native stands. *Ecosphere*, 14(7), e4609. doi: 10.1002/ecs2.4609
7. Greiser, C., Hylander, K., Meineri, E., Luoto, M. & Ehrlén, J. (2020). Climate limitation at the cold edge: contrasting perspectives from species distribution modelling and a transplant experiment. *Ecography*, 43(5), 637–647. doi: 10.1111/ecog.04490
8. Hamann, A., Roberts, D. R., Quinn E., Barber, Q. E., Carroll, C. & Nielsen, S. E. (2015). Velocity of climate change algorithms for guiding conservation and management. *Global Change Biology* 21, 997–1004. doi: 10.1111/gcb.12736
9. Havrylenko, O. P. (2019). Konflikty pryrodokorystuvannia v konteksti vtraty ekosystemnykh posluh [Nature use conflicts in the context of loss of ecosystem services]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnogo universytetu. Seriya: Heohrafichni nauky*, (10), 101–106 (in Ukrainian).
10. Iskender, N. Y., Yaylı, N., Yasar, A. & Çoskunçelebi, K. (2009). Volatile constituents of the flower, leaf and stem of *Lathyrus vernus* (L.) grown in Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 21(8), 6290-6294.
11. Kimengsi, J.N., Owusu, R. & Charmakar, S. (2023). A global systematic review of forest management institutions: towards a new research agenda. *Landsc Ecol* 38, 307–326 doi: 10.1007/s10980-022-01577-8
12. Kölling, C. & Mette T. (2022). Wälder im Klimawandel – Neues Klima erfordert neue Baumarten. [Forests in Climate Change - New Climate Requires New Tree Species] In: K. Berr und C. Jenal (Hrsg.), *Wald in der Vielfalt möglicher Perspektiven, Raum Fragen: Stadt – Region – Landschaft*, Springer VS Verlag. doi: 10.1007/978-3-658-33705-6_7 (in German)
13. Lieven S., Fasse F. & Nagel R.-V. (2023). Alternative Baumarten – ein Lösungsbeitrag für die Klimaanpassung? In: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.), *Regionale Waldbauplanung in Sachsen-Anhalt als Beitrag zur Klimafolgenanpassung und nachhaltigen Sicherung der Waldfunktion, Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt*. [Alternative Tree Species – a Contribution to Climate Adaptation? In: Northwest German Forestry Research Institute (Ed.), *Regional Forest Development Planning in Saxony-Anhalt as a Contribution to Climate Change Adaptation and Sustainable Assurance of Forest Function, Contributions from the Northwest German Forestry Research Institute*] Bd. 21. Universitätsverlag Göttingen, 175–186. doi: 10.17875/gup2023-2406 (in German)
14. Mette, T., Brandl, S. & Kölling, C. (2021). Climate Analogues for Temperate European Forests to Raise Silvicultural Evidence Using Twin Regions. *Sustainability* 2021, 13, 6522. doi: 10.3390/su13126522
15. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.) (2023). Regionale Waldbauplanung in Sachsen-Anhalt als Beitrag zur Klimafolgenanpassung und nachhaltigen Sicherung der Waldfunktion. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, [Regional Forest Development Planning in Saxony-Anhalt as a Contribution to Climate Change Adaptation and Sustainable Assurance of Forest Functions. Contributions from the Northwest German Forestry Research Institute] Bd. 21. Universitätsverlag Göttingen, 211. doi: 10.17875/gup2023-2394 (in German)
16. Östergård, H., Hambäck, P. A. & Ehrlén, J. (2007). Pre-dispersal seed predation: the role of fruit abortion and selective oviposition. *Ecology*, 88(12), 2959-2965. doi: 10.1890/07-0346.1
17. Pretzsch H., del Río M., Biber P., Arcangeli C., Bielak K., Brang P., Dudzinska M., Forrester D.I., Klädtke J., Kohnle U., Ledermann T., Matthews R., Nagel J., Nagel R., Nilsson U., Ningre F., Nord-Larsen T., Wernsdörfer H. & Sycheva E. (2019). Maintenance of long-term experiments for unique insights into forest growth dynamics and trends: Review and perspectives. *European Journal of Forest Research*, 138(1), 165–185. doi: 10.1007/s10342-018-1151-y
18. Regionale Waldbauplanung in Sachsen-Anhalt als Beitrag zur Klimafolgenanpassung und nachhaltigen Sicherung der Waldfunktion (2023). [Regional Forest Development Planning in Saxony-Anhalt as a Contribution to Climate Change Adaptation and Sustainable Assurance of Forest Functions] Göttingen: Universitätsverlag Göttingen. doi: 10.17875/gup2023-2394 (in German)
19. Sherstiuk, M. (2017). The analysis of vitality structure of *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton cenopopulations in forest phytocenoses of the Novgorod-Sivers'k Polissia. *Science Rise: Biological Science*, (1 (4), 40–45. doi: 10.15587/2519-8025.2017.94019
20. Sherstuk, M. (2016). Morphometric Parameters *Oxycoccus palustris* Pers. in Palustre and Palustre Forest Phytocenoses of Ukrainian Polissya. *Notes in Current Biology*, (7(332), 78–83. doi: 10.29038/2617-4723-2016-332-7-78-83

21. Shuai Ma, Hui-Yong Wang, Xiaomian Zhang, Liang-Jie Wang & Jiang Jiang, A. (2022). nature-based solution in forest management to improve ecosystem services and mitigate their trade-offs, *Journal of Cleaner Production*, 351, 131557, ISSN 0959-6526, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131557
22. Skliar, V. & Sherstuk, M. (2016). Size structure of phytopopulations and its quantitative evaluation. *EUREKA. Life Sciences*, (1), 9-15. doi: 10.21303/2504-5695.2016.00047
23. Skliar, V., Kovalenko, I., Skliar, Iu. & Sherstuk, M. (2019). Vitality structure and its dynamics in the process of natural reforestation of *Quercus robur* L. *AgroLife Scientific Journal*, 8 (1).
24. Skliar, V., Kyrylchuk, K., Tykhonova, O., Bondarieva, L., Zhatova, H., Klymenko, A., Bashtovyi, M. & Zubtsova, I. (2020). Ontogenetic structure of populations of forest-forming species of the Left-Bank Polissya of Ukraine. *Baltic Forestry*, 26(1). doi: 10.46490/BF441
25. Skliar, V., Sherstuk, M. & Skliar, Iu. (2016). Algorithm of comprehensive assessment of individual's morphological integration of plants contrast biomorfs. *QUAERE 2016* (vol. VI.): Interdisciplinary Scientific Conference for PhD students and assistance, 393–403
26. Skliar, V.H. (2013). Dynamika vitalitetnykh parametriv populatsii lisoutvoriuvalnykh vydiv Novhorod-Siverskoho Polissia: teoretychni zasady ta sposoby otsinky [Dynamics of vital parameters of populations of forest-forming species of Novgorod-Siverskyi Polissia: theoretical principles and methods of assessment.]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 70 (5), 624-629 (in Ukrainian).
27. Koskela, T., Karppinen, H., Forest Owners' Intention to Safeguard Forest Biodiversity (2023). An Application of the Theory of Planned Behavior, *Forest Science*. doi: 10.1093/forsci/xfad044
28. Thomas, J., Brunette, M. & Leblois, A. (2022). The determinants of adapting forest management practices to climate change: Lessons from a survey of French private forest owners, *Forest Policy and Economics*, Volume 135, 2022. doi: 10.1016/j.forpol.2021.102662
29. Tsarenko, O. M., Zlobin, Yu. A., Skliar, V.H. & Panchenko, S. M. (2000). *Kompiuterni metody v silskomu hospodarstvi ta biolohii*. [Computer methods in agriculture and biology]. *Universytetska knyha*, Sumy, 203 (in Ukrainian)
30. Zúmr, V., Nakládal, O., Bílek, L. & Remeš, J. (2023). The diameter of beech snags is an important factor for saproxylic beetle richness: Implications for forest management and conservation, *Forest Ecosystems*, Volume 10, 100143. doi: 10.1016/j.fecs.2023.100143
31. Valdés, A., Ehrlén, J. (2021). Plant–animal interactions mediate climatic effects on selection on flowering time. *Ecology*, 102 (9). doi: 10.1002/ecy.3466
32. Yakubenko, B. Ye., Popovych, S. Yu., Ustymenko, P. M., Dubyna, D. V. & Churilov, A. M. (2020). *Heobotanika: metodychni aspekty doslidzhen* [Geobotany: methodological aspects of research], 316. (in Ukrainian).
33. Zhezhkun, I. M. (2021). Stan ta perspektyvy vykorystannia v Ukraini ekosystemnykh posluh lisiv [Status and prospects of use of ecosystem services of forests in Ukraine]. *Materialy Tretoi Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Yevrointehratsiia ekolohichnoi polityky Ukrainy»*. Odesa, Odeskyi derzhavnyi ekolohichnyi universytet. 201, 110 (in Ukrainian).
34. Zlobin, Yu. A., Skliar, V. G. & Klymenko, G. O. (2022) *Biologiya ta ekologiya fitopopulatsii* [Biology and ecology of phytopopulations] Sumy: Universytetska knyha, 512 (in Ukrainian).
35. Zoric, L., Merkulov, L., Lukovic, J., Boza, P. & Krstic, B. (2011). Evaluation of forage quality of *Lathyrus* L. species based on histological characteristics. *Acta Agronomica Hungarica*, 59 (1), 47–55. doi: 10.1556/AAgr.59.2011.1.5

Yaroshenko N. P., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

The assessment of ontogenetic and vitality structures of populations of *Lathyrus vernus* (L.) Bernh in the Göttingen forest (Lower Saxony, Germany)

In today's world, the issues of biodiversity conservation and climate change mitigation are closely interconnected. They involve the implementation of a set of measures aimed at preventing the loss of forest resources in individual regions and the planet as a whole. In this context, understanding the characteristics and patterns of populations of forest plants, including those forming the herbaceous layer, becomes crucial. The purpose of this publication was to establish and analyze the ontogenetic and vitality structures of populations of *Lathyrus vernus* (L.) Bernh in the forest phytocenoses of the Göttingen Forest, located in southern Lower Saxony, Germany. Six populations were studied, which grew in phytocenoses differing in age, management practices, and nature conservation regimes. The ontogenetic and vitality structures of *L. vernus* populations were studied according to commonly accepted approaches. Vitality analysis indicated that all studied populations of *L. vernus* are balanced, with a quality index (Q) ranging from 0.2000 to 0.3000. Primary forests showed the least representation of individuals with the highest vitality level, accounting for 20.0–23.3%. In old forests under forest management, their share is 1.4–2.4 times higher, ranging from 33.3% to 56.7%. It was found that all studied populations have incomplete ontogenetic structures. Four populations have well-defined centered spectra, characterized by the predominance of generative individuals. In general, in terms of ontogenetic structure, populations showed significantly greater differences compared to vitality structure, with variations in the values of the regeneration index from 8.82% to 60.0%, generativity from 33.33% to 82.35%, and aging index from 0 to 38.24% (according to I.M. Kovalenko). Against the background of forest management application, a significant increase in the range of values for regeneration and generativity indices was recorded, and, as a result, the representation of populations of different ontogenetic types: young, transitional, mature. Populations from primeval phytocenoses were exclusively "mature." The objectively established facts about the vitality and ontogenetic structure confirm that *L. vernus* is a species sensitive not only to changes in ecologo-cenotic features of phytocenoses but also to the forest management system and the peculiarities of protection regimes implemented in primeval forests. The results of the assessment of ontogenetic and vitality structures indicate that the conditions of the Göttingen Forest, located in southern Lower Saxony, Germany, are favorable for the formation and functioning of *L. vernus* populations.

Key words: population analysis, beech forests, Göttinger Wald, vitality analysis.

НОТАТКИ