

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-Трієдорф (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 1 (47), 2022

ЗМІСТ

Wu Liuliu, Zhatova Halyna. Study of winter wheat collection for developing initial material with low Cd-uptake.....	3
Алмашова В. С., Скок С. В. Ефективність використання біологічних та рiстрегулюючих препаратiв для вирощування сiльськогосподарських культур у зонi пiвденного степу України.....	11
Бiднина І. О. Оптимiзацiя агротехнiчних заходiв вирощування сiльськогосподарських культур у зонi дiї Інгупецької зрошувальної системи.....	18
Васильєв С. В. До бiологiї зеленої яблуневої попелицi (<i>Aphis pomi</i>) та яблуневої листкової галицi (<i>Dasineura mali</i>) – основних фiлофагiв яблунi на крапельному зрошеннi у сiвдному лiсостепу України.....	24
Вiнiчук М. М. Надходження окремих мiкроелементiв у бульби картоплi сорту Джеллi при позакореновому її пiдживленнi на землях, забруднених радiонуклiдами.....	33
Гаврилюк В. А., Мелимука Р. Я. Емiсiя вуглекислого газу та мiкробiологiчна активнiсть ґрунтiв за рiзного сiльськогосподарського призначення в умовах Захiдного Полiсся.....	42
Ємець О. М., Деменко В. М., Бурдуланюк А. О., Рожкова Т. О., Татарінова В. І. Хохуля звичайна (<i>Desmana moschata</i> L.) – релiктовий комахоїд рiонального ландшафтного парку «Сеймський».....	48
Єсіпова Н. Б., Шарамок Т. С. Адаптивнi змiни в клiтинах кровi риб в умовах хронiчної iнтотоксикацiї.....	58
Іванiна В. В., Пашинська К. Л. Вплив систем удобрення на формування балансу елементiв живлення в посiвах сорго зернового.....	65
Коваленко І. М. Розвиток сталого екологiчно орієнтованого сiльськогосподарського виробництва в умовах глобалiзацiї.....	71
Лавренко С. О., Соболь О. М., Корбич Н. М., Кривий В. В. Напрями та перспективи використання комах-запилювачiв для бiоiндикацiї стану екосистем та змiн клiмату в умовах пiвдня України.....	80
Молдован Ж. А., Молдован В. Г. Вплив позакоренового пiдживлення на формування бiометричних показникiв сої за рiзних рiвнiв мiнерального живлення.....	91
Овчарук В. І., Ткач О. В., Овчарук О. В. Вплив органо-мiнеральних добрив на урожайнiсть коренеплодiв цикорiю та ферментативну дiяльнiсть рослин.....	97
Паламарчук І. І. Порiвняльне оцiнювання сортiв та гiбридiв моркви столової в умовах Правобережного Лiсостепу України.....	102



Видавничий дiм
«Гельветика»
2022

Мельничук С. Д. , д.б.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)	Півторайко В. В. Особливості розвитку шипоносок (<i>Coleoptera: mordellidae</i>) в агроценозі конопляного поля у північно-східному Лісостепу України.....	108
Міщенко Ю. Г. , д.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)	Рожкова Т. О. Шкідливість <i>Fusarium sp.</i> з мікобіоти насіння пшениці озимої.....	119
Оничко В. І. , к.с.-г.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)	Ситник С. А., Ловинська В. М., Грицан Ю. І., Безугла Л. С., Тимошенко О. С., Ковешко І. В. Щільність деревини та кори гілок робінії несправжньоакації байрачного степу України.....	125
Подгасцький А. А. , д.с.-г.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)	Тернавський А. Г., Щетина С. В., Слободяник Г. Я., Кецкало В. В. Урожайність і якість плодів шпалерного огірка залежно від застосування регуляторів росту рослин в умовах Правобережного Лісостепу України.....	132
Скляр В. Г. , д.б.н., професор, Сумський національний аграрний університет (Україна)	Шевченко Л. А., Селінний М. М., Ряхуха Г. І., Кудряшова К. М. Вплив передпосівної инокуляції насіння на продуктивність різних сортів пшениці озимої.....	138
Скляр Ю. Л. , к.б.н., доцент, Сумський національний аграрний університет (Україна)	Яценко В. В., Воробйова Н. В., Кравченко В. С., Вишневська Л. В. Формування продуктивності помідора за післядії абсорбентів	144
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 № 6 від 20.12.2021 р.)

Видавництво і друкарня –
Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса,
вул. Інглєзі, 6/1
Телефони: +38 (048) 709 38 69,
+38 (095) 934-48-28,
+38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої
справи ДК № 6424 від 04.10.2018 р.

Тираж 300 пр.
Зам. № 0622/233

© Сумський національний
аграрний університет, 2022

STUDY OF WINTER WHEAT COLLECTION FOR DEVELOPING INITIAL MATERIAL WITH LOW CD-UPTAKE

Wu Liuliu

PhD student

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Henan Institute of science and technology, Xinxiang, China

ORCID: 0000-0001-2345-6789

wuliu1009qqq@163.com

Zhatova Halyna

PhD (Agricultural Sciences), Professor

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: 0000-0002-8606-6750

gzhatova@ukr.net

Winter wheat is the leading crop in Ukraine and the world and provides the human food needs. The leading breeding institutions of Ukraine are studying wheat collections, which makes it possible to identify sources and donors of necessary breeding traits and involve them in hybridization. For a systematic and successful hybridization programme a thorough understanding of genetic architecture of plant yield and other important economic characters must be achieved. One of the current areas of breeding work is obtaining the source material with low ability to accumulate heavy metals, in particular cadmium. The accumulation of cadmium in the soil leads to its absorption by the root system of plants and intaking in the vegetative and generative organs. Among the crops that have a high ability to actively accumulate cadmium, winter wheat is one of the first places. The minimization of Cd pollution in wheat grain is urgently needed. In many countries technical solutions for decreasing wheat grain cadmium are elaborated. In particular, the methods of conventional breeding (selection, hybridization, pure lines) are used. One of the possible ways to solve this problem is to create breeding varieties, which are characterized by low ability to accumulate this heavy metal. The aim of the study was to establish the breeding value of the collection genotypes of winter wheat of various origins on the base of morphological and productivity traits, isolating and developing on this basis the initial material for breeding. Field experiment was carried out in the research field of Sumy NAU. There were selected 41 varieties representing 7 major breeding centers of wheat in Ukraine. Growth parameters (height) and leaf surface area were analyzed in the wheat varieties. These traits were related to productivity parameters such as 1000 seed weight, grain weight per ear and yield.

Based on the collection analysis, wheat samples, which, along with high yields, had a low Cd uptake (less than 1.2 mg/kg. were isolated. This group includes varieties of Okhtyrchanka Juvileina, Svitanok Myronivskiy, Melody Odes'ka, Kubok, Zorepad, Ovidiy, Shchedra Nyva, Oktava Odes'ka and Slaven. These samples are planned to use for further breeding process.

Key words: winter wheat, collection, valuable breeding traits, low Cd-uptake, initial material.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.1>

Introduction. Creation of sources and donors of selectively important traits, the organization of selection work is based mainly on the world's genetic resources or collections of cultivated plants. Winter wheat is the leading crop in the world as well as in Ukraine and provides the human food needs (Curtis et al., 2002; Lollato et al., 2019; Shewry & Hey, 2015).

Nowadays in the State Register of Plant Varieties, there are more than 460 cultivars of winter wheat. For effective breeding work, the initial material must be studied in detail to meet specific parameters and requirements. The leading breeding institutions of Ukraine are studying wheat collections, which makes it possible to identify sources and donors of necessary breeding traits and involve them in hybridization (Colla & Mackill, 2008; Forster et al., 2014; Hao et al., 2006).

For a systematic and successful hybridization programme a thorough understanding of genetic architecture of plant yield and other important economic characters must be achieved. Thanks to the successful work on the collection study, wheat samples with a high level of homeostaticity, wide

adaptability, group resistance to diseases and with high yield were isolated (Dutta et al., 2015; Slafer et al., 2014).

One of the current areas of breeding work is to obtain a source material with low ability to accumulate heavy metals, in particular cadmium. The minimization of Cd in wheat grain is urgently needed in different regions of the world. (Surabhi, 2015) In many countries technical solutions for decreasing wheat grain cadmium are elaborated. One of the possible way to solve this problem is to create breeding varieties, which are characterized by low ability to uptake this heavy metal (Yue et al., 2018; Zaid et al., 2018).

The aim of the study was to establish the breeding value of the collection genotypes of winter wheat of various origins on the base of morphological and productivity traits, isolating and creating the initial material for breeding. There were studied 41 varieties representing 7 major breeding centers of wheat in Ukraine.

Materials and methods. Field experiment was carried out in the research field of Sumy NAU, which according to the zonal distribution belongs to the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine. The predecessor was peas.

Sowing term was the second decade of September. The study of collection samples was performed according to common methods. Number of repetitions – three times, area of plot was 15 m², placement of plots were consecutive. To solve the tasks phenological observations of plant growth and development, accounting of crop density, plant survival, determining the structure of the crop were carried out according to the “Method of state varietal testing of crops” (Volkodav, 2003). Statistical analysis of yield data was performed using computer programs Microsoft Exel, “Statistica” by the method of variance and correlation analysis.

Results. On the basis of winter wheat varieties grown in the production conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine, the formation of a working collection was carried out. It was based on passport data and the study results at the demonstration site of the Institute of Agriculture of North-East. There were selected 41 varieties representing 7 major breeding centers of wheat in Ukraine, namely: Selection Genetic Institute National Center for Seed Research and Variety Studies (Odesa); Institute of Crop Science named after Yuriev (Kharkiv); Institute of Agriculture (Kyiv); Bila Tserkva experimental breeding station (Bila Tserkva); Institute of Irrigated Agriculture (Kherson), Myronivka Institute of Wheat named after Remeslo, (Myronivka), Ivanivska experimental breeding station (Ivanivka village, Sumy region).

The collection structure of winter wheat varieties according to the originators is presented in Fig.1.

The group of varieties created at Institute of Breeding and Genetic was the most represented in the collection – 17 or 41%. Varieties of the Institute of Crop Science accounted for a high share in the collection – 6 (15%). Ten or less percent accounted on the varieties of the Institute of Soil Science – 4 varieties and Myronivka Institute of Wheat and Ivanivska Research Station for 2 varieties, respectively.

An important characteristic of varieties is the range of their variability in the main indicators of vegetative and generative development, especially plant height, leaf surface area, grain weight from the ear and crop yield.

Plant height is an important agronomic trait for growth and grain yield formation in wheat. Varietal characteristics of crop affected plant height.

This parameter is associated with lodging resistance, growth in the grain number per ear and an improvement in the yield index and thus an increase in grain yield and its quality. To understand relation of different traits to plant height can help breeders select valuable traits more effectively.

The collection structure by plant height is presented in Fig. 2 (2018–2021).

The average value of the indicator was 89.1 cm. The highest values of the average height (more than 1.0 m) were observed in the varieties of Okhtyrchanka Juvilejna (10), Pylypivka Odes'ka (19) and Zaotar (18). The maximum value of the average height was observed in the Rusyava variety (34) – 119.4 cm. Svitank Myronivskiy had the lowest value of 64.1 cm (12). Statistically significant lower values of this indicator (compared to the average for the collection) were characteristic of the varieties Rozkwit (20), Krugozir (39) and Hurt (9).

The photosynthetic surface of both the whole plant and its individual parts is of great importance in the productivity of winter wheat. When creating a hybrid source material, along with the elements of productivity, the formation of the leaf surface is important. Figure 3 shows the structure of the collection according to the index of the crop leaf surface (LSC). In general, this parameter characterizes the ability of the crop to form and maintain optimal leaf surface per unit area. It is currently believed that for most varieties of winter wheat focused on the Forest-Steppe zone, the optimal value of the LSC is 3–4 m²/m². The formation of higher values of the index, as a rule, requires a change in the relationship between groups of chlorophyll in the direction of shade-tolerant chlorophyll “b”. In other cases, the increase in the values of the indicator (due to increasing the crop density or rates of mineral fertilizers) is accompanied by deterioration of the phytosanitary condition of crops and reduced efficiency of photosynthesis.

The average value of the index was 3.48 m²/m², changing from 1.68 in the Zdobna variety (25) to 6.38 in the variety of Alliance (3).

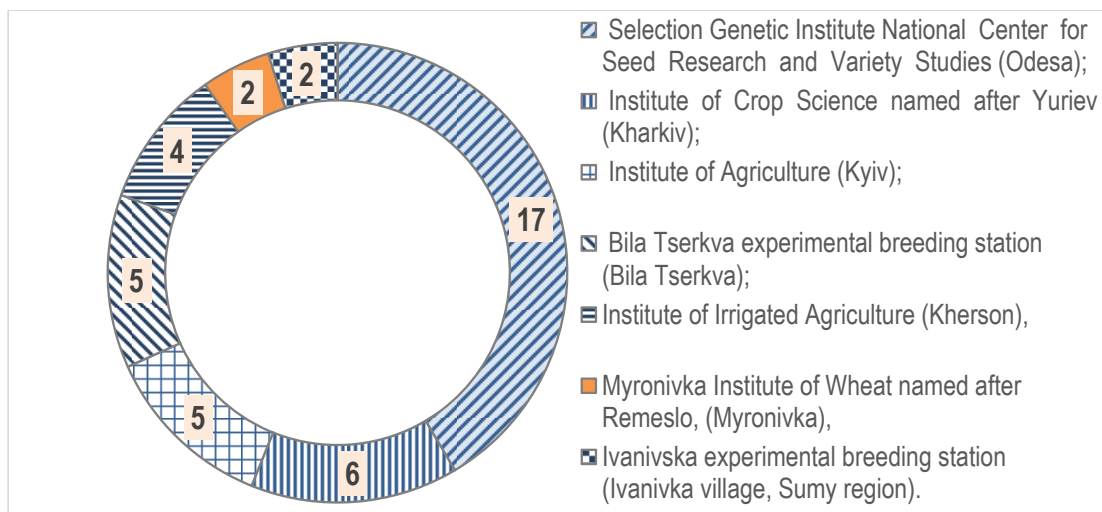


Fig. 1. The collection structure of winter wheat by originator institutions

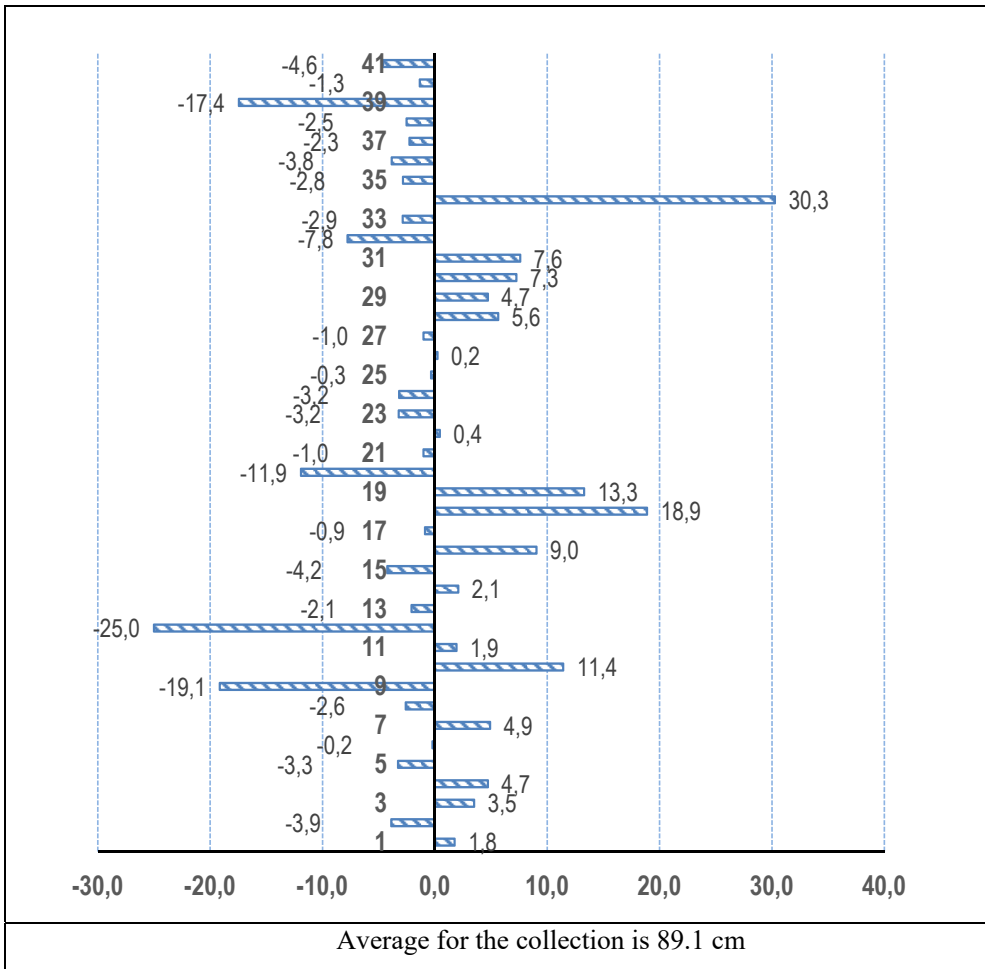


Fig. 2. The collection structure of winter wheat varieties on the base of plant height

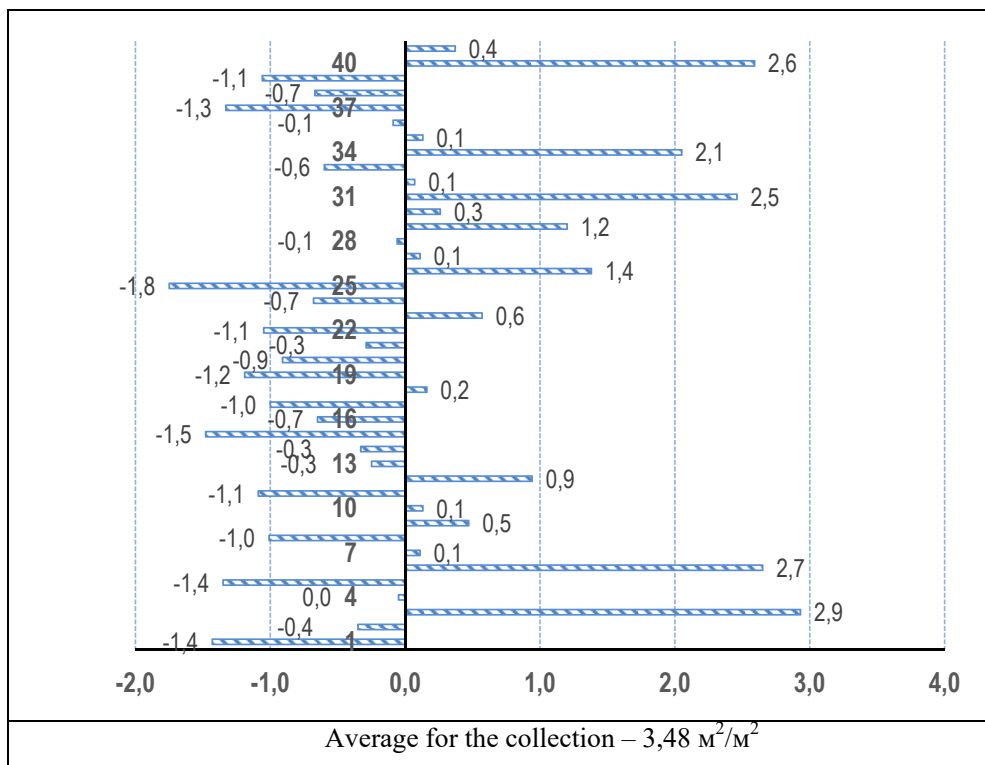


Fig. 3. The structure of the collection of winter wheat varieties according to the index of the crop leaf surface

One of the main selection-controlled parameters of winter wheat is the mass of seeds per ear; it combines the number of seeds and 1000 seeds weight. Taking into account the insignificant level of phenotypic variation of both traits due to their rigid genetic fixation, the characteristics of the collection of varieties, as a rule, involve the identification of groups with different schemes for realizing the genetic potential of plants. At the average value of the ear productivity index for the collection at the level of 1.21 g, the maximum values were observed in the varieties of Zdobna (25), Oberig Myronivskiyi (17) and Osayna (8). In all cases, high values of productivity were provided above the average values of both components. On the contrary, the minimum values were observed in the Hurt (9), Melody Odes'ka (13) and Rozkvit (20) varieties due to a significant decrease in one of the structural indicators of productivity.

Grain yield is a complex trait and it is highly influenced by many genetic factors and environmental fluctuations. A successful selection depends upon the information on the genetic variability and association of morpho-agronomic traits with grain yield.

A generalizing sign of variety breeding value is productivity. Analysis of Figure 5 shows that the average yield of the collection over the years of research was 6.54 t/ha, changing from 5.34 for the Klad variety (22) to 8.04 t/ha for the Khvala variety (23).

Significantly higher (average in the collection) yields were observed in varieties of Alliance (3), Vidrada (7), Okhtyrchanka Juvileina (10), Svitank Myronivskiyi (12), Oberig Myronivskiyi (17), Pylypivka Odes'ka (19), Zdobna (25), Zorepad (28) and Kraevyd (40).

The previous stage of growing winter wheat in the conditions of the analytical background with a concentration of cadmium in the soil of 1.0 g / kg allowed to evaluate the varieties for their ability to uptake this toxic element in the vegetative organs. Data on the cadmium content in aboveground phytomass are presented in Fig. 6. The average cadmium concentration for 41 varieties was 1.40 mg/kg.

The indicator value varied in the range from 2.02 in the variety of Duma Odes'ka (15) to 0.91 mg / kg in the variety of Oktava Odes'ka (37). In addition to the latter variety, the group with the minimum level of cadmium accumulation (less than 1.0 mg / kg) included Svitank Myronivskiyi (12), Melody Odes'ka (13) and Kubok (21). The some varieties also had a statistically lower level of concentration (compared to the average for the collection): Okhtyrchanka Juvileina (10), Zorepad (28), Ovidiy (32), Shchedra Nyva (36), Slaven (41).

The final stage in the formation of the working collection was the creation of groups based on several valuable parameters and assessing the level of intragroup correlations for inter-variety crossings. According to the peculiarities of spatial distribution of varieties, depending on the values of cadmium content and the main parameters of plant productivity, 2 groups of varieties with minimum values of cadmium content (less than 1.2 mg / kg) were formed (Fig. 7).

A group with cadmium values greater than 1.6 mg/kg was also singled out. The first group "A" includes varieties Okhtyrchanka Juvileina (10), Svitank Myronivskiyi (12), Melody Odes'ka (13), Kubok (21), Zorepad (28), Ovidiy (32), Shchedra Nyva (36), Oktava Odes'ka (37) and Slaven (41).

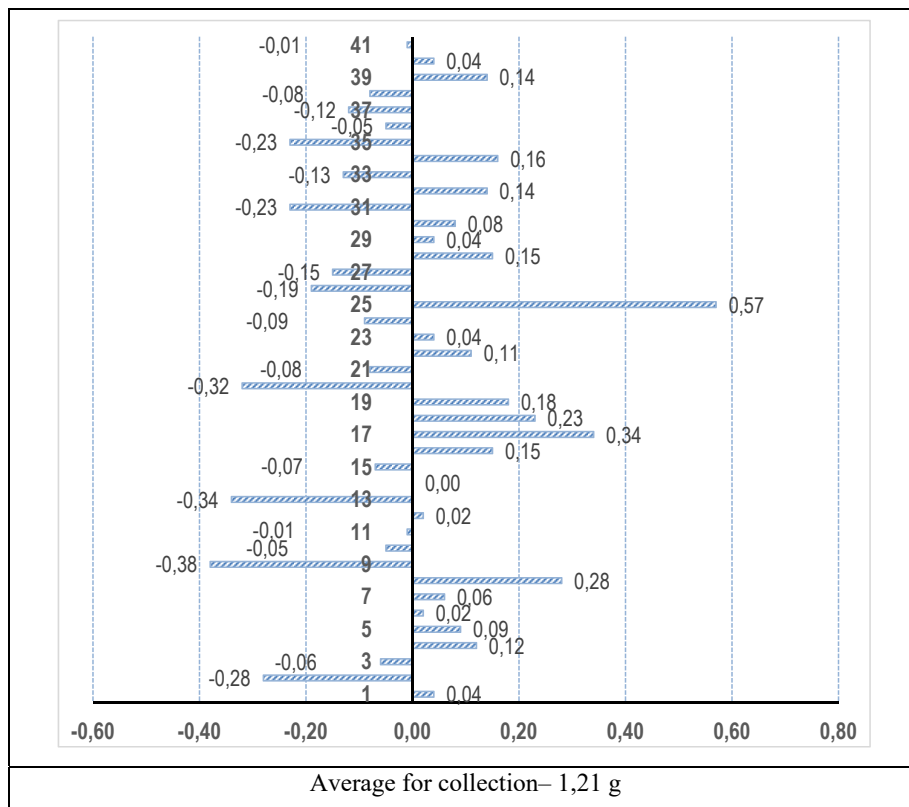


Fig. 4. The collection structure of winter wheat varieties by grain weight per ear, g

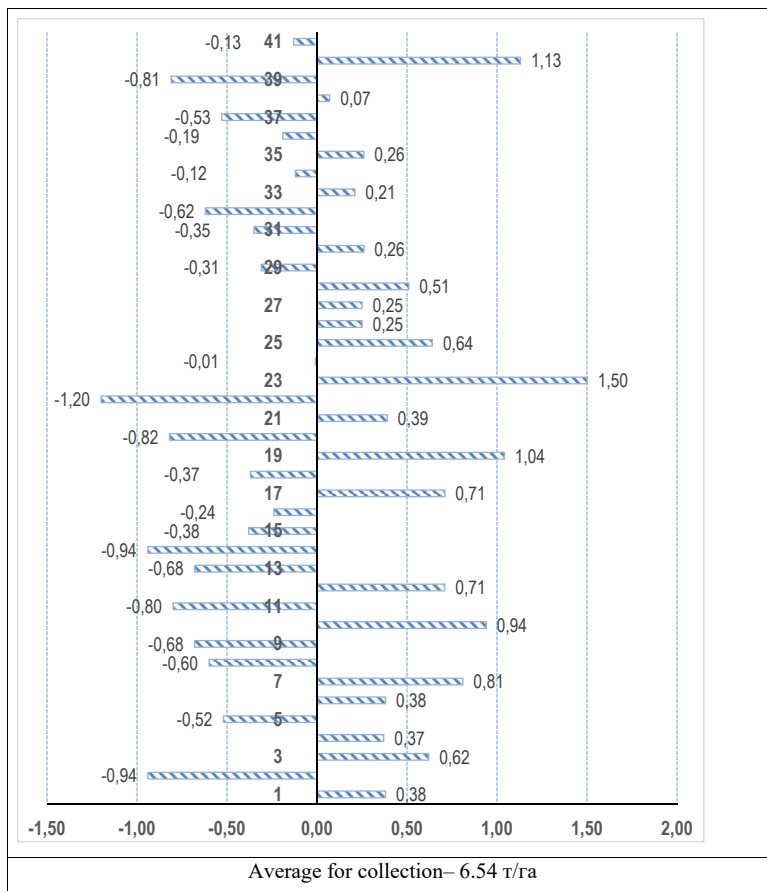


Fig. 5. The collection structure of winter wheat varieties on the base of yield

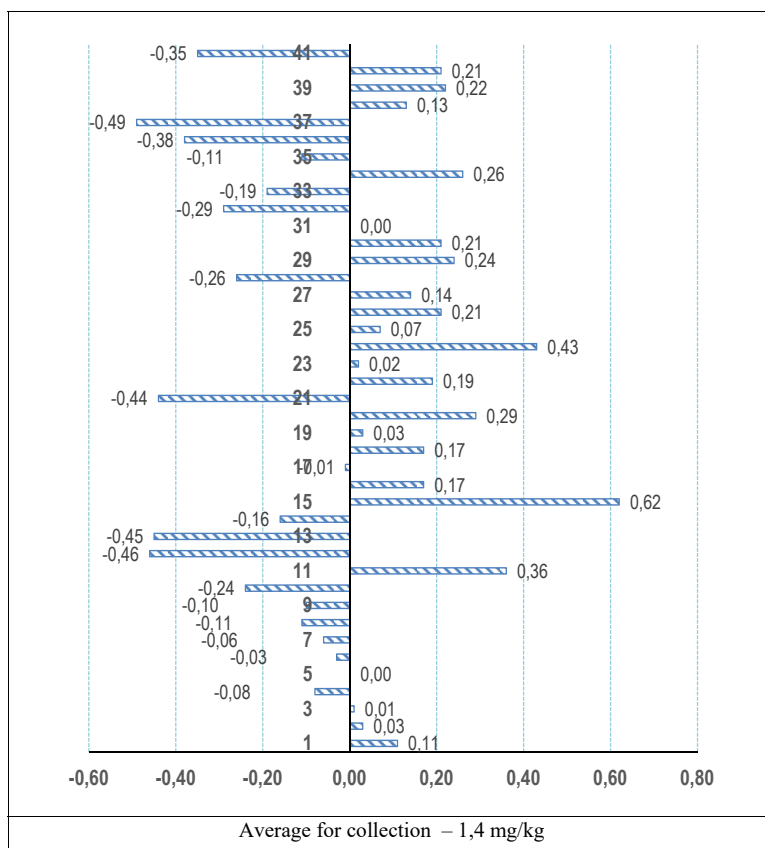


Fig. 6. The collection structure of winter wheat varieties based on the ability of Cd-uptake

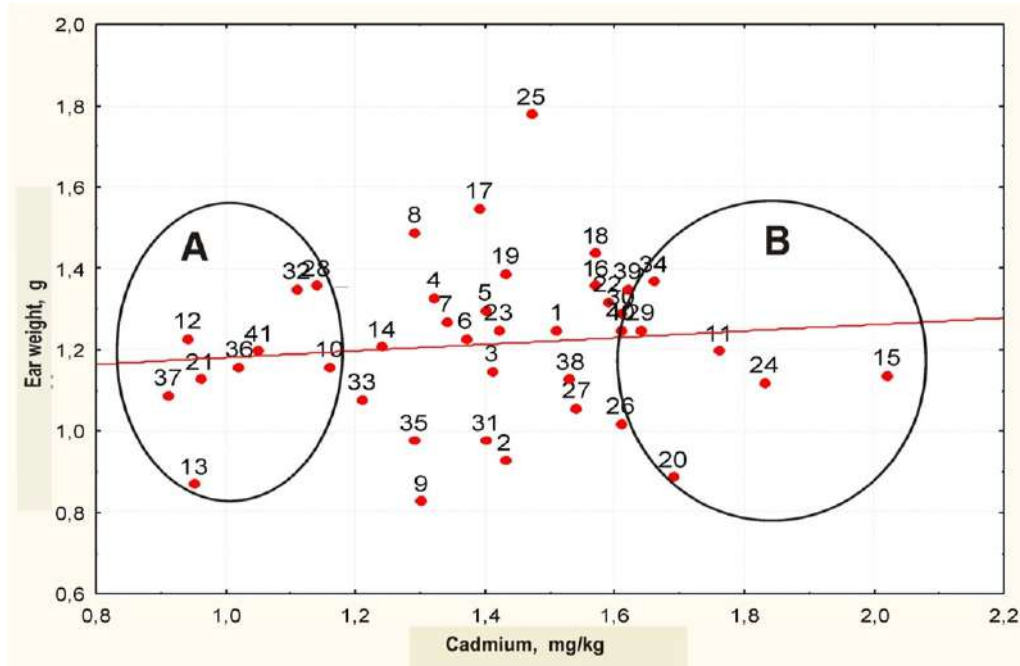


Fig. 7. Spatial placement of varieties based on ear weight (g) and cadmium content, mg / kg: A – group of varieties with low Cd uptake; B – group of varieties with a high level of Cd uptake

Such varieties as Sich (11), Duma (15), Rozkvit (20), Kantata (24) and Rusyava (34) were included in group “B” with the maximum values. It should be noted that some high-yielding varieties, namely 25, 8, 17, 18 and 19 were characterized by average cadmium content (1.3–1.5 mg/kg) and were not included in the crossing groups.

Discussion. Exceeding amounts of Cd in the environment and soil have negative effect on the wheat growth and yield quality. Conventional and molecular breeding approaches for the crop have been developed to minimize Cd uptake and its toxicity. Modern breeding offer number of tools for plant breeding programs that can be used alongside conventional breeding to create low-uptake Cd varieties (Huang et al., 2008; Surabhi, 2011).

The potential of conventional breeding is still an attractive approach to modifying the Cd uptake of wheat varieties. Use of heterosis as well open new perspectives for decreasing wheat Cd uptake and adapting plants to Cd stresses (Ashrafzadeh & Leung, 2016; Hochman, & Horan, 2018).

However, there are some limitations to low-Cd wheat breeding in particular because of its time-consuming. Besides, genetic improvement process is rather slow (Zaid, 2018).

Wheat species and cultivars vary extensively in their ability to uptake, accumulate, and be tolerate to Cd. (Clarke et al. 2002).

Differences in Cd uptake may depend on the adaptation of various genotypes to environmental and production conditions. Low-Cd wheat varieties are the most effective way to reduce risks that are connected with food consumption (Stolt et al., 2010).

Creating of wheat low-Cd varieties and reducing of Cd accumulation in seeds can be realized by both conventional

and modern breeding methods. In conventional breeding, low-Cd wheat varieties are selected on the base of different parameters (morphological, physiological, or biochemical) that are connected with Cd uptake. To improve the genotypes of Cd-tolerant wheat varieties, intra-specific crosses among superior individuals are usually done, followed by selection in next generations. Common breeding methods, such as mass selection, pure line, and recurrent selection can be effectively used in the development of low-Cd wheat varieties. (Zaid et al., 2018) Conventional selections are dependent upon environmental changes and thus require a widespread field trial, postponing the progress of variety development (Forster et al., 2014).

As a common breeding criterion, about 10 years of significant efforts are needed to breed a variety right from the pre-breeding stage up to commercial release (Collard & Mackill, 2008).

Conventional breeding has been succeeded and considerable breeding progresses benefit has been achieved in many valuable traits, such as yield, its quality, and stress tolerance. Practicing conventional methods for adaptation to abiotic stresses is challenging, as compared to breeding for other plant traits. For each of the abiotic stresses there are various mechanisms of resistance or tolerance, depending on the plant stress-adaptive nature (Slafer et al., 2014; Yue et al., 2018).

Despite these difficulties scientists used to solve this problem (development of low-Cd wheat varieties) by conventional breeding methods, i.e., introduction, selection, and hybridization. (Zaid et al., 2018) As a result, several low-Cd wheat cultivars were developed through conventional breeding approaches. For example, Yue (Yue et al., 2018) studied three wheat varieties under four different Cd

levels. Their results listed JD 8 as a Cd-tolerant sample, containing the lowest Cd content and had less toxicity compared to other ones. Naeem et al. (2016) tested 15 wheat cultivars under Cd concentrations of 15, 30, and 45 μM . The results revealed that Lasani-2008 and Iqbal-2000 exhibited the lowest Cd contents.

Moreover, a large number of conventional breeding studies were carried out to screen out Cd-safe wheat cultivars.

Conclusions. As a result of studying the collection samples of wheat (41 varieties) from different institution-origins, samples with valuable breeding characteristics were identified. Growth parameters (height) and leaf surface area were analyzed in the collection of winter

wheat varieties. These traits were related to productivity parameters such as 1000 seed weight, grain weight per ear and yield.

Based on the analysis of the collection, wheat samples were isolated, which, along with high yields, were characterized by low Cd uptake. Depending on the values of cadmium content and parameters of plant productivity, group of varieties with minimum values of Cd (less than 1.2 mg / kg) was formed. It includes varieties of Okhtyrchanka Juvileina, Svitanok Myronivskiy, Melody Odes'ka, Kubok, Zorepad, Ovidiy, Shchedra Nyva, Oktava Odes'ka and Slaven. It is planned to use these samples for perspective breeding process.

References:

1. Ashrafzadeh, S. & Leung, D.W.M. Development of Cadmium-Safe Crop Cultivars: A Mini Review. *J. Crop Improv.* 2016, 30, 107–117 doi: 10.1080/15427528.2015.1134743
2. Chen Q, Wu FB. Breeding for low cadmium accumulation cereals. *J Zhejiang Univ Sci B.* 2020;21(6):442–459. doi:10.1631/jzus.B1900576
3. Clarke, J. M.; Norvell, W. A.; Clarke, F. R. & Buckley, W. T. (2002) Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci.*, 82, 27–33. doi: 10.4141/P01-083
4. Colla, B. C. & Mackill, D. J. (2008) Marker-assisted selection: An approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 363, 557–572. doi: 10.1098/rstb.2007.2170
5. Curtis, B. C., Rajaram, S. & Gómez Macpherson, H. (2002) Food and Agriculture Organization of the United Nations eds. *Bread wheat: improvement and production.* (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations).
6. Dutta, M., Phogat, B. S., Kumar, S., Kumar, N., Kumari, J., Pandey, A. C. & Bansal, K. C. (2015). Development of core set of wheat (*Triticum spp.*) germplasm conserved in the National Genebank in India. In Y. Ogihara, S. Takumi, & H. Handa (Eds.), *Advances in Wheat Genetics: From Genome to Field* (pp. 33–45). Tokyo: Springer. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55675-6_4
7. Forster, B. P., Till, B. J., Ghanim, A. M. A., Huynh, H. O. A., Burstmayr, H. & Caligari, P. D. S. (2014) Accelerated plant breeding. *CAB Rev.*, 9, 1–16. doi:10.1079/PAVSNNR20149043
8. Hao, C. Y., Zhang, X. Y., Wang, L. F., Dong, Y. S., Shang, X. W., & Jia, J. Z. (2006). Genetic diversity and core collection evaluations in common wheat germplasm from the north western spring wheat region in China. *Molecular Breeding*, 17, 69–77. <https://doi.org/10.1007/s11032-005-2453-6>
9. Hochman, Z. & Horan, H. (2018). Causes of wheat yield gaps and opportunities to advance the water-limited yield frontier in Australia. *Field Crops Res.* 228, 20–30. doi: 10.1016/j.fcr.2018.08.023
10. Huang, M., Zhou, S., Sun B. & Zhao, Q. (2008). Heavy metals in wheat grain: Assessment of potential health risk for inhabitants in Kunshan, China. *Science of The Total Environment*, 405(1-3), 54–61.
11. Hussain, S., Ulhassan, Z., Brestic, M., Zivcak, M., Weijun, Zhou, Allakhverdiev, S.I., Yang, X., Safdar, M. E., Yang, W. & Liu, W. (2021) Photosynthesis research under climate change. *Photosynthesis Research.*, 150(1–3), 5–19. doi: 10.1007/s11120-021-00861-z
12. Griffiths, S. Simmonds, J., & Leverington, M. (2012). Meta-QTL analysis of the genetic control of crop height in elite European winter wheat germplasm. *Mol. Breed.* 29, 159–171. doi: 10.1007/s11032-010-9534-x
13. Liu, W.; Liang, L.; Zhang, X.; Zhou, Q. Cultivar variations in cadmium and lead accumulation and distribution among 30 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015, 22, 8432–8441 doi: 10.1007/s11356-014-4017-y
14. Lollato, R. P., Ruiz Diaz, D. A., DeWolf, E., Knapp, M., Peterson, D. E. & Fritz, Allan K. (2019). Agronomic practices for reducing wheat yield gaps: a quantitative appraisal of progressive producers. *Crop Sci.* 59(1), 333. doi: 10.2135/cropsci2018.04.0249
15. Methods of state varietal testing of crops / ed. VV Volkodav; State. Commission of Ukraine for Testing and Protection of Plant Varieties. Kyiv : Alefa, 2000, Issue. 1. 100.
16. Min Zhou & Zhenguang Li. (2022) Recent Advances in minimizing cadmium accumulation in wheat. *Toxics* 10(4) 187. doi: 10.3390/toxics10040187
17. Naeem, A., Saifullah; Rehman, M. Z.-U.; Akhtar, T.; Ok, Y.S. & Rengel, Z. (2016) Genetic Variation in Cadmium Accumulation and Tolerance among Wheat Cultivars at the Seedling Stage. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 47, 554–562. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1141918>
18. Rozbicki, J., Ceglińska, A., Gozdowski, D., Jakubczak, M., Cacak-Pietrzak, G., Mądry, W., Golbad J. Piechocińska M., Sobczyńska G., Studnicki M. & Drzazga T. (2015). Influence of the cultivar, environment and management on the grain yield and bread-making quality in winter wheat. *J. Cereal Sci.* 61, 126–132. doi: 10.1016/j.jcs.2014.11.001
19. Shewry, P. R. & Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food Energy Secur.* 4, 178–202. doi: 10.1002/fes3.64
20. Slafer, G. A., Savin, R. & Sadras, V. O. (2014). Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crops Res.* 157, 71–83. doi: 10.1016/j.fcr.2013.12.004
21. Stolt, P., Asp, H. & Hultin, S. (2010) Genetic variation in wheat cadmium accumulation on soils with different cadmium concentrations. *J. Agron. Crop Sci.*, 192, 201–208.

22. Surabhi, Rana. (2015). Plant Response towards Cadmium Toxicity: An Overview. *Annals of Plant Sciences*, 4(07), 1162–1172.
23. Vergine, M., Aprile, A., Sabella, E., Genga, A., Siciliano, M., Rampino, P., Lenucci, M.S., Luvisi, A. & Bellis, L. (2017) Cadmium Concentration in Grains of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum). *J. Agric. Food Chem.* 65, 6240–6246. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01946>
24. Yue, J.; Wei, X. & Wang, H. (2018) Cadmium tolerant and sensitive wheat lines: Their differences in pollutant accumulation, cell damage, and autophagy. *Biol. Plant.*, 62, 379–387. doi: 10.1007/s10535-018-0785-4
25. Zaid, I.U., Zheng, X. & Li, X. (2018) Breeding Low-Cadmium Wheat: Progress and Perspectives. *Agronomy*, 8, 249. doi: 10.3390/agronomy8110249

Бу Люлю, аспірантка, Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна, Інститут науки і техніки, м. Хенань, КНР

Жатова Галина Олексіївна, кандидат сільськогосподарських наук, професор, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Дослідження колекції озимої пшениці для отримання вихідного матеріалу з низьким поглинанням кадмію

Озима пшениця є провідною культурою в Україні й світі та забезпечує харчові потреби людини. Провідні селекційні установи України вивчають колекції пшениці, що дає змогу виявити джерела та донори необхідних селекційних ознак та залучити їх до гібридизації. Для систематичної та успішної програми гібридизації має бути досягнуто глибоке розуміння генетичної архітектури врожайності рослин та інших важливих економічних характеристик. Одним із сучасних напрямків селекційної роботи є отримання вихідного матеріалу з низькою здатністю до накопичення важких металів, зокрема кадмію. Накопичення кадмію в ґрунті веде до його поглинання кореневою системою рослин та накопичення в вегетативних та генеративних органах. Серед культур, які відзначаються високою здатністю до активного накопичення кадмію озима пшениця посідає одне з перших місць. Нагальною необхідністю є мінімізація накопичення Cd у зерні пшениці. В багатьох країнах розробляються технічні рішення щодо зниження вмісту цього металу в насінні культури. Одним із можливих шляхів вирішення цієї проблеми є створення селекційних сортів, які характеризуються низькою здатністю накопичувати кадмій. Використовуються методи традиційної селекції: добір та гібридизація. Метою дослідження було встановлення селекційної цінності колекційних генотипів озимої пшениці різних за походженням, морфологічними та продуктивними параметрами, виділення та створення вихідного матеріалу для селекції. Польовий експеримент проводили на науково-дослідному полі Сумського НАУ. Вивчали 41 сорт пшениці озимої, оригінаторами яких є 7 основних селекційних центрів цієї культури в Україні. Було проаналізовано параметри росту (висота рослин) та площа листової поверхні. Ці ознаки були пов'язані з такими параметрами продуктивності, як маса 1000 насінин, маса зерна на колос та врожайність.

За результатами виділено зразки пшениці, які, поряд з високими параметрами продуктивності, мали низьку здатність до поглинання Cd (менше 1,2 мг/кг). До цієї групи входять сорти Охтирчанка Ювілейна, Світанок Миронівський, Мелодія Одеська, Кубок, Зорепад, Овідій, Щедра Нива, Октава Одеська та Славен. Ці зразки планують використовувати для подальшої селекційної роботи.

Ключові слова: озима пшениця, колекція, цінні селекційні ознаки, низьке поглинання Cd, вихідний матеріал.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ТА РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У ЗОНІ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Алмашова Вікторія Сергіївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна
ORCID: 0000-0001-6180-1096
rus.almashov@gmail.com

Скок Світлана Вікторівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна
ORCID: 0000-0003-3178-0292
skok_sv@ukr.net

Екстенсивна система землеробства із застосуванням мінеральних добрив та пестицидів призвела до порушення екологічної рівноваги в агроєкосистемах, деградації ґрунтів, негативних наслідків в біосфері та проблеми безпечного харчування людини. Встановлено, що перспективним напрямом господарювання, який забезпечує високий потенціал сільськогосподарського виробництва з мінімальним впливом на агроєкосистеми є застосування біологічних препаратів та регуляторів росту в рослинництві. Метою дослідження – визначення ефективності застосування біопрепаратів та регуляторів росту для вирощування сільськогосподарських культур в зоні південного Степу України. Дослідження здійснено на основі польових, аналітичних, економіко-статистичних, порівняльних, абстрактно-логічних методів.

Дослідження продуктивності сільськогосподарської продукції у посушливих умовах південного Степу України здійснено на основі використання регуляторів росту Грейнактив-С та Нано-Гро. Найбільший приріст врожаю зерна пшениці озимої спостерігався при 3-х кратному обробітку посівів Грейнактивом-С у фазу кущіння, прапорцевого листка, наливу зерна (3,2 ц/га, 18 %). При цьому найбільший ефект спостерігався при обробітку посівів у фазу кущіння, де приріст врожаю становив 2,9 ц/га, +16 % до контролю. Обробіток посівів у фазу прапорцевого листка сприяв збільшенню врожаю на 0,7 ц/га (4 %), а в фазу наливу зерна – 0,8 ц/га (4,5 %). Передпосівний обробіток Нано-Гро насіння гібриду соняшнику та обробіток посівів в фазу вегетації (до цвітіння) сприяв однаково приросту – по 0,9 ц/га насіння (+12 % до контролю). Приріст врожаю при обробці соняшнику після цвітіння складав лише 0,32 ц/га (4 %). Найбільший приріст врожаю соняшника спостерігався при 3-х кратному обробітку по вказаних фазах його розвитку 1,6 ц/га (+22 % до контролю). Позитивна дія препарату спостерігалася на початкових етапах розвитку технічної культури за рахунок збільшення кореневої системи та збільшення абсорбції поживних речовин із ґрунту.

Встановлено, що препарат Грейнактив-С є екологічно безпечний для навколишнього середовища, швидко розкладається у ґрунті, не створює ефекту звикання, знижує ризик ураження хворобами рослин та збільшує продуктивність сільськогосподарських культур. Передпосівна обробка стимулятором росту Нано-Гро сприяє активізації імунної дії рослин, підвищує їх стійкість до несприятливих погодних умов, захищає від шкідників, сприяє зменшенню пестицидного навантаження на ґрунті.

Ключові слова: агроєкосистеми, біотехнології, продуктивність сільськогосподарських культур, екологічно безпечна продукція, якість ґрунтів.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.2>

Вступ. Інтенсивний розвиток світової цивілізації призвів до незворотних деградаційних процесів в природних екосистемах. При цьому зниження якості ґрунтів, водних ресурсів та атмосферного повітря вплинули на продуктивність рослинного покриву, який відіграє ключову роль у фіксації, передачі енергії живим організмам, продукції органічної речовини та кисню. Існуючі технології в аграрному виробництві, що ґрунтуються на екстенсивній системі обробітку ґрунтів, внесенні мінеральних добрив та пестицидів, порушують баланс в усіх компонентах навколишнього середовища. Подальша тенденція інтенсивного використання земельних ресурсів із використанням хімічних препаратів призведе до негативних глобальних наслідків в біосфері, проблеми безпечного харчування людини та виникнення надзвичайних ситуацій, які загро-

жуватимуть існуванню життя на планеті. При цьому перспективним напрямом господарювання, який забезпечує високий потенціал сільськогосподарського виробництва з мінімальним впливом на агроєкосистеми є застосування біологічних препаратів та регуляторів росту в рослинництві.

Широке впровадження біологічних методів захисту рослин в аграрне виробництво відбулося у 60-ті роки ХХ століття. Розвиток наукових досліджень здійснювався на основі розробки нових технологічних рішень щодо підвищення ефективності дії біопрепаратів, регуляторів росту рослин та комплексного їх застосування у сільському господарстві (Krutiakova, 2020). Питання ведення альтернативного біологічного землеробства, особливості застосування біологічних та рістрегулюючих

препаратів з метою досягнення екологічної безпеки навколишнього середовища порушувалося у наукових працях Дубицького О. Л. (Dubyt'skyi, 2015), Яценка С. А. (Yashchenko, 2019), Кожушко М. (Kozhushko, 2016), Седіло Г. М. (Sedilo, 2015), Коваленко О. А. (Kovalenko, et al., 2015), Гончарука І. В. (Honcharuk et al., 2020), Домарацького Є. О. (Domaratskyi, 2018), Шепілової Т. П. (Shepilova, 2019), Чугрія Г. А. (Chuhrii et al., 2020), Грабовської Т. О. (Hrabovska & Melnyk, 2017), Василенко М. Г. (Vasylenko, 2017), Фарниєва А. Т. (Farniev et al., 2019) та інших.

У зв'язку із збільшенням чисельності населення планети перед світовою науковою спільнотою постало завдання пошуку інноваційних методів збільшення світових запасів продовольства. Дослідженнями зарубіжних вчених (Hashem et al., 2019; Thomas Müller & Undine Behrendt, 2021; Kumera Nemea et al., 2021; Dominique Holtappels et al., 2021, Ying Ma, 2019) підтверджено ефективну дію біопрепаратів та регуляторів росту рослин на продуктивність та покращення якості сільськогосподарської продукції. Низка вчених Jubi Jacob et al., 2020; Shagufta Afreena et al., 2022; Archana Singh et al., 2021 у своїх дослідженнях представили нанотехнології для збільшення врожайності сільськогосподарської продукції на основі рістрегулюючих препаратів з вмістом карбону та купруму, які захищають рослини від патогенних організмів та негативних факторів навколишнього середовища. Встановлено, що Reda Ben Mrid, 2021 для покращення росту та врожайності рослин, зменшення негативного впливу абіотичних та біотичних факторів навколишнього середовища запропонував використання біостимуляторів та біопротекторів на основі екстрактів морських водоростей, гумінових речовин, гідролізатів білка, амінокислот, рослинних екстрактів.

Метою дослідження є визначення ефективності застосування біопрепаратів та регуляторів росту для вирощування сільськогосподарських культур в зоні південного степу України.

Матеріали і методи досліджень. Досліджування здійснювалося на основі польових, аналітичних, економіко-статистичних, порівняльних, абстрактно-логічних методів із використанням графічних та картографічних матеріалів Держспоживслужби України, Державної служби статистики України.

Територія досліджень розташована в зоні південного степу України з несприятливими для сільськогосподарського виробництва природно-кліматичними умовами, які проявляються у вигляді інтенсивних малоефективних дощів та бездощових періодах в умовах високих літніх температур. Ґрунти переважно каштанові в комплексі із солонцями та солодюми. Потужність гумусового горизонту складає 45–55 см. Щільність складання 1,25–1,35, щільність твердої фази ґрунту 2,65–2,69 г/см³. Сумарна порозність 45–50 %. Вологість в'янення 6–8 %, НВ – 21–30%. рН середовища 7,2–7,4. Водостійкі агрегатів розміром більше 0,25 мм становить 40–42 % (Domaratskyi, 2018).

Визначення дії стимулятора Грейнактив–С на продуктивність пшениці озимої сорту Дріада-1 здійснювалося згідно схеми досліджу:

1. Без обробітку посівів (контроль).

2. Обробіток посіву в фазу кущіння.
3. Обробіток посіву в фазу прапорцевого листа.
4. Обробіток посіву в фазу наливу зерна.
5. 3-х кратний обробіток посівів.

Повторність досліджу була 4-х кратна, площа залікової ділянки – 100 м².

Визначення ефективності стимулятора Нано–Ґро на продуктивність гібриду соняшнику Сюжет здійснено за схемою досліджу:

1. Контроль (без обробітку).
2. Обробіток насіння перед посівом.
3. Обробіток в фазу вегетації.
4. Обробіток після цвітіння.
5. 3-х кратний обробіток посівів.

Повторність досліджу чотирикратна, площа залікової ділянки становила 100 м².

Результати. Територія Херсонської області є ерозійно-небезпечною із сильним вітрами більше 6 м/с, посушливою, з високою середньорічною температурою повітря та недостатньою кількістю опадів. Ґрунтові води знаходяться на глибинах 3–4 м. У зв'язку із порушенням гідродинамічного режиму підземних вод відбулося зниження ґрунтових вод, збільшення кількості посушливих днів та зменшення вологості повітря, що призвело до зменшення продуктивної вологи в ґрунті та зниження врожайності сільськогосподарських культур в межах 20–70 % (Breus & Skok, 2021).

Агророметорологічні умови території дослідження є несприятливими для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур, що потребує застосування біологічних препаратів для збільшення продуктивності сільськогосподарської продукції у посушливих умовах та забезпечення екологічно збалансованого сільськогосподарського виробництва.

Механізм дії біопрепаратів полягає у ферментативній фіксації атмосферного азоту та ферментативному засвоєнні важкорозчинних фосфатів, які забезпечують інтенсивний розвиток кореневої системи рослин, що позитивно впливає на здатність озимих культур до перезимівлі. При цьому оброблені сільськогосподарські культури є більш стійкими до хвороб, внаслідок покращення їх загального імунного стану, суттєво збільшується енергія проростання насіння, створюються сприятливі умови для формування стеблостою, генеративних органів, покращується інтенсивність онтогенезу та фотосинтезу.

Обробка біологічними засобами насіння сприяє активізації азотасиміляторних ферментів у рослинах, що призводить до додаткового синтезу білка в зерні. Вивчення дії препарату Грейнактив–С на посівах озимої пшениці засвідчило про його позитивний вплив на урожайність культури. Грейнактив–С являється новітнім препаратом системного позитивного впливу на сільськогосподарські культури. Діючою речовиною є розчинна біологічна активна органічна сполука із вмістом атомів азоту, яка прискорює обмінні процеси у рослинах, сприяє розвитку процесам нітрифікації та амоніфікації в ґрунті, прискорення росту рослин в умовах дефіциту вологи. При цьому формування рослинно-бактеріальної асоціації сприяє значному накопиченню азоту в ґрунті, що покращує

показники його родючості та збільшує врожайність озимої пшениці. Встановлено, що ефективність дії препарату Грейнактив–С залежала від фази розвитку рослин в які проводився обробіток стимулятором росту (табл. 1).

Згідно даних таблиці 1 встановлено, що найбільший приріст врожаю зерна озимої пшениці дає 3-х кратний обробіток посівів в фазу кушіння, прапорцевого листка, наливу зерна (3,2 ц/га, або 18 %). При цьому найбільший ефект спостерігався при обробітку посівів у фазу кушіння, де приріст врожаю становив 2,9 ц/га, або +16% до контролю. Обробіток посівів у фазу прапорцевого листка сприяв збільшенню врожаю 0,7 ц/га (4%), а в фазу наливу зерна – 0,8 ц/га (4,5%), які знаходились в межах похибки дослідів, що становила 0,92 ц/га.

Препарат Грейнактив–С є екологічно безпечний для навколишнього середовища, розкладається у ґрунті, не створює ефекту звикання та знижує ризик ураження хворобами рослин, позитивно впливає на продуктивність сільськогосподарських культур.

Встановлено також позитивний вплив препарату Нано–Гро на продуктивність гібриду соняшника (табл. 2).

Згідно таблиці 2 встановлено, що ефективність препарату також залежать від часу його застосування.

Однаковий приріст – по 0,9 ц/га насіння (+12 % до контролю) спостерігався при передпосівній обробці насіння та обробітку посівів у фазу вегетації (до цвітіння), а приріст врожаю при обробці соняшнику після цвітіння складав лише 0,32 ц/га (4 %). Найбільшу прибавку врожаю встановлено при 3-х кратному обробітку по вказаних фазах розвитку соняшнику – 1,6 ц/га (+22 % до контролю). Позитивна дія біопрепарату спостерігалася на початкових етапах розвитку технічної культури за рахунок збільшення кореневої системи та збільшення абсорбції поживних речовин із ґрунту.

Передпосівна обробка стимулятором росту Нано–Гро сприяє збільшенню імунної дії рослин, підвищує їх стійкість до несприятливих погодних умов, захищає від шкідників, сприяє зменшенню пестицидного навантаження на ґрунти.

Застосування біопрепаратів комплексної дії для сільськогосподарського виробництва особливо актуально для зони півдня України, яка характеризується несприятливими кліматичними умовами. Оскільки врожайність сільськогосподарських культур залежить від абіотичних та біотичних умов навколишнього середовища обробка рослин регуляторами росту сприяє покращенню імунного та продукційного потенціалу рослин, підвищенню резистентності сільськогосподарських культур до несприятливих екологічних факторів навколишнього середовища. Крім позитивного впливу на фізіологічні процеси рослин, стимулятори росту позитивно впливають на мікробіологічні процеси в ґрунті, зокрема на асиміляцію діоксид вуглецю гетеротрофними мікроорганізмами. При цьому відбувається накопичення органічної речовини та покращується ґрунтоутворення в агроценозах.

Завдяки рістрегулюючій, антистресовій та захисній функціям препарати Грейнактив–С та Нано–Гро дозволяють отримувати екологічно безпечну сільськогосподарську продукцію, сприяють забезпеченню продовольчої безпеки південного регіону України. Використання поліфункціональних рістрегулюючих препаратів є ефективною технологією обробітку зернових та технічних культур, які мають крім позитивного екологічного ефекту також – економічний ефект у розмірі до 800 умовних одиниць на гектар.

Обговорення. У сучасних умовах ведення сільського господарства система біологічного землеробства розглядається як науково обґрунтований комплекс

Таблиця 1

Вплив стимулятора Грейнактив–С на продуктивність озимої пшениці

№	Варіанти	Урожайність, ц/га					Середнє	+	-	Рейтинг
		Повторність								
		I	II	III	IV					
1	Без обробітку (контроль)	18,2	16,8	19,4	17,6	18,0	0		5	
2	Обробіток в фазу кушіння	20,1	21,2	21,6	20,9	20,9	+2,9		2	
3	Обробіток в фазу прап. листа	19,1	18,6	19,2	17,9	18,7	+0,7		4	
4	Обробіток в фазу наливу зерна	18,0	19,6	18,5	19,0	18,8	+0,8		3	
5	3-х кратний обробіток	21,3	20,6	22,1	20,5	21,2	3,2		1	

$HIP_{0,05} = 0,92$ ц/га

Таблиця 2

Вплив стимулятора Нано–Гро на продуктивність гібриду соняшника

№	Варіанти	Урожайність, ц/га					Середнє	+	-	Рейтинг
		Повторність								
		I	II	III	IV					
1	Контроль (без обробітку)	7,0	6,8	7,9	7,7	7,3	0		5	
2	Обробіток насіння	8,3	7,8	8,9	7,5	8,2	0,9		3	
3	Обробіток в фазу вегетації	8,1	8,6	7,8	8,0	8,2	0,9		2	
4	Обробіток після цвітіння	7,6	8,0	7,2	7,4	7,6	0,3		4	
5	3-х кратний обробіток	8,7	9,2	8,5	6,4	8,9	1,6		1	

$HIP_{0,05} = 0,54$ ц/га

агротехнічних, організаційних і економічних заходів, які забезпечують раціональне використання земельних ресурсів, сприяють зниженню антропогенного навантаження на агроценози, відтворенню гумусу, підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, стійкості рослин до хвороб, шкідників, конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції на вітчизняному та світовому ринках.

В Україні найбільш поширеними біологічними методами захисту рослин, які використовуються у системі землеробства є біопрепарати бактеріального, грибкавого та ентомологічного походження. Їхні головні функції полягають у підвищенні врожайності сільськогосподарських культур, фіксації атмосферного азоту, мобілізації важкодоступного фосфору, стимуляції росту рослин. Незважаючи на значні переваги у застосуванні біопрепаратів, їх впровадження у сільськогосподарське виробництво відбувається повільними темпами та має нестійку тенденцію до подальшого використання. Частка біологічних методів захисту протягом останніх 20 років знизилася на 11 %, застосування хімічних препаратів збільшилося в 3 рази (рис. 1).

У 2020 році частка біологічних методів захисту рослин склала 8,3 %, що на 8 % більше порівняно з 2018 роком. Найбільше біопрепарати використовуються в Черкаській, Хмельницькій, Чернігівській, Чернівецькій, Полтавській, Київській, Сумській, Рівненській, Волинській областях (Krutiakova, 2020).

Згідно даних Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) внаслідок впливу шкідників знижується врожайність сільськогосподарських культур на 40 %. Внесення хімічних препаратів до ґрунту призводить до надмірного зростання політантів в агроценозах, зниження стійкості шкідників до засобів захисту рослин, передачі їх по трофічних ланцюгах живлення та накопиченні в продуктах харчування.

У зв'язку із глобальними світовими тенденціями спрямованими на забезпечення стійкої безпечної економіки, скорочення використання засобів хімічного захисту, прогнозується збільшення частки альтернативних методів біологічної спрямованості в європейському аграрному секторі до 10 %, збільшення площ сільськогосподарських земель для ведення органічного землеробства, зменшення використання пестицидів на 50 %. Зважаючи на інтенсивний антропогенний пресинг на земельні ресурси пріоритетним питанням є безпечне харчування людини та екологічна безпека навколишнього середовища, досягнення яких можливо завдяки переходу на альтернативні біологічні методи ведення сільського господарства.

Процес біологізації направлений на зменшення антропогенного навантаження на агроєкосистеми, отримання високого рівня врожайності сільськогосподарських культур та рентабельності сільськогосподарського виробництва в межах 115–135 %. За дослідженнями (Tkach et al., 2018; Shuvar, 2020) доведено позитивний вплив біологічних методів захисту рослин на біометричні та якісні показники соняшника та зернових культур.

Згідно наукових даних П. В. Писаренка встановлено, що через нестійкий симбіоз між рослинами та мікроорганізмами на початку періоду їх розвитку ефективність біологічних препаратів підвищується за внесення в ґрунт мінімальних доз мінеральних добрив (Pysarenko et al., 2021). М. Новохацький акцентує увагу на комплексному інтегрованому використанні традиційних технологій ведення сільського господарства та біологічних методів захисту рослин з подальшою розробкою адаптивних прийомів в умовах глобальних змін клімату (Novokhatskyi, 2018).

Дослідженнями науковців підтверджено збільшення врожайності та якості озимої пшениці на основі стимулятора росту Мелафен. При цьому виявлено збільшення вмісту клітковини на 3 %, білка, азоту до 11%,



Рис. 1. Динаміка обсягів використання біологічного методу захисту рослин в Україні (дані Держспоживслужби України)

та зменшення вмісту у рослинах поллютантів на 8 % (Kuznetsov, 2021).

Для сприятливих умов зростання рослин в агроценозах важливого значення набуває достатнє їх забезпечення мікро та макроелементами. Samriti Mankotia et al., 2022 досліджено механізм засвоєння рослинами поживних речовин за допомогою використання біотехнологічних методів, внаслідок чого покращується мінеральне живлення рослин та якісні характеристики сільськогосподарських культур.

Зважаючи на вагомий дослідження науковців використання інноваційних біопрепаратів у рослинництві сприяють відновленню екологічного стану агроєкосистем, виробництву високоякісних екологічно безпечних продуктів харчування, забезпечення продовольчої безпеки на планеті.

Висновки. Згідно проведених досліджень встановлено позитивний вплив на врожайність пшениці озимої

рістрегулюючого препарату Грейнактив-С. Найбільший приріст врожаю спостерігався за обробки посівів у фазу куціння, рівень врожайності склав 2,9 ц/га (+16 % до контролю). При обробці соняшнику препаратом Нано-Гро найбільший рівень врожайності спостерігався при 3-х кратному обробітку у всіх фазах розвитку соняшнику – 1,6 ц/га (+22 % до контролю). Позитивна дія рістрегулюючого препарату Нано-Гро спостерігалася на початкових етапах розвитку технічної культури за рахунок збільшення кореневої системи та збільшення абсорбції поживних речовин із ґрунту.

Застосування мікробіологічних та рістрегулюючих препаратів біологічного походження у галузі рослинництва є перспективним напрямом подальшого вивчення комплексного їх впливу на розвиток сільськогосподарських культур та екологічний стан агроєкосистем.

Бібліографічні посилання:

1. Archana Singh, Shalini Tiwari, Jyotsna Pandey, Indrakant, & Singh, K. (2021). Role of nanoparticles in crop improvement and abiotic stress management. *Journal of Biotechnology*, 337, 57–70. doi: 10.1016/j.jbiotec.2021.06.022
2. Breus, D. S. & Skok, S. V. (2021). Spatial modelling of agro-ecological condition of soils in steppe zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*, 48(3), 627–633.
3. Chuhrii, H. A., Viniukov, O. O., & Hyrka, A. D. (2020). Vyvchennia vplyvu biopreparativ za riznykh norm vnesennia na produktyvnist pshenytsi ozymoi v umovakh pivnichnoho stepu Ukrainy [Study of the impact of biological products at different rates of application on the productivity of winter wheat in the northern steppe of Ukraine]. *Science Review*, 1(28), 9–15 (in Ukrainian). doi: 10.31435/rsglobal_sr/31012020/6867
4. Domaratskyi, Ye. O. (2018). Vplyv ristrehuliuiuchykh preparativ ta mineralnykh dobryv na pozhyvnyi rezhym soniashnyka [Influence of restrictive drugs and mineral fertilizers on the nutrient regime of sunflower]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 1, (71) (in Ukrainian). doi: 10.31548/dopovidi2018.01.018
5. Dominique Holtappels, Kiandro Fortuna, Rob Lavigne, & Jeroen Wagemans (2021). The future of phage biocontrol in integrated plant protection for sustainable crop production. *Current Opinion in Biotechnology*, 68, 60–71. doi: 10.1016/j.copbio.2020.08.016
6. Dubytskyi, O. L. (2015). Urozhainist i yakist zerna ozymoi pshenytsi za biolohizovanykh system udobrennia [Yield and quality of winter wheat grain under biologized fertilizer systems]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 57, 81–86 (in Ukrainian).
7. Farniev A. T., Kozyrev A. H., Sabanova A. A., & Kokoev H. P. (2019). Rol biopreparatov i ih bakovykh smesey v povyishenii bolezneustoychivosti i produktyvnosti soi soi [The role of biological products and their tank mixtures in increasing the disease resistance and productivity of soybeans]. *Niva Povolzhya*, 4, 86–92 (in Russian). doi: 10.36461/NP.2019.52.3.013
8. Hashem, A., Tabassum, B., & Fathi Abd Allah, E. (2019). *Bacillus subtilis*: a plant-growth promoting Rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi J. Biol. Sci*, 26, 1291–1297.
9. Honcharuk, I. V., Kovalchuk, S. Ia., Tsytsiura, Ya. H., & Lutkovska S. M. (2020). Dynamichni protsesy rozvytku orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini [Dynamic processes of development of organic production in Ukraine]. *TOV "TVORY". Vinnytsia*. 478 (in Ukrainian).
10. Hrabovska T. O., & Melnyk H. H. (2017). Vplyv biopreparativ na produktyvnist pshenytsi ozymoi za orhanichnoho vyrobnytstva [Influence of biologicals on the productivity of winter wheat for organic production]. *Ahrobiolohiia*, 1, 80–85 (in Ukrainian).
11. Jubi Jacob, Gopika Vijayakumari Krishnan, Drissya Thankappan, & Dileep Kumar Bhaskaran Nair Saraswathy Amm (2020). Endophytic bacterial strains induced systemic resistance in agriculturally important crop plants. *Microbial Endophytes*, 75–105. doi: 10.1016/B978-0-12-819654-0.00004-1
12. Kovalenko, O. A., Kliuchnyk, M. A., & Chebanenko, K. V. (2015). Zastosuvannia biopreparativ dlia obrobky nasinnievoho materialu pshenytsi ozymoi [The use of biological products for the treatment of seeds of winter wheat]. *Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly kompleksu Kyievo-Mohylianska akademiia. Seriia: Ekolohiia*, 256, 244, 74–77 (in Ukrainian).
13. Kozhushko, M. (2016). Efektyvnist zastosuvannia biopreparativ u tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur u Zakhidnomu rehioni Ukrainy [The effectiveness of biological products in the technology of growing crops in the Western region of Ukraine]. *Tekhnika i tekhnolohii*, 5(80), 37–42 (in Ukrainian).
14. Krutiakova, V. I. (2020). Biometod – osnova staloho rozvytku vitchyznianoho zemlerobstva [Biometod – the basis of sustainable development of domestic agriculture]. *Visnyk aharnoї nauky*, 9 (810), 5–14 (in Ukrainian).
15. Kumera Nemea, Ayman Nafady, & Yetenayet Bekele Tola (2021). Application of nanotechnology in agriculture, postharvest loss reduction and food processing: food security implication and challenges, 7, 12. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08539

16. Kuznetsov, I., Islamgulov, D., Nafikova, A., & Dmitriev, A. (2021). Effect of growth regulator Melafen and chelated fertilizer Metalocene on yield and quality of winter wheat. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 38. doi: 10.1016/j.bcab.2021.102198
17. Novokhatskyi, M. Tarhonia, V., & Bondarenko, O. (2018). Kontsepsiia intensyfikatsii biolohichnoho ahrovyrobnytstva [The concept of intensification of organic farming]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprovuvannia novoi tekhniki i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*, 22, 132–140 (in Ukrainian).
18. Pysarenko, P. V., Samoilik, M. S., Dychenko, O. Iu., Sereda, M. S., & Pohosian, A. A. (2021). Medyko-biolohichna ta toksykolohichna otsinka vykorystannia biopreparativ u zemlerobstvi [Medico-biological and toxicological assessment of the use of biological products in agriculture]. *Visnyk PDAA*, 1, 187–195 (in Ukrainian).
19. Reda Ben Mrid (2021). Secondary metabolites as biostimulant and bioprotectant agents: A review. *Science of The Total Environment*, 777. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146204
20. Samriti Mankotia, Jagannath Swain, & Santosh, B. Satbhai (2022). Chapter 17 – Biotechnological approaches for generating iron-rich crops. *Plant Nutrition and Food Security in the Era of Climate Change*, 437–451. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822916-3.00011-1>
21. Sedilo, H. M. (2015). Zastosuvannia orhano-mineralnykh dobryv na sirykh lisovykh poverkhnevo ohleienykh gruntakh Karpatskoho rehionu. [Application of organo-mineral fertilizers on gray forest surface gleyed soils of the Carpathian region]. *Visnyk aharnoi nauky*, 2, 11–15 (in Ukrainian).
22. Shagufta Afreena, Rishabh Anand Omar, Neetu Talreja, Divya Chauhan, Mangalaraj, R. V., & Mohamma Ashfaq (2022). Nanostructured materials based on copper/carbon as a plant growth stimulant. *Nanobiotechnology for Plant Protection*, 367–391. doi: 10.1016/B978-0-12-823833-2.000040
23. Shepilova, T. P. (2019). Vplyv rehulatoriv rostu na produktyvnist soi v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukra yiny [Influence of growth regulators on soybean productivity in the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk PDAA*, 3, 80–84 (in Ukrainian).
24. Shuvar, A. M. (2020). Zastosuvannia biolohichnykh preparativ v orhanichnii tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi [Application of biological preparations in organic technology of winter wheat cultivation]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 67(1), 143–155 (in Ukrainian).
25. Thomas Müller, & Undine Behrendt (2021). Exploiting the biocontrol potential of plant-associated pseudomonads – A step towards pesticide-free agriculture? *Biological Control*, 155. doi: 10.1016/j.biocontrol.2021.104538
26. Tkalych, Yu. I., Tsilyurik, A. I., & Kozechko, V. I. (2018). Agroekologicheskaya effektivnost mikroudobreniy i regulyatorov rosta rasteniy v tehnologii vyirashchivaniya podsolnechnika severnoy Stepi Ukrainyi [Agroecological efficiency of microfertilizers and plant growth regulators in the technology of sunflower cultivation in the northern Steppe of Ukraine]. *Vestnik Prikaspiya*, 2, 4–9 (in Russian).
27. Vasylenko M. H. (2017). Orhano-mineralni dobryva i rehulatory rostu roslyn v orhanichnomu zemlerobstvi [Organomineral fertilizers and plant growth regulators in organic farming]. *Visnyk aharnoi nauky*, 8, 11–18 (in Ukrainian).
28. Yashchenko, S. A. (2019). Efektyvnist biopreparatu enteronormin na rannikh etapakh ontogenezu roslyn pshenytsi ozymoi [Efficacy of enteronormin biological product in the early stages of ontogenesis of winter wheat plants]. *Ahroekolohichniy zhurnal*, 2, 50–54 (in Ukrainian).
29. Ying Ma (2019). Seed coating with beneficial microorganisms for precision agriculture. *Biotechnology Advances*, 37, 7. doi: 10.1016/j.biotechadv.2019.107423
30. Zhang, H., Sun, X., & Dai, M. (2022). Improving crop drought resistance with plant growth regulators and rhizobacteria: Mechanisms, applications, and perspectives. *Plant Comm*, 3. doi: 10.1016/j.xplc.2021.100228

Almashova V. S., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

Skok S. V., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

Effectiveness of application of biological preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the southern steppe zone of Ukraine

Extensive system of agriculture applying mineral fertilizers and pesticides has caused ecological imbalance in agroecosystems, soil degradation, negative consequences in the biosphere and problems of food safety. The research establishes that application of biological preparations and plant growth regulators in crop production is a promising trend in agriculture ensuring high potential of agricultural production with a minimal impact on agro-ecosystems. The purpose of the study is to determine effectiveness of application of bio-preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the Southern Steppe zone of Ukraine. The research was conducted using field, analytical, economic-statistical, comparative and abstract-logical methods.

The study on productivity of agricultural crops under arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine was based on application of the plant growth regulators Hreinaktyv C and Nano-Hro. The highest increase in winter wheat grain yield was identified in the crops treated three times with Hreinaktyv C at the stage of tillering, flag leaf emergence and grain filling (3.2 c/ha, 18 %). In this case the greatest effect was observed in the crops treated at the stage of tillering, where an increase in the yield was 2.9 c/ha, +16 % to the control variant. Treatment of the crops at the stage of a flag leaf contributed to an increase in the yield by 0.7 c/ha (4 %), and at the stage of grain filling – by 0.8 c/ha (4.5 %). Pre-sowing treatment of sunflower hybrid seeds with Nano-Hro and treatment of the crops at the growing stage (before a flowering stage) resulted in an equal increase – by 0.9 c/ha of seeds (+12 % to the control variant). An increase in the yield was only 0.32 c/ha (4 %) when sunflower crops were treated after flowering. The highest increase in the sunflower yield was observed when the crops

were treated three times at the mentioned development stages being 1.6 c/ha (+22 % to the control variant). A positive effect of the preparation was identified at the initial stages of the industrial crop development due to the growth of the root system and an increase in absorption of nutrients from the soil.

The research establishes that the preparation Hreinaktyv C is environmentally friendly, it decomposes quickly in soil, does not cause an effect of adaptation and reduces a risk of plant diseases, has a positive impact on agricultural crop productivity. Pre-sowing treatment with the plant growth stimulator Nano-Hro contributes to immune effect of plants, increases their resistance to unfavorable weather conditions, decreases pesticide loads on soils and protects against pests.

Key words: agroecosystems, biotechnologies, productivity of agricultural crops, environmentally friendly products, soil quality.

ОПТИМІЗАЦІЯ АГРОТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В ЗОНІ ДІЇ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Біднина Ірина Олександрівна

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук, м. Херсон, Україна
ORCID: 0000-0001-8351-2519
irinabidnina@ukr.net

Узагальнено результати багаторічних досліджень щодо вмісту гумусу на поливних землях Інгулецької зрошувальної системи за використання води з підвищеною мінералізацією. Доведено прояв дегуміфікації темно-каштанових ґрунтів за недостатнього надходження в орний шар поживних залишків і органічних добрив, збільшення частки просапних культур тощо, що потребує впровадження комплексу еколого-меліоративних заходів для попередження процесів деградації та ерозії ґрунту. Аналіз даних урожайності культур сівозміни в середньому роки досліджень показує, що найкращі умови для формування врожаю сільськогосподарських культур у досліді створювалися за диференційованої системи обробітку ґрунту з одним щільюванням за ротацію сівозміни, та з внесенням збільшених доз добрив, що на 1 га сівозміної площі забезпечило найвищу урожайність, яка становила для кукурудзи 15,61 т/га, сорго – 8,71, пшениці озимої – 6,88, та лише для сої найкращі умови у створювалися за полицевого обробітку – 3,79 т/га. Проведення дискового обробітку на глибину 12–14 см у системі мілкового безполіцевого обробітку ґрунту в сівозміні призвело до зниження врожаю на 33,7 %, а без внесення добрив – до найменшої врожайності у досліді (3,07 т/га). Застосування добрив дозами N120 та N180 збільшувало врожайність у середньому по фактору В («доза внесення добрив») на 166,4 та 233,3 %. Оцінка продуктивності культур сівозміни в середньому за 2016-2020 рр. показує, що найкращі умови для її формування створюються за диференційованої системи обробітку ґрунту з одним щільюванням за ротацію сівозміни та з внесенням збільшених доз добрив, що на 1 га сівозміної площі забезпечило найвищу продуктивність, 7,96 т/га. Найвищий прибуток з 1 га сівозміної площі (43214,5 грн/га) отримано за диференційованого обробітку ґрунту та фону живлення N120P45. В цьому ж варіанті визначено найвищий рівень рентабельності – 212,5%. Найнижчий рівень рентабельності спостерігався за проведенням дискового обробітку в системі мілкового безполіцевого обробітку ґрунту в сівозміні на неудобреному фоні – 14,7%. Вихід валової енергії культур на 1 га сівозміної площі у неудобреному варіанті та за фону живлення N82,5P45 був найвищим у системі диференційованого обробітку ґрунту і складав відповідно 76,0 і 167,9 ГДж/га.

Ключові слова: меліорація, зрошення, обробіток ґрунту, удобрення, врожайність, моделювання, економічна ефективність, енергетична оцінка.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.3>

Вступ. Дефіцит води, що виникає в природному середовищі, є результатом прогресуючих змін клімату, в тому числі зменшення кількості атмосферних опадів. Наприклад, у переважній більшості європейських країн у період вегетації трапляються посухи один раз на 3–5 років та завдають економічних збитків у рослинництві та в лісових угрупованнях (Morozov et al., 2018). На меліорованих об'єктах є меліоративні пристрої, що дозволяють регулювати вологість, у тому числі зрошувати ґрунти у період посухи та дефіциту атмосферних опадів (Vozhehova et al., 2018; Mahmoodi-Eshkaftakia et al., 2020).

Дослідження показали, що волокнисто-глинисті ґрунти, які, наприклад, виникають на цьому об'єкті через відсутність опадів та зрошення, зменшують здатність утримувати воду приблизно на 30 %. Модернізація та реконструкція дренажних пристроїв на долинних об'єктах дозволяє збільшувати утримання води в межах окремих водозборів (Kiryluk, 2019).

Зрошення – один із найбільш вагомих антропогенних факторів підвищення продуктивності земель посушливої зони України. Але додаткове надходження вологи в умовах зрошення приводить до зміни характеру і спрямованості ґрунтових процесів. Визначення цих процесів, їх

закономірностей є актуальною проблемою для розвитку сучасного зрошувального землеробства (Vozhehova et al., 2018; DalCorso et al., 2019). Особливе місце в системах ведення землеробства на поливних землях за умов довготривалого зрошення мінералізованими водами Інгулецького зрошувального масиву (ІЗМ) займають питання формування еколого-меліоративного стану земель, поживного режиму ґрунту та вологозабезпеченості, сприятливих для різних сільськогосподарських культур (Morozov et al., 2018).

У наш час ґрунт більше не залишається єдиним середовищем для росту й розвитку рослин, але він залишається дуже цінним ресурсом для людства, особливо з екологічної точки зору, для формування сталих і високопродуктивних рослинних та тваринних агро-екосистем (Hasan et al., 2019). Враховуючи сучасний рівень деградації земель, забруднення ґрунтів важкими металами, пестицидами, нафтопродуктами, засолення та осолонцювання, є необхідність розробки та впровадження нових підходів до підтримки здоров'я ґрунту за допомогою науково обґрунтованих агрозаходів, що спрямовані на зростання вмісту в ґрунтах гумусу та органічних речовин, підвищення врожайності та якості продукції, економічної та енергетичної ефективності сільського

господарства (Suman et al., 2018; Tadayon et al., 2020). При цьому необхідним компонентом меліорації земель є диверсифікація джерел надходження поживних речовин з акцентом на використання органічних добрив (Fasani et al., 2018; Kireycheva, 2018).

За диверсифікації виробничих систем через запровадження природоохоронного та органічного землеробства варто переглянути роль добрив у оздоровленні ґрунтів (Shahane et al., 2021). Закрита система кругообігу поживних речовин, що досягається за рахунок комплексної системи землеробства, буде самодостатнім фактором управління здоров'ям ґрунту, а також підвищення ефективності використання ресурсів (Tahat et al., 2020). Необхідно приділяти увагу біологічному здоров'ю ґрунту, із залученням спроб збільшення мікробного різноманіття ґрунту і скорочення забруднення ґрунтів, викликаного широким використанням агрохімікатів, наприклад, хімічних добрив (Yan et al., 2020). Доведено, що в умовах недостатнього дренажу ґрунтів, недотримання науково обґрунтованих режимів зрошення та техніки поливу, порушення агротехніки та побудови сівозмін під час тривалого зрошення призводить до погіршення властивостей ґрунтів, їх засолення і підлужування (Gornostal, 2019).

Дослідження чорноземних ґрунтів показують, що запаси лужногідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію знаходяться на середньому та високому рівнях. Вони мають важкий суглинний гранулометричний склад; сприятливі гідрофізичні властивості, оптимальну щільність, високу вологостримуючу здатність, їх водопроникність оцінюється як оптимальна (Suleymanova et al., 2021).

Під час досліджень ефективності застосування агро меліоративних заходів велике значення має моделювання та оцінка економіко-енергетичних показників (Li et al., 2018). Наприклад, є можливість визначення взаємозалежностей між функціями загального вод-

ного потенціалу ґрунту та відносною врожайністю сільськогосподарських культур зрошуваної сівозміни. Спринклерні та краплинні зрошувальні системи показали, що існує високий ступінь зв'язку між експериментальними та прогнозними значеннями (Beltrao et al., 2021).

Невеликі відмінності, що спостерігаються між фактичними та змодельованими даними охарактеризовані у літературних джерелах (Jacob et al., 2018; Javed et al., 2019; Huang et al., 2021), характеризують динамічні моделі як достатньо точні. Розроблені моделі дозволяють встановити розподіл води у ґрунті при поверхневому краплинному зрошенні, враховуючи основні параметри поливного режиму та динаміки вологості ґрунту (Arraes et al., 2019). Для економічної та енергетичної оцінки ефективності меліорації запропоновано змодельовані показники, які відображають різницю між радіаційним балансом, вартістю ресурсів, енергією ґрунтоутворення та енергією, акумульованою у гумусі ґрунту та рослинницькій продукції. Такий підхід дозволяє перейти від речової оцінки до уніфікованої енергетичної оцінки (Tadayon et al., 2020; Schmer et al., 2020).

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проведені впродовж 2016–2020 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України у стаціонарному польовому досліді. При розробці схеми досліді дотримувались принципу єдиної різниці, діапазону градацій факторів, який дозволяє визначити оптимальні параметри дії кожного фактору, та рекомендацій науково-дослідних установ України (Morozov et al., 2019). У плодозмінній сівозміні на зрошенні у двофакторному польовому досліді досліджували п'ять систем основного обробітку ґрунту та три фони мінерального живлення (табл. 1–2).

Агротехніка вирощування у зрошуваній сівозміні була загально визнана для умов Південного Степу України.

Таблиця 1

Схема стаціонарного досліді в 2016–2020 рр.

№ вар.	Система основного обробітку ґрунту (фактор А)	Культури сівозміни			
		Кукурудза на зерно	Сорго	Пшениця озима	Соя
1	Полицева	20–22 (о)	23–25 (о)	14–16 (о)	25–27 (о)
2	Безполицева–1	20–22 (ч)	23–25 (ч)	14–16 (ч)	25–27 (ч)
3	Безполицева–2	12–14 (д)	12–14 (д)	12–14 (д)	12–14 (д)
4	Диференційована–1	8–10 (д)	12–14 (ч) + 38–40 (щ)	8–10 (д)	14–16 (д)
5	Диференційована–2	18–20 (о)	16–18 (ч)	10–12 (д)	14–16 (д)

Примітка: о – оранка; ч – чизельне розпушування; д – дисковий обробіток; щ – щілювання.

Таблиця 2

Фон мінерального живлення в стаціонарному досліді в 2016–2020 рр.

Фон мінерального живлення (фактор В)	Культури сівозміни				Усереднена доза сівозміни
	Кукурудза на зерно	Сорго	Пшениця озима	Соя	
Контроль	1. Без добрив	1. Без добрив	1. Без добрив	1. Без добрив	1. Без добрив
Фон-1	2. N ₁₂₀	2. N ₉₀ P ₆₀	2. N ₉₀ P ₆₀	2. N ₃₀ P ₆₀	2. N _{82,5} P ₄₅
Фон-2	3. N ₁₈₀	3. N ₁₂₀ P ₆₀	3. N ₁₂₀ P ₆₀	3. N ₆₀ P ₆₀	3. N ₁₂₀ P ₄₅

Результати. Оцінка продуктивності культур сівозміни в середньому за 2016–2020 рр. показує, що найкращі умови для формування продуктивності створюються за диференційованої-1 системи обробітку ґрунту з одним щільуванням за ротацію сівозміни (варіант 4) та з внесенням збільшених доз добрив (усереднена $N_{120} P_{45}$), що на 1 га сівозмінної площі забезпечило найвищу продуктивність – 7,96 т/га. Заміна глибокого обробітку дисковим на глибину 12–14 см у системі тривалого застосування мілкого безполицевого-2 обробітку ґрунту в сівозміні (варіант 3) призвела до зниження врожаю на 32,1 %, за інших варіантів – на 5,6–10,9 % (табл. 3).

Для оцінки економічної й енергетичної ефективності агроприймів вирощування с.-г. культур виробничі витрати розраховували за нормами й розцінками 2020 р., діючими в межах степової зони України (табл. 4).

Найвищий прибуток з 1 га сівозмінної площі (43 214,5 грн/га) отримано за фону живлення $N_{120} P_{45}$ за диференційовано-1 обробітку ґрунту (варіант 4). У цьому ж варіанті визначено найвищий рівень рентабельності – 212,5%. За інших систем обробітку ґрунту та доз добрив вона знижувалась до меж 14,7–206,3%. Найнижчий рівень рентабельності спостерігався за проведення дискового обробітку в системі мілкого безполицевого-2 обробітку ґрунту в сівозміні (варіант 3) на неудобреному фоні – 14,7%.

Вихід валової енергії культур на 1 га сівозмінної площі у неудобреному варіанті та за усередненого фону живлення $N_{82,5} P_{45}$ був найвищим за системи диференційовано-1 обробітку ґрунту (варіант 4) і складав 76,0 і 167,9 ГДж/га. Енергетичний коефіцієнт у системі диференційовано-1 обробітку ґрунту (варіант 4) був максимальним і сягав 2,1, 4,5 та 4,4 відповідно до досліджуваних фонів живлення.

За результатами довготривалого зрошення високо-мінералізованими водами у ґрунтах Інгулецького зрошувального масиву встановлено істотне зниження вмісту гумусу і високу просторову неоднорідність за період 2003-2018 рр. (табл. 5, рис. 1).

За період з 2003 по 2018 рр. середньозважений показник вмісту гумусу по ІЗМ знизився на 0,73 %. Так, якщо за період проведення 8-го туру агрохімічного обстеження середньозважений показник вмісту гумусу в ґрунтах Інгулецького зрошувального масиву складав 2,43%, то вже в 11-му турі відсоток органічної речовини у зрошуваних ґрунтах становив 1,70 %. За довготривалого зрошення високо-мінералізованими водами в ґрунтах ІЗМ відзначається тенденція зменшення площ із підвищеним і середнім вмістом гумусу та їх перерозподіл до категорії середньо- та низькозабезпечених ґрунтів.

Просторова варіабельність ґрунтових властивостей переважно відрізняється нестационарним (нетиповим)

Таблиця 3

Продуктивність сівозміни, т/га (середнє за 2016–2020 рр.)

№	Спосіб та глибина основного обробітку ґрунту (фактор А)	Удобрєння (фактор В)			Середнє по фактору А
		без добрив	$N_{82,5} P_{45}$	$N_{120} P_{45}$	
1	Полицева	3,21	6,20	7,85	5,75
2	Безполицева-1	2,94	5,89	7,58	5,47
3	Безполицева-2	2,44	4,89	6,13	4,49
4	Диференційована-1	3,32	6,34	7,96	5,87
5	Диференційована-2	2,89	5,98	7,44	5,44
Середнє по фактору В		2,96	5,86	7,39	–

Таблиця 4

Оцінка енергетичної та економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур під впливом різних елементів технології (середнє за 2016–2020 рр.)

№ варіанту	Економічні показники на 1 га					
	Прибуток, грн.			Рівень рентабельності, %		
	без добрив	$N_{82,5} P_{45}$	$N_{120} P_{45}$	без добрив	$N_{82,5} P_{45}$	$N_{120} P_{45}$
1	8709,3	32072,1	39951,8	66,7	174,7	195,7
2	6741,2	29113,4	37341,2	48,3	159,5	181,6
3	1983,9	17724,2	22548,1	14,7	95,2	108,9
4	10772,5	36576,9	43214,5	81,6	206,3	212,5
5	6075,8	29797,9	36990,1	45,4	165,5	174,4
№ варіанту	Енергетичні показники на 1 га					
	Вихід валової енергії, ГДж			Коефіцієнт енергетичної ефективності		
	без добрив	$N_{82,5} P_{45}$	$N_{120} P_{45}$	без добрив	$N_{82,5} P_{45}$	$N_{120} P_{45}$
1	72,8	152,9	175,7	1,9	3,9	4,4
2	63,4	143,6	166,0	1,8	3,8	4,4
3	55,0	109,7	126,5	1,6	3,0	3,4
4	76,0	166,6	167,9	2,1	4,5	4,4
5	62,6	146,2	158,3	1,7	3,9	4,2

Середньозважені показники вмісту гумусу в зрошуваних ґрунтах Білозерського району Херсонської області (Інгулецький зрошуваний масив, 2003–2018 рр.)

Тур агрохімічного обстеження*	Рік обстеження	Вміст гумусу, %	Рівень вмісту гумусу	± %, до попереднього туру
8	2003	2,43	середній	–
9	2008	2,34	середній	–0,09
10	2013	2,16	середній	–0,18
11	2018	1,70	низький	–0,46

Примітка: * використані дані агрохімічних обстежень, які були проведені Херсонською філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України».

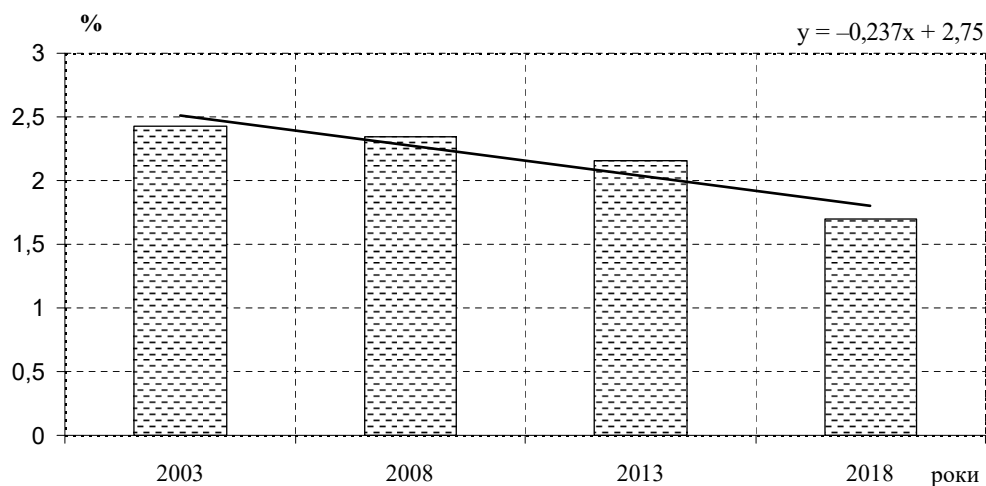


Рис. 1. Динаміка вмісту гумусу в зрошуваних ґрунтах Білозерського району Херсонської області (Інгулецький зрошуваний масив, 2003–2018 рр.)

характером їх розподілу в зрошуваних агроландшафтах, що в значній мірі визначено культурою землеробства і ґрунтовою різноманітністю.

Обговорення. Інтенсифікація використання поливних земель за умов довготривалого зрошення водами підвищеної мінералізації без наукового обґрунтування призводить до погіршення еколого-меліоративного стану і поживного режиму ґрунту, незадовільного фітосанітарного стану посівів, деградації ґрунтів та опустелювання земель, що викликає необхідність підвищення доз внесення мінеральних добрив, меліорантів та засобів захисту рослин (Nosko et al., 1988). В цілому хімічне навантаження на агроценози зростає в 2–3 рази, що негативно впливає на довкілля (Kozlenko et al., 2020).

Гумус належить до складних динамічних комплексів органічних сполук, що утворюється внаслідок розкладення і гуміфікації решток рослинного і тваринного походження (Morozov et al., 2018). При здійсненні зрошувальних меліорацій змінюються умови формування, що визначають спрямованість та інтенсивність ґрунтових процесів. Результати цих змін можуть бути як позитивними (поліпшення водозабезпечення, підвищення родючості ґрунтів тощо), так і негативними (Гатайпов, 1997). Кількісний вміст гумусу підпорядкований певній зональності і зумовлений особливостями генезису ґрунтів (тип ґрунтоутворення, гранулометричний склад, вид рослинності тощо). Така закономірність спостерігається і в темно-каштанових ґрунтах ІЗМ та підтверджується

результатами еколого-агрохімічного обстеження зрошуваних ґрунтів сільськогосподарського призначення (Morozov et al., 2019).

Закономірності розвитку ґрунтоутворних процесів залежать від багатьох факторів: тривалості зрошення, способу поливу, якості зрошувальної води, агротехніки вирощування сільськогосподарських культур, застосування добрив і меліорантів. Тобто сучасні ґрунтові процеси та режими залежать від конкретних умов зони, регіону, меліоративного стану ґрунту та історії його використання (Hnatenko et al., 2005).

Численні дослідження з використання поливних земель в сучасній науковій літературі недостатньо мірою аналізують формування еколого-меліоративного стану земель за умов довготривалого зрошення мінералізованими водами (Кругилов, 1993; Hатайпова et al., 2008; Liseckij et al., 2017). Вивчення напряму формування еколого-меліоративного стану зрошуваних та прилеглих до них земель під впливом антропогенних факторів та змін клімату дає можливість запропонувати заходи щодо раціонального використання зрошуваних земель та нормування меліоративних навантажень, що й визначає актуальність даних досліджень (Morozov et al., 2019). Таким чином, наші експериментальні дані узгоджені з результатами досліджень інших вчених, й свідчать, що застосування диференційованих систем основного обробітку та удобрення мають як економічно-енергетичні, так і еколого-меліоративні переваги.

Висновки. У багаторічних польових дослідах установлено, що довготривале використання поливних вод Інгулецької зрошувальної системи обумовлює суттєве зменшення вмісту гумусу – до 0,46% за останній тур обстеження. Тому необхідно з всебічним обґрунтуванням планувати структуру посівних площ і оптимізувати сівозміни з нормованим застосуванням мінеральних добрив, використовувати диференційовані системи основного обробітку ґрунту тощо. Оцінка продуктивності культур сівозміни в середньому за 2016–2020 рр. показує, що найкращі умови для формування продуктивності створюються за диференційованої системи обробітку ґрунту з одним

щільюванням за ротацію сівозміни (варіант 4) та з внесенням збільшених доз добрив, що на 1 га сівозміної площі забезпечило найвищу урожайність – 7,96 т/га. Визначено, що найбільший прибуток з 1 га сівозміної площі (43214,5 грн/га) отримано за диференційованого обробітку ґрунту (варіант 4) та фону живлення $N_{120}P_{45}$. У цьому ж варіанті визначено найвищий рівень рентабельності – 212,5%. За інших систем обробітку ґрунту та доз добрив вона знижувалась до меж 14,7–206,3%. Енергетичний коефіцієнт у системі диференційованого обробітку ґрунту (варіант 4) був максимальним і сягав 2,1, 4,5 та 4,4 відповідно до досліджуваних фонів живлення.

Бібліографічні посилання:

1. Arraes, F. D. D., Miranda, J. H., & Duarte, S. N. (2019) Modelling soil water redistribution under surface drip irrigation. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 39 (1), 55–64, jan./feb. doi: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n1p55-64/2019
2. Beltrao, J., Bekmirzaev, G., & Asher, J. B. (2021). Linear Relationship of a Soil Total Water Potential Function and Relative Yield – A Technique to Control Salinity and Water Stress on Golf Courses and Other Irrigated Fields. *Agronomy*, 11(10), 1–16; doi: 10.3390/agronomy11101916
3. DalCorso, G., Fasani, E., Manara, A., Visioli, G., & Furini, A. (2019). Heavy metal pollutions: state of the art and innovation in phytoremediation. *Int. J. Mol. Sci.*, 20, 12–16. doi: 10.3390/ijms20143412
4. Fasani, E., Manara, A., Martini, F., Furini, A., & DalCorso, G. (2018). The potential of genetic engineering of plants for theremediation of soils contaminated with heavy metals. *Plant, Cell and Environment*, 41, 1201–1232. doi: 10.1111/pce.1296
5. Gamajunov, V. E. (1997). *Pochvovedenie [Soil science]*. Herson. Kolos.
6. Gornostal, R. (2019). The Effect of Prolonged Irrigation on Soil-amelioration State of the Aley River Steppe. *KnE Life Sciences*, 347–361. doi: 10.18502/kls.v4i14.5621.
7. Hamaiunova, V. V., Sydorenko, O. I., & Babanin, V. V. (2008). *Laboratornyi praktykum z ahrokhimii [Laboratory workshop on agrochemistry]*. Kherson (in Ukrainian).
8. Hasan, M. M., Uddin, M. N., Ara-Sharmeen, F. I., Alharby, H., Alzahrani, Y., & Hakeem, K. R. (2019). Assisting phytoremediation of heavy metals using chemical amendments. *Plants*, 8, 295. doi: 10.3390/ijms20143412
9. Hnatenko, O. F., Kapshtyk, M. V., Petrenko, L. R., & Vitvytskyi, S. V. (2005). *Gruntoznavstvo z osnovamy heolohii [Soil science with the basics of geology]*. Oranta, Kyiv. (in Ukrainian).
10. Huang P., Kang Y., Wan Sh., Li X. (2021). Amelioration of takyric solonetz using drip irrigation with soil-water-redistribution medium. *Irrigation and Drainage*, 78. doi: 10.1002/ird.2644
11. Jacob, J. M., Karthik, C., Saratale, R. G., Kumar, S. S., Prabakar, D., & Kadirvelu, K. (2018). Biological approaches to tackle heavy metal pollution: a survey of literature. *Jorn. Environ. Manage*, 217, 56–70. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.03.077
12. Javed, M. T., Tanwir, K., Akram, M. S., Shahid, M., Niazi, N. K., & Lindberg, S. (2019). Chapter 20 – Phytoremediation of cadmium-polluted water/sediment by aquatic macrophytes: role of plant-induced pH changes. *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants*, 495–529. doi: 10.1016/B978-0-12-814864-8.00020-6
13. Kireycheva, L.V. (2018). Evaluation of efficiency of land reclamation in Russia. *Journal of Agriculture and Environment*, 3 (7). doi: 10.23649/jae.2018.3.7.1
14. Kirylyuk, A. (2019). The Influence of Drainage Devices and Post-Bog Soil Changes on Water Retention in Drained Lower Supraśl River. *Journal of Ecological Engineering Received*, 20 (8), 120–128. doi: 10.12911/22998993/110788
15. Kozlenko, Ye. V., Morozov, O. V., & Morozov, V. V. (2020). *Inhuletska zroshuvalna systema: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku [Ingulets irrigation system: state, problems and prospects of development]*. Ailant. Kherson. 204 (in Ukrainian).
16. Krykunov, V. H. (1993). *Grunty i yikh rodiuchist [Soils and their fertility]*. Kyiv : Vyshcha shkola (in Ukrainian).
17. Li, F. Z., Huang, Z. B., Ma, Y., & Sun, Z. J. (2018). Improvement Effects of Different Environmental Materials on Coastal Saline-Alkali Soil in Yellow River Delta. *Materials Science Forum*, 913, 879–886. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.913.879
18. Liseckij, F. N., Pichura, V. I., & Breus, D. S. (2017). Ocenka i prognoz izmenenij soderzhaniya gumusa v stepnyh pochvah s ispol'zovaniem geoinformacionnyh i nejrotehnologij [Assessment and forecast of changes in the humus content in steppe soils using geoinformation and neurotechnologies]. *Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka*, 1, 24–29 (in Russian).
19. Mahmoodi-Eshkaftakia, M., & Rafie Rafieeb M. (2020). Optimization of irrigation management: A multi-objective approach based on crop yield, growth, evapotranspiration, water use efficiency and soil salinity. *Journal of Cleaner Production*, 252, 11–19. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119901
20. Morozov, O. V., Morozov, V. V., Pichura, V. I., & Beznitska, N. V. (2018) Formuvannia pokaznykiv rodiuchosti meliorovanykh gruntiv v umovakh rehionalnykh zmin klimatu v Pivdenному rehioni [Formation of indicators of fertility of reclaimed soils in the conditions of regional climate changes in the Southern region]. *Tavriyskiy naukoviy visnyk. Silskohospodarski nauky*, 100, 2, 236–244 (in Ukrainian).
21. Morozov, A., Morozov, V., Lazer, P., & Beznitska, N. (2018). Formation of fertility and productivity indices of reclaimed soils under conditions of regional climate change of the south of Ukraine. *Book of Proceedings. Green Room*

and University of Montenegro. Green Room Sessions 2018 International GEA (Geo Eco-Eco Agro) Conference. Podgorica, Montenegro, 152–163.

22. Morozov, O. V., Morozov, V. V., Kabachenko, A. I., & Kozlenko, Ye. V. (2019). Metodichni pidkhody shchodo otsinky yakosti poverkhnevyykh ta gruntovykh vod u systemi ekolooho-melioratyvnoho monitorynhu (na prykladi Inhuletskoho zroshuvanoho masyvu) [Methodical approaches to assessing the quality of surface and groundwater in the system of ecological and reclamation monitoring (on the example of Ingulets irrigated area)]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*. Kherson : OLDI-PLluS, 2, 107–120 (in Ukrainian).

23. Morozov, V. V., Morozov, O. V., Chenina, N. O., & Kozlenko, Ye. V. (2018). Obgruntuvannia kryteriiv yakosti polyvnoi vody dlia gruntiv Inhuletskoho zroshuvanoho masyvu [Substantiation of irrigation water quality criteria for soils of Ingulets irrigated array]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 99, 88–93 (in Ukrainian).

24. Nosko B. S., Medvedev V. V., Truskaveckij R. S., Chesnjak G. Ja. (1988). Pochvy Ukrainy i povyshenie ih plodorodija [Soils of Ukraine and increasing their fertility]. T. 2: Produktivnost' pochv, puti ee povyshenija, melioracija, zashhita pochv ot jerozii i upravlenie plodorodiem. Kiev : Urozhaj (in Russian).

25. Schmer, M. R., Jin, V. L., Ferguson, R. B., & Wienhold, B. J. (2020). Irrigation, carbon amelioration, nitrogen, and stover removal effects on continuous crop. *Agronomy Journal*, 6, 2506–2518. doi: 10.1002/agj2.20192.

26. Shahane, A. A., & Shivay, Y. S. (2021). Soil Health and Its Improvement Through Novel Agronomic and Innovative Approaches. *Frontiers Agronomy*, 3, 1–3. doi: 10.3389/fagro.2021.680456

27. Suleymanova, R. R., Gizatshinab, G. M., & Gabbasovaa, I. M. (2021). Suitability of Agrochernozem Soils for Irrigation Amelioration in the Southern Forest–Steppe Zone of the Republic of Bashkortostan. *Arid Ecosystems*, 11(2), 186–192. doi: 10.1134/S2079096121020141

28. Suman, J., Uhlik, O., Viktorova, J., and Macek, T. (2018). Phytoextraction of heavy metals: a promising tool for clean-up of polluted environment? *Front Plant Sci*. 9:1476. doi: 10.3389/fpls.2018.01476

29. Tadayon, M.S., & Hosseini, S.M. (2020). Effect of spread and shallow irrigation wetted area and application of organic mulch on citrus decline amelioration. *Advances in Horticultural Science*, 34 (2), 213221. doi: 10.13128/ahsc7770

30. Tahat, M. M., Alananbeh, K. M., Othman, Y. A., & Lescovar, D. I. (2020). Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, 12, 48–59. doi: 10.3390/su12124859

31. Vozhehova R. A., Maliarchuk M. P., Morozov O. V., Bidnyna I. O. (2018). Adaptatsiia ahrotekhnolohii do zmin klimatu: hruntovo – ahrokhimichni aspekty [Adaptation of agrotechnologies to climate change: soil – agrochemical aspects]. Kharkiv: Stylna typohrafiia (in Ukrainian).

32. Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, F., & Chen, Z. (2020). Phytoremediation: a promising approach for revegetation of heavy metal-polluted land. *Front. Plant Sci.*, 11, 1–15. doi: 10.3389/fpls.2020.00359

Bidnyna I. O., PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences, Kherson, Ukraine

Optimization of agrotechnical measures for growing crops in the area of the Ingulets irrigation system

The results of many years of research on the humus content on irrigated lands of the Ingulets irrigation system with the use of water with high mineralization are summarized. The manifestation of dehumidification of dark chestnut soils due to insufficient receipt of crop residues and organic fertilizers, increasing the share of waste crops, etc., which requires the introduction of a set of ecological and reclamation measures to prevent soil degradation and erosion. Analysis of crop yield data on average for 2016–2020 shows that the best conditions for crop formation in the experiment were created with a differentiated tillage system with one gap for crop rotation (option 4), and with increased doses of fertilizers that per 1 ha of crop rotation area provided the highest productivity, which was 15.61 t/ha for corn, sorghum – 8.71, winter wheat – 6.88, and only for soybeans the best conditions this year were created for option 1 – 3.79 t/ha. Disc tillage to a depth of 12–14 cm in the system of shallow single-depth tillage in crop rotation (option 3) led to a decrease in yield by 33.7 %, and without fertilizers to the lowest yield in the experiment of 3.07 t/ha. Fertilization with doses of N_{120} and N_{180} increased the yield on average by factor B («dose of fertilizer») by 166.4 and 233.3 %. Estimation of crop rotation productivity on average for 2016–2020 shows that the best conditions for productivity formation are created by a differentiated tillage system with one gap for crop rotation (option 4) and with increased doses of fertilizers per 1 ha of crop rotation area provided the highest productivity, 7.96 t/ha. The highest profit from 1 ha of crop rotation area (43214.5 UAH/ha) was obtained against the background of $N_{120}P_{60}$ feeding with differentiated tillage (option 4). In the same case, the highest level of profitability was determined – 212.5 %. The lowest level of profitability was observed for disk cultivation in the system of shallow single-depth tillage in crop rotation (option 3) on an unfertilized background – 14.7%. The yield of gross energy of crops per 1 ha of crop rotation area, depending on the methods of basic tillage and fertilizer doses in the unfertilized version and against the nutrient background $N_{82.5}P_{60}$ on gross energy yield was the highest in the system of differentiated tillage (option 4) and amounted to 76.0 and 167.9 GJ/ha.

Key words: reclamation, irrigation, tillage, fertilizers, yield, modelling, economic efficiency, energy assessment.

ДО БІОЛОГІЇ ЗЕЛЕНОЇ ЯБЛУНЕВОЇ ПОПЕЛИЦІ (*APHIS POMI*) ТА ЯБЛУНЕВОЇ ЛИСТКОВОЇ ГАЛИЦІ (*DASINEURA MALI*) – ОСНОВНИХ ФІЛОФАГІВ ЯБЛУНИ НА КРАПЕЛЬНОМУ ЗРОШЕННІ У СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Васильєв Сергій Володимирович

аспірант

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

ORCID: 0000-0001-9275-9927

vasilievserg55@gmail.com

У статті наведено результати досліджень біології основних шкідників листя: зеленої яблуневої попелиці – *Aphis pomi* (De Geer, 1773) і яблуневої листкової галиці (*Dasineura mali* Kieffer, 1904). Стаціонарні дослідження були закладені у яблуневих садах на крапельному зрошенні на сортах Джонаголд Декоста, Айдаред та Голден Резістент. Використовували загальноприйняті методики досліджень. Уточнено фенологію *A. pomi* та *D. mali*. Вихід личинок зеленої яблуневої попелиці із яєць відбувався у фази «зелений конус» та «розпускання бруньок» залежно від сорту яблунь (II–III декади квітня), а масова поява личинок – у фазі «мишачого вушка». Самки-засновниці з'являлися у фазі «цвітіння яблуні» (I декада травня), а самки-розселювачки – у фазі «кінець цвітіння» – «повне обсипання пелюсток» залежно від сорту, амфігонні особини – у I–III декадах вересня. Найбільша кількість попелиці була на сорті Голден Резістент (0,73–1,30 бали), менше – на Джонаголд Декоста (0,63–1,25 бали) і Айдаред (0,48–0,85 бали). Холодна весна та надмірні опади пригнічували розвиток *Aphis pomi*, а помірна тепла погода з відносною вологістю повітря більше 60,0 % сприяли збільшенню особин у популяції. Визначено видовий склад ентомофагів попелиці: *Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata*, *Propylea quatuordecimpunctata*, *Eureodes corollae*, *Episyrrhus balteatus*, *Sphaerophoria scripta*, *Sph. ruerpellii*. Встановлено, що вихід імаго галиці з місць зимівлі відбувався у II декаді квітня та у I декаді травня (фази «зелений конус» – «розпускання бруньок» залежно від сорту) залежно від погодних умов. Масова поява личинок першого покоління спостерігалася у фазу «цвітіння», найбільшій чисельності популяція сягала у III декаді червня – II декаді липня. Розвивалося три (2021 р.) та чотири (2018–2020 рр.) покоління фітофага за рік. Під час заселення галиця надавала перевагу сорту Голден Резістент. Уперше в регіоні досліджень виявлені ентомофаги личинок *D. mali*: *Orius niger* та хижий трипс (*Thysanoptera* sp.), які проходили повний цикл розвитку у галах. Також обмежує чисельність фітофага паразитоїд *Platygaster demades*. Найбільшій чисельності ентомофаги сягали під час розвитку третього покоління галиці.

Ключові слова: зелена яблунева попелиця, яблунева листкова галиця, фенологія, Джонаголд Декоста, Айдаред, Голден Резістент, ентомофаги.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.4>

Вступ. Садівництво – традиційна галузь сільського господарства України, яка має багатовікову історію. Важливість галузі полягає передусім в тому, що тут виробляються виключно цінні продукти харчування, які мають до того ж й значні лікувальні властивості (Burliai et al., 2013, p. 249). Як відомо, серед плодкових культур нашої батьківщини найбільшу площу має яблуня.

В умовах Лісостепу України в промислових садах зерняткових культур зареєстровано близько 250 видів шкідливих комах і кліщів, які завдають значних збитків. За відсутності чи несвоєчасного виконання захисних заходів проти шкідливих об'єктів у промислових насадженнях яблуні протягом вегетаційного періоду врожайність знижується на 18–37 % (Matviievskiy et al., 1990).

У регіоні досліджень до основних шкідників листя (філофагів) належать: зелена яблунева попелиця – *Aphis pomi* (De Geer, 1773) і яблунева листкова галиця (*Dasineura mali* Kieffer, 1904).

Зелена яблунева попелиця розповсюджена у північній частині півкулі, особливо в західній палеоарктичній області (Haley, Hogue, 1990; Milenković, 2002), а також в Америці та Австралії (Footitt et al., 2009).

Розвивається *A. pomi* на диких та культурних яблунях. Особливо часто і сильно шкодить у розсадниках та моло-

дих садах (Milenković, 2002; Milenković et al., 2013). Численні колонії попелиць можуть завдати серйозної шкоди яблуні, що проявляється у дрібноплідності, зниженні врожаю та ослабленні фізіологічного стану дерев. Личинки та імаго висмоктують сік із бруньок, заселяють нижній бік листків, зелені пагони, іноді зав'язі. Пошкоджене листя скручується і відмирає. Пагони затримуються в рості й викривляються (Baidyk et al., 2005; Andreev et al., 2007; Lara & Terreno, 2014; Absatarova, 2017). Фітофаг може викликати аномальний ріст термінальних пагонів, зменшувати частку неструктурних вуглеводів у коренях, пагонах та листках яблунь, що впливає на врожай (Kaakeh et al., 1993).

Для *A. pomi* характерний складний сезонний цикл розвитку. Фітофаг зимує на стадії яйця на молодих пагонах біля основи бруньок (Antonjuk et al., 1973; Baidyk et al., 2005; Yanovskiy & Mahilin, 2008).

Дослідники з Азербайджану повідомляють, що зимуючі яйця зеленої яблуневої попелиці знаходяться на молодому прирості та на вовчках. Вихід личинок із яєць відбувається у фазі розпускання бруньок, спочатку вони живляться соком з зелених кінчиків листків, що випинаються з лусочок плодкових бруньок, а потім переходять на листки та бутони (Kulieva & Ibragimov, 2013).

За даними вітчизняних дослідників (Bandura et al., 2015, р. 83) розвиток яєць після перезимівлі починається в І–ІІ декаді березня за середньодобової температури +5 °С. Початок виходу личинок з яєць припадає на ІІ декаду квітня, коли сума ефективних температур вище 5 °С становить 34,5–39,3 °С. Тривалість виходу личинок із зимуючих яєць становить 12–13 днів.

В умовах Казахстану личинки перетворюються на безкрилих самок-засновниць через два тижні з моменту відродження попелиць з яєць, коли сума ефективних температур сягає 105 °С (при порозі розвитку 5 °С), що співпадає з фазою повного цвітіння яблуні. Протягом життя (25–30 діб) засновниця відроджує 40–80 личинок, які через 8–10 діб перетворюються на безкрилих живородних самок, а у третьому поколінні також і на самок-розселювачок (Kulieva & Ibragimov, 2013).

Є дані, що початок розмноження зеленої яблуневої попелиці відбувається у чотириденних особин, а максимальна плодючість настає у віці 10 днів (Madahi, Sahragard, 2012). Найбільша тривалість життя (близько 2 місяців) у самок-засновниць, а найбільша плодючість (70 німф/самку) – у них та у безкрилих самок першого покоління. Безкрилі попелиці у великій кількості з'являються в червні та на початку липня. Яйцекладка зазвичай починається на початку вересня і триває доти, поки не опаде все листя і не настануть сильні заморозки (Rakauskas & Rupais, 1983).

У регіоні досліджень поява самок-засновниць спостерігається у І–ІІІ декаді травня за суми ефективних температур 121,3–138,4 °С. Тривалість життя самок-засновниць залежить від середньодобової температури і коливається від 23 до 26 днів. Самка-засновниця народжує 42–57 личинок, з яких через 11–18 днів розвиваються безкрилі і крилаті самки-розселювачки, поява яких припадає на ІІ декаду травня за суми ефективних температур 157,3–169,3 °С. У вересні – жовтні з'являються крилаті форми попелиць, які народжують личинок, що перетворюються на безкрилих амфігонних (яйцекладних) самиць і самців. Після спарювання самиці відкладають яйця, що зимують (Bandura et al., 2015).

Зменшення кількості крилатих самок на листках яблуні зазвичай відбувається коли умови стають несприятливими для нормального розвитку (відсутність кормової бази, несприятливі умови навколишнього середовища, хижацтво або паразитизм тощо), вони мігрують в інше середовище, де є умови для нормального виживання (Laghfiri et al., 2018).

Упродовж вегетаційного сезону попелиця дає на півночі України 6–8, у Лісостепу – 9–13, на півдні – 14–17 поколінь (Baidyk et al., 2005), у Литві зазвичай розвивається 8–10 поколінь на рік (Rakauskas, Rupais, 1983), у Казахстані 15–25 генерацій (Absatarova, 2017).

На розвиток популяції попелиць впливає ряд факторів. Низькі зимові температури часто призводять до загибелі яєць зеленої яблуневої попелиці. Крім того, для розвитку морфологічно різних поколінь потрібні різні суми ефективних температур, і тривалість розвитку залежить від метеорологічних умов (Stoljarova, Bej-Bienko, 1967). На чисельність зеленої яблуневої попелиці вкрай нега-

тивно впливають різкі зниження температури в період відродження личинок із зимуючих яєць (Koltun, 1991).

Велике значення в природному регулюванні чисельності зеленої яблуневої попелиці має діяльність ентомофагів, що належать до родин Coccinellidae, Chrysopidae, Syrphidae, Chamaemyiidae, Cecidomyiidae, Aphelinidae і Aphidiidae (Voronin et al., 2000; Fedorenko, Broun, 2012). Серед паразитів зеленої яблуневої попелиці найбільш численні представники родин Aphidiidae: *Lysiphlebus fabarum* Mars., *Ephedrus plagiator* Nees., *E. persicae* Froggott, *Aphidius rosae* Hal., *Trioxys angelicae* Hal. (Stoljarova, Bej-Bienko, 1967). На попелицях паразитують їздці із родин Aphidiidae – *Praon volucre* Hal., *Monoctonus cerasi* Marsh., *Lipolexis gracilis* Först., *Trioxys auctus* Hal.; Aphelinidae – *Aphelinus chachnia* Walk., *Aphidencyrus mamitus* Walk та інші (Baidyk et al., 2005).

Яблунева листкова галиця також належить до основних філофагів яблуні на крапельному зрошенні. Цей вид належить до корінних європейських видів (Antonjuk et al., 1988; Spungis, 2003; Krikunova et al., 2007). За рахунок експорту садивного матеріалу та продукції садівництва із Європи шкідник широко розповсюдився по планеті, захопивши інші континенти та країни, де його шкідливість досягала значного рівня – Північну Америку, Нову Зеландію, навіть Гавайї. Наразі цей фітофаг є карантинним або контрольованим об'єктом у більшості країн світу, наприклад Південній Кореї, Китаї, західних штатах США (Hrychaniuk, 2017).

Листкова яблунева галиця пошкоджує виключно яблуню, переважно в розсадниках і молодих садах (Antonjuk et al., 1988; Matviievskiy et al., 1990; Krikunova et al., 2007; Hrychaniuk, 2017). Шкодить на всій території України (Yanovskyi, 2019).

Пошкодження листків яблуні (33 % і більше) личинками галиці (сорт Бребур, Нова Зеландія), призводить до зниження темпів фізіологічних процесів у рослинах (на 51,6 мг/год в середньому) та поглинання рослинами карбону (Allison et al., 1995).

Яблунева листкова галиця зимує на стадії личинки в коконі та знаходиться у ґрунті. Літ імаго шкідника відбувається у фазі «зеленого конуса» яблуні. Самки відкладають яйця на верхню частину листків, які ще не розпустилися (Korchagin, 1971; Vasil'ev, Livshic, 1984; Matviievskiy et al., 1990; Yanovskyi, 2002). Їх приваблюють аромати молодих листків, бутонів і нестиглих яблук (Galanihe & Harris, 1997).

Виліт дорослих особин спостерігається наприкінці ІІІ декади квітня і в І декаді травня за середньодобової температури повітря 9,6–10,1 °С та відносної вологості повітря 79,4–81,3 %. Через 5–7 діб після вильоту відбувається парування і відкладання яєць, яке триває до кінця І – середини ІІ декади травня. Одна самка шкідника відкладає 7–23 яйця. Відродження личинок розпочинається через 4–5 днів (Hrychaniuk, 2015). За даними інших дослідників личинки відроджуються через 5–7 діб, заселяють паренхіму листків яблуні, де проходить їх живлення, скручують догори краї листка у вигляді червонуватих потовщених валиків-галів (Vasil'ev & Livshic, 1984; Matviievskiy et al., 1990; Krikunova et al., 2007).

В скручених листяних трубках може налічуватися від 21 до 78 личинок, при чому в період розвитку перших поколінь кількість личинок у трубках менша, ніж за розвитку останніх. Личинки після закінчення живлення (через 14–18 днів) падають на землю, де заляльковуються. Розвиток лялечки триває 12–17 днів (Hrychaniuk, 2015).

Розвиток від яйця до дорослої комахи проходить за 30–40 діб (Vasil'ev, Livshic, 1984). Для розвитку одного покоління необхідна сума ефективних температур становить 234,6–249,3 °C (Hrychaniuk, 2015, p. 9).

За даними закордонних дослідників кількість поколінь яблуневої листкової галиці може коливатися від двох до семи залежно від погодних умов (Tomkins et al., 2000). У Канаді за допомогою феромонних пасток і виявлення кладок яєць у листках яблуні встановлено, що у досліджених провінціях розвивається три генерації фітофага (Cossentine et al., 2020). У більшій частині Нової Зеландії цей вид розвивається у чотирьох поколіннях на рік (Smith & Charman, 1997; He & Wang, 2011; Lo et al., 2015), виняток становить Центральний Отаго, де розвивається три або чотири генерації залежно від суми температур (Wearing et al., 2013). В Європі фітофаг має три покоління на півночі та шість – на півдні (Cross et al., 1999) і чотири – п'ять поколінь на рік у Новій Зеландії (Shaw et al., 2005). В Україні впродовж року розвиваються три – чотири покоління (Vasil'ev & Livshic, 1984; Matviievskiy et al., 1990; Krikunova et al., 2007; Hrychaniuk, 2015; Yanovskyi, 2019).

Значну роль у зниженні чисельності галиці відіграють природні вороги. У Канаді досліджено вплив ентомофагів на яблуневу листкову галицю і встановлено, що *Platygaster demades* Walker (Hymenoptera: Platygastridae), випущений в Новій Шотландії в 1993 р., паразитував на 34 % третього покоління фітофага; *Lycrus nigroaeneus* Ashmead (Hymenoptera: Pteromalidae) паразитував до 21 % *D. mali* на південному заході Онтаріо; *Synopeas myles* (Walker) (Hymenoptera: Platygastridae) вперше був зареєстрований в Новій Шотландії та Онтаріо і був найважливішим паразитоїдом у Британській Колумбії. Паразитизм *Synopeas myles* в садах Оканаган і Сімількамін, Британська Колумбія зріс з 0 до 30 % личинок *D. mali* з 2014 по 2016 р. (Cossentine et al., 2020). Крім *P. demades* у Новій Зеландії серед природних ворогів значний вплив на галицю мають хижі клопи – *Orius vicinus* (Ribaut) (Homoptera: Heteroptera: Anthocoridae) і *Sejanus albispinata* (Homoptera: Heteroptera: Miridae) (Wearing et al., 2013).

В Україні найбільш ефективним паразитом є *P. demades*. Заселення цим паразитоїдом яєць другої генерації яблуневої листкової галиці складало близько 65 %. Встановлено, що в польових умовах розвиток цього ентомофага синхронізується з розвитком шкідника (Hrychaniuk, 2017).

Метою роботи було уточнення біологічних особливостей розвитку та виявлення ентомофагів основних філофагів яблуні у Східному Лісостепу України.

До завдань досліджень входило: уточнити фенологію *A. rotii* та *D. mali*; дослідити динаміку заселення яблуні трьох сортів основними філофагами протягом вегетації;

виявити та визначити види ентомофагів зеленої яблуневої попелиці та яблуневої листкової галиці.

Матеріали і методи досліджень. Стационарні досліді з вивчення комах-філофагів на яблуні були закладені у приватній агрофірмі (ПА) «Ватал» Краснокутського району Харківської області. Дослідження проводили протягом 2018–2021 рр. на трьох сортах яблуні: Джонаголд Декоста, Айдаред та Голден Резистент. Яблуні на клонових підщепах ММ-106 (Джонаголд Декоста), 54-118 (Айдаред, Голден Резистент), посаджені у 2009–2010 рр., схема садіння – 4×2 м. Кількість модельних дерев кожного сорту – 10.

Маршрутні обстеження проводили у ТОВ «Перше травня» Золочівського району та СТОВ «Родіна» Богодухівського району Харківської області. Під час проведення досліджень використовували загальноприйняті методики (Omeliuta, 1986; Dolia et al., 2004). Дисперсійний аналіз одержаних результатів проводили за методикою Б. О. Доспехова (Dosphehov, 1985).

У період розпускання бруньок – до цвітіння яблуні обліковували попелиць на кожному модельному дереві, оглядаючи 10 суцвіть і розеток листків. Заселення фітофагом встановлювали за чотирибальною шкалою: 0 – бутони, розетки листків чи пагони не заселені; 1 – наявні поодинокі особини шкідника; 2 – є невеликі колонії, які займають менше 50 % поверхні листків та пагонів; 3 – колоніями попелиць зайнято більше половини листків та пагонів яблуні. Після цвітіння яблуні обліковували попелиць на 10 молодих пагонах на кожному модельному дереві, використовуючи наведену вище чотирибальну шкалу.

Імаго *D. mali* та деяких ентомофагів виявляли косінням ентомологічним сачком по гілкам яблуні та у міжрядді (100 помахів/пробу), а також за допомогою клейових кольорових пасток жовтого та синього кольорів (по 10 шт./га). Облік заселеності дерев личинками яблуневої листкової галиці проводили з квітня по жовтень. Оглядали дерева з чотирьох сторін по 10 гілочок. Усі виявлені гали з модельних дерев забирали до лабораторії, листки з галами поміщали у паперові пакети з відповідними етикетками та підраховували личинок під мікроскопом. Розтинали гали за допомогою ентомологічних голок. Одночасно виявляли та встановлювали кількість ентомофагів у галах, їх фази розвитку та частку заселених галів певним видом хижака чи паразитоїда.

Результати. У роки досліджень основними філофагами яблуні на крапельному зрошенні були *A. rotii* та *D. mali*.

Встановлено, що зелена яблунева попелиця зимувала на стадії яйця на однорічному прирості. Попелиця під час відкладання яєць надавала перевагу ростковим гілочкам порівняно з плодовими. Дрібні, чорні, ниркоподібні яйця амфігонні самки відкладали восени (вересень – жовтень) на лусочки бруньок. Кількість зимуючих яєць була такою: у 2018 р. – 0,25 яєць/гілку довжиною 10 см при заселенні 4,6 % оглянутих гілочок (максимум 8 яєць на гілку); у 2019 р. – 0,34 яєць/гілку довжиною 10 см (максимум 6 яєць/гілку) при заселенні

7,5 %; у 2020 р. – 0,40 яєць/гілку довжиною 10 см (максимум 16 яєць на гілку) при заселенні 5,4 %; у 2021 р. – 0,13 яєць/гілку довжиною 10 см (максимум 9 яєць/гілку) при заселенні 2,1 % оглянутих гілочок. Слід зазначити, що до зниження кількості заселених попелицею гілочок призвело обрізування саду взимку з 2020 на 2021 р.

Фенологічні спостереження показали, що личинки *A. rotii* відроджувалися на початку II декади – в кінці III декади квітня залежно від погодних умов. Поява личинок відбувалася у фази «зелений конус» – «розпускання бруньок» яблуні. Масове відродження спостерігалось у фазі «мишачого вушка». Перші самки-засновниці (друге покоління) були виявлені на початку цвітіння яблуні в I декаді травня. У фазі «кінець цвітіння» – «повне обсипання пелюсток» спостерігався літ самок-розселювачок (третє покоління). Встановити точний час появи наступних поколінь не вдалося, бо вони накладалися одне на одне. Перші амфігонні самки та самці у 2018 р. були зафіксовані у III декаді вересня, а у 2019 р. – у I декаді цього ж місяця.

Заселення дерев попелицями відбувалося протягом сезону з прилеглих біотопів та присадибних ділянок, що знаходилися поруч з садами. Під час масового заселення спостерігався крайовий ефект, при цьому заселення крайніх смуг сягало 91,7 %. У середині кварталів заселеність попелицею становила 8,3–33,3 %.

Спостереження за динамікою заселення попелицею яблунь трьох досліджуваних сортів показали, що фітофага найбільше приваблював сорт Голден Резісент, Айдаред і Джонаголд Декоста заселялися *A. rotii* менше. Так, у 2018 р. середній бал заселення сорту Голден Резісент становив 0,50, Айдареду – 0,26, Джонаголд Декоста – 0,34 ($НІР_{05} = 0,21$); у 2019 р. – 0,39, 0,31 та 0,35 бали ($НІР_{05} = 0,04$) відповідно; у 2020 р. – 0,60, 0,37 та 0,48 бали ($НІР_{05} = 0,14$) відповідно; у 2021 р. – 0,37, 0,24 та 0,26 бали ($НІР_{05} = 0,07$) відповідно по сортам. Результати дослідження динаміки заселення яблунь попелицею по сортам представлені на рис. 1–3.

Максимальна заселеність сорту Голден Резісент попелицею у роки досліджень була у другій половині липня: у 2018 р. – 1,30 бали, у 2019 р. – 1,00, у 2020 р. – 1,28 та у 2021 р. – 0,73 бали.

На сорті Айдаред найбільша кількість колоній фітофага спостерігалася наприкінці липня – на початку серпня: у 2018 р. – 0,68 бали, у 2019 р. – 0,80, у 2020 р. – 0,85, а у 2021 р. – 0,48 бали.

На сорті Джонаголд Декоста найбільш чисельною попелиця була у липні: у 2018 р. – 0,83 бали, у 2019 р. – 0,95, у 2020 р. – 1,25, у 2021 р. – 0,63 бали.

На динаміку заселення яблунь попелицею впливали погодні умови. Найбільш сприятливим був 2020 р. з достатньою кількістю тепла та опадів, найменш сприятливим виявився 2021 р., який характеризувався прохолодною весною та надмірною кількістю опадів. Середня температура повітря з 01.04. по 30.09.2018 р. становила 18,7 °С, середня вологість – 58,0 %, сума опадів – 238 мм; за цей же період 2019 р. середня температура була 18,0 °С, вологість повітря – 60,0 %, а сума опадів – 216 мм; у 2020 р. ці показники мали значення 17,3 °С,

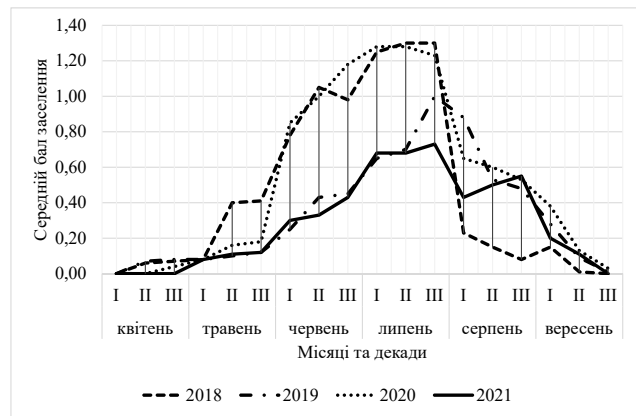


Рис. 1. Динаміка заселення яблуні сорту Голден Резісент *A. rotii* у ПА «Ватал» Краснокутського району Харківської області у 2018–2021 рр.

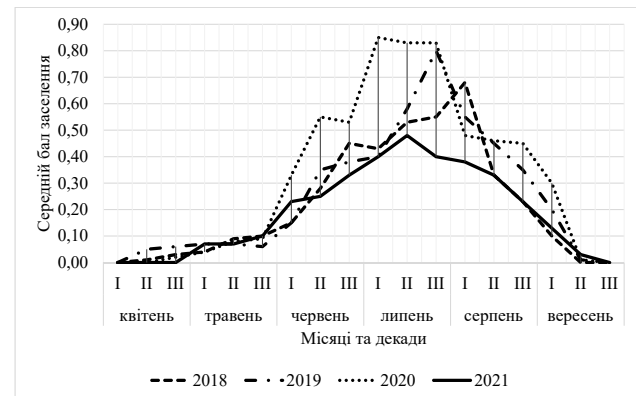


Рис. 2. Динаміка заселення яблуні сорту Айдаред *A. rotii* у ПА «Ватал» Краснокутського району Харківської області у 2018–2021 рр.

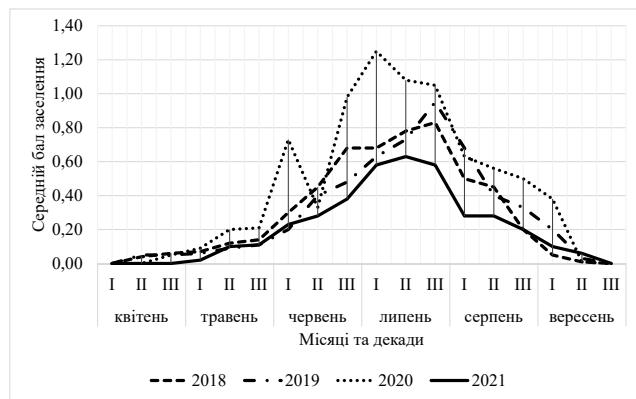


Рис. 3. Динаміка заселення яблуні сорту Джонаголд Декоста *A. rotii* у ПА «Ватал» Краснокутського району Харківської області у 2018–2021 рр.

59,0 % і 274 мм відповідно; у 2021 р. – 17,0 °С, 69,0 % і 477 мм відповідно.

За результатами досліджень встановлено, що серед ентомофагів попелиці найбільш масовими були сонечка: *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773), *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758, *Propylea quatuordecimpunctata* (Linnaeus, 1758), а також мухи-сирфіди: *Eupeodes*

corollae (Fabricius, 1794), *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776), *Sphaerophoria scripta* (Linnaeus, 1758), *Sph. ruelpellii* (Wiedemann, 1830).

Інший філофаг – яблунева листкова галиця зимувала у ґрунті на стадії пупарію на глибині до 10,0 см. Перші імаго у 2018–2019 рр. були виявлені у II декаді квітня (фази «зелений конус» – «розпускання бруньок») за середньої декадної температури повітря 12,3 і 8,9 °С та вологості повітря 54,0 і 72,0 % відповідно по рокам. У 2020–2021 рр. весна була холодною, через що виліт імаго галиці відбувся у I декаді травня за середньої декадної температури 13,8 і 12,8 °С та вологості повітря 76,0 і 59,0 % відповідно по рокам.

У 2018 р. перші личинки *D. mali* були виявлені у I декаді травня на сорті Голден Резистент та у II декаді цього ж місяця на сортах Айдаред та Джонаголд Декоста. У 2019–2021 рр. личинки фітофага були зафіксовані у II декаді травня одночасно на всіх дослідних сортах, крім сорту Айдаред у 2020 р. (личинки виявлені у III декаді травня). Масова поява личинок спостерігалася у фазу «цвітіння» яблунь. Середня щільність личинок першого покоління галиці коливалася по рокам і сортам й у 2018 р. становила: 0,2–7,6 личинок/гал, у 2019 р. – 0,3–5,6, у 2020 р. – 0,2–8,6 та у 2021 р. – 0,2–6,6 личинок/гал.

Імаго другого покоління у 2018 р. з'явилися в I декаді червня, у 2019–2021 рр. – у II декаді цього ж місяця. Личинки цього покоління розвивалися у II–III декадах червня. Друге покоління у регіоні досліджень найбільш масове. Середня щільність фітофага у 2018 р. була: 7,6–10,9 личинок/гал, у 2019 р. – 4,7–9,9, у 2020 р. – 5,3–11,3 та у 2021 р. – 5,2–11,8 личинок/гал.

Дорослі комахи третього покоління були зафіксовані у 2018 р. наприкінці I декади липня, у 2019–2021 рр. – у II декаді цього ж місяця. Щільність шкідника цього покоління становила: у 2018 р. – 3,9–8,4 личинки/гал, у 2019 р. – 4,7–6,4, у 2020 р. – 2,9–4,2, у 2021 р. це було останнє покоління і його щільність сягала до 4,7 личинки/гал.

Четверте покоління розвивалося у 2018–2020 рр., виліт імаго відбувся у 2018 р. наприкінці II декади серпня, у 2019–2020 рр. – у III декаді цього ж місяця. Личинки цієї генерації розвивалися з III декади серпня – I декади вересня і поодинокі траплялися на початку жовтня. У II декаді жовтня усі личинки пішли у місця зимівлі, гали були порожні.

Результати дослідження динаміки чисельності личинок яблуневої листкової галиці відображені на рис. 4–6.

Встановлено, що під час заселення яблунь фітофаг надавав перевагу середнім та нижнім ярусам дерев, висота яких становила 2,5–3,0 м. Галиці заселяли лише молоді листки по периферії крон. На одній гілці яблуні в середньому було заселено два листки (максимально вісім) при цьому на одній гілці могли розвиватися кілька поколінь фітофага, що добре помітно по галах, розташованих на різних проміжках гілок.

У результаті досліджень було виявлено три види ентомофагів личинок *D. mali*: хижак *Orius niger* (Wolff, 1811) (Hemiptera: Heteroptera: Anthracoridae) та хижий трипс (*Thysanoptera* sp.), паразитоїд – *Platygaster demades*

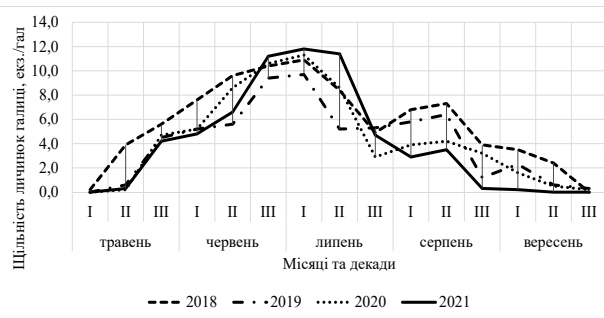


Рис. 4. Динаміка чисельності личинок *D. mali* на сорті Голден Резистент у ПА «Ватал» Краснокутського району Харківської області у 2018–2021 рр.

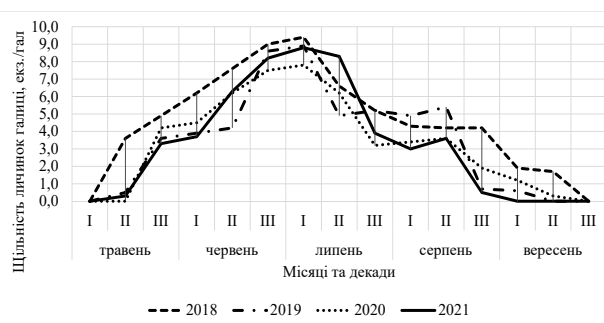


Рис. 5. Динаміка чисельності личинок *D. mali* на сорті Айдаред у ПА «Ватал» Краснокутського району Харківської області у 2018–2021 рр.

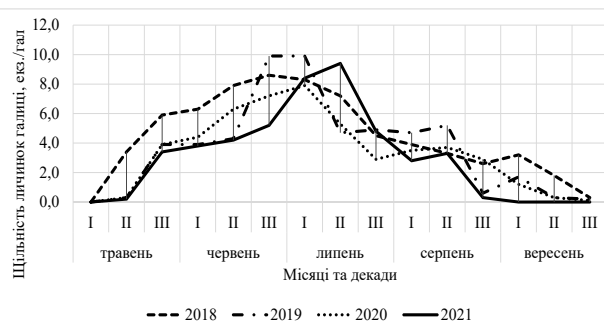


Рис. 6. Динаміка чисельності личинок *D. mali* на сорті Джонаголд Декоста у ПА «Ватал» Краснокутського району Харківської області у 2018–2021 рр.

Walker, 1836 (Hymenoptera: Platygasteridae). Усі ентомофаги були знайдені всередині галів і проходили повний цикл розвитку. Найбільша чисельність природних ворогів галиці зафіксована на третьому поколінні фітофага.

Обговорення. Фенологічні спостереження за *A. rosti* підтвердили результати проведених раніше досліджень (Antonjuk et al., 1973; Baidyk et al., 2005; Yanovsky & Mahilin, 2008; Vandura et al., 2015), що зимують попелиці на стадії яйця, мають складний сезонний життєвий цикл, їх фенологія прив'язана до фенофаз кормової рослини.

Нами уточнено строки початку відродження личинок із зимуючих яєць у регіоні досліджень. Вони збіга-

ються з фазами «зелений конус» та «розпускання бруньок» яблунь залежно від сорту (II–III декади квітня). Масово личинки з'являються у фазі «мишачого вушка», самки-засновниці – у фазі «цвітіння яблуні» (I декада травня), а самки-розселювачки – у фазі «кінець цвітіння» – «повне обсипання пелюсток» на різних сортах, амфігонні особини зеленої яблуневої попелиці були виявлені з I декади вересня.

Серед досліджуваних сортів *A. pomi* сильніше пошкоджувала Голден Резистент, ніж Джонаголд Декоста та Айдаред.

За даними ряду науковців (Stoljarova & Bej-Bienko, 1967; Koltun, 1991; Baidyk et al., 2005; Kulieva & Ibragimov, 2013) оптимальні умови для розвитку зеленої яблуневої попелиці – помірна тепла погода і підвищена відносна вологість повітря, а чисельність попелиць знижується при загасанні ростових процесів у кормових рослин, високій температурі поряд з низькою відносною вологістю повітря та рясних зливах, які змивають значну кількість комах. І дійсно, результати наших досліджень показали, що сприятливим для розвитку фітофага був 2020 р. з достатньою кількістю тепла та опадів, а холодна весна та надмірні опади у 2021 р. пригнічували розвиток попелиць.

Наші дослідження щодо ентомофагів попелиці також підтвердили дані науковців (Voronin et al., 2000; Fedorenko, Vroun, 2012), які виділяють серед природних ворогів кокцинелід та сирфід, але нами було розширено список видів комах, що живляться зеленою яблуневою попелицею.

Дослідження фенології яблуневої листової галиці показали співпадіння з літературними даними (Korchagin, 1971; Vasil'ev & Livshic, 1984; Matviiievskiy et al., 1990; Yanovskiy, 2002; Krikunova et al., 2007; Hrychaniuk, 2015). В Україні (Hrychaniuk, 2015) вихід галиці з місць зимівлі відбувається наприкінці III декади квітня і в I декаді травня, а за нашими спостереженнями – у II декаді квітня (фази «зелений конус» – «розпускання бруньок» залежно від сорту) у 2018–2019 рр. та у I декаді травня у 2020–2021 рр. Також відрізнялася динаміка чисельності шкідника. Масова поява личинок першого покоління спостерігалася у фазу «цвітіння» яблунь. Поодинокі личинки галиці старших віків у 2018–2020 рр. траплялися до кінця першої декади жовтня, а у 2021 р. – у I декаді вересня.

Галиця надавала перевагу сорту Голден Резистент, менше пошкоджувала Джонаголд Декосту та Айдаред. Так, у 2018 р. середня щільність личинок галиці на сорті Голден Резистент становила 5,7 екз./гал, на Джонаголд Декості – 4,5 екз./гал та на Айдареді – 4,6 екз./гал ($HIP_{05} = 0,6$); у 2019 р. – 4,4, 3,9 та 3,7 екз./гал ($HIP_{05} = 0,4$) відповідно; у 2020 р. – 4,7, 3,6 та 3,6 екз./гал ($HIP_{05} = 0,8$) відповідно; у 2021 р. – 5,2, 3,8 та 4,2 екз./гал ($HIP_{05} = 1,0$) відповідно по сортам.

Уперше в регіоні досліджень нами були виявлені такі ентомофаги личинок *D. mali* як клоп *O. niger* та хижий трипс (*Thysanoptera* sp.), які проходили повний цикл розвитку у галах. Також підтверджено дані щодо наявності у популяції галиці паразита *P. demades* (Wearing et al., 2013; Hrychaniuk, 2017; Cossentine et al., 2020). Встановлено, що найбільшій чисельності ентомофаги сягають під час розвитку третього покоління фітофага.

Висновки. Встановлено, що у регіоні досліджень вихід личинок зеленої яблуневої попелиці із зимуючих яєць відбувався у фази «зелений конус» та «розпускання бруньок» залежно від сорту яблунь (II–III декади квітня), а масова поява личинок – у фазі «мишачого вушка». Самки-засновниці з'являлися у фазі «цвітіння яблуні» (I декада травня), а самки-розселювачки – у фазі «кінець цвітіння» – «повне обсипання пелюсток» залежно від сорту, амфігонні особини – у I–III декадах вересня.

Динаміка заселення яблунь попелицею коливалася по рокам залежно від погодних умов та сорту. Найбільша кількість попелиці була на сорті Голден Резистент (0,73–1,30 бали), ніж на Джонаголд Декоста (0,63–1,25 бали) і Айдаред (0,48–0,85 бали). Статистична обробка показала, що *A. pomi* достовірно сильніше заселяла яблуню сорту Голден Резистент.

Встановлено, що холодна весна та надмірні опади пригнічували розвиток *A. pomi*, а помірна тепла погода з відносною вологістю повітря більше 60,0 % сприяли збільшенню особин у популяції.

Визначено видовий склад ентомофагів попелиці: *H. Axyridis*, *C. septempunctata*, *P. quatuordecimpunctata*, *E. corollae*, *E. balteatus*, *Sph. scripta*, *Sph. rueppellii*, *P. versicolor*, *Platycheirus* sp.

Дослідження показали, що вихід імаго галиці з місць зимівлі відбувалося у II декаді квітня (фази «зелений конус» – «розпускання бруньок» залежно від сорту) у 2018–2019 рр. та у I декаді травня у 2020–2021 рр. залежно від погодних умов. Масова поява личинок першого покоління спостерігалася у фазу «цвітіння» яблунь, найбільшій чисельності популяція сягала у III декаді червня – II декаді липня. Поодинокі личинки галиці старших віків траплялися до кінця першої декади жовтня. Розвивалося три (2021 р.) та чотири покоління (2018–2020 рр.) фітофага за рік залежно від погодних умов.

Дисперсійний аналіз показав, що під час заселення галиця достовірно надавала перевагу сорту Голден Резистент, ніж Джонаголд Декості та Айдареду, заселяючи середні та нижні яруси дерев по периферії крони.

Уперше в регіоні досліджень виявлені ентомофаги личинок *D. mali*: *O. niger* та хижий трипс (*Thysanoptera* sp.), які проходили повний цикл розвитку у галах. Також обмежував чисельність фітофага паразит *P. demades*. Найбільшій чисельності ентомофаги сягають під час розвитку третього покоління галиці.

Бібліографічні посилання:

1. Absatarova, D. A. (2017). Tli (Homoptera: Aphidinea) – osnovnye vrediteli v pitomnikah jabloni [Aphids (Homoptera: Aphidinea) are the main pests in apple tree seed plot]. Innovacionnye podhody i perspektivnye idei molodyh uchenykh v agrarnoy nauke: sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenykh (17 nojabrja 2017 g., Kajnar). Taugul-Print. Almaty. 34–37. ISBN: 978-601-7942-03-8 (in Russian).

2. Allison, P. A., Meekings, J. S., Tomkins, A. R. & Wilson, D. J. (1995). Effects of leaf damage by apple leafcurling midge (*Dasineura mali*) on photosynthesis of apple leaves. Proceedings of the Forty Eighth New Zealand Plant Protection Conference, Angus Inn, Hastings, New Zealand, 121–124.
3. Andreev, R., Rasheva, D. & Kutinkova, H. (2007). Aphids in apple orchards in Central-South Bulgaria. Journal of plant protection research. 47(1), 87–90.
4. Antonjuk, S. Ja., Arejnikov, B. A., Bajdashnikov, A. A., Vasil'ev, V. P., Vojtenko, A. N., Gorkavenko, A. S., Dmitriev, G. V., Dolin, V. G., Djadechko, N. P., Zagajkevich, I. K. & Kolesova, D. A. i dr. (1988). Vrediteli sel'skoho zjajstvennyh kul'tur i lesnyh nasazhdenij v 3 t. T. 2: Vrednye chlenistonogie, pozvonochnye [Pests of agricultural crops and forest plantations in 3 volumes. Vol. 2: Harmful arthropods, vertebrates]. Urozhaj. Kiev. 482–490 (in Russian).
5. Antonjuk, S. Ja., Arejnikov, B. A., Bajdashnikov, A. A., Vasil'ev, V. P., Vojtenko, A. N., Gorkavenko, A. S., Dmitriev, G. V., Dolin, V. G., Djadechko, N. P., Zagajkevich, I. K., Kolesova, D. A. i dr. (1973). Vrediteli sel'skoho zjajstvennyh kul'tur i lesnyh nasazhdenij v 3 tomah. T. I. Vrednye nematody, molljusk, chlenistonogie (chast' pervaja) [Pests of crops and forest plantations in 3 volumes. Vol. I. Harmful nematodes, mollusks, arthropods (part one)]. Kiev : Urozhaj, 496 (in Russian).
6. Baidyk, H. V., Biletskyi, Ye. M., Bilyk, M. O., Yevtushenko, M. D., Zakharenko, O. V., Lytvynov, B. M., Lezhenina, I. P. ta in. (2005). Silskohospodarska entomolohiia [Agricultural entomology]. Kyiv : Vyscha osvita, 511 (in Ukrainian).
7. Bandura, L. P., Maslikova, K. P., Nimenko, S. O. (2015). Zakhyst promyslovoho yablunevoho sadu vid zelenoi yablunevoi popelytsi v umovakh Stepu Ukrainy [Protection of an industrial apple orchard from green apple aphids in the steppe of Ukraine]. Biuletyn Instytutu silskoho gospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy. 9. 81–85 (in Ukrainian).
8. Burliai, O. L., Burliai, A. P. & Kharenko, A. O. (2013). Suchasnyi stan rozvytku sadivnytstva v Ukraini [The current state of horticulture development in Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. 82. 249–259 (in Ukrainian).
9. Cossentine, J. E., Brauner, A. M., Franklin, J. L., Robertson, M. C., Buhl, P. N., Blatt, S., Garipey, T. D., Fraser, H., Appleby, M., Grigg-McGuffin, K. & Mason, P. G. (2020). Parasitism and phenology of *Dasineura mali* (Diptera: Cecidomyiidae) in Canadian apple (Rosaceae) orchards. The Canadian Entomologist. 152(3). 355–373. doi: 10.4039/tce.2020.15
10. Cross, J. V., Solomon, M. G., Brabandereier, D., Blommers, L., Easterbrook, M. A., Jay, C. N., Jenser, G., Jolly, R. L., Kuhlmann, U., Lilley, R., Olivella, E., Toepfer, S. & Vidal, S. (1999). Biocontrol of pests of apples and pears in northern and central Europe: 2. Parasitoids. Biocontrol Science and Technology. 9(3), 277–314.
11. Dolia, M. M., Pokozii, Y. T., Mamchur, R. M., Dolia, L. I., Melnyk, B. V., Dmytriieva, O. Ye., Khomenko, I. I., Bondareva, L. M., Humeniuk, L. V. (2004). Fitosanitarnyi monitorynh [Phytosanitary monitoring]. Kyiv : NNTsIAE, 294 (in Ukrainian).
12. Dospheov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyta [Methodology of the field experiment]. Agropromizdat. Moskva. 351 (in Russian).
13. Fedorenko, V. P. & Broun, I. V. (2012). Entomofahy zelenoi yablunevoi popelytsi [Entomophages of green apple aphid]. Karantyn i zakhyst roslyn. 2, 20–22 (in Ukrainian).
14. Footitt, R. G., Lowery, D. T., Maw, H. E. L., Smirle, M. J. & Lushai, G. (2009). Identification, distribution, and molecular characterization of the apple aphids *Aphis pomi* and *Aphis spiraecola* (Homoptera: Aphididae: Aphidinae). Can. Entomol. 141. 478–495.
15. Galanihe, L. D., Harris, M. O. (1997). Plant volatiles mediate host-finding behavior of the apple leafcurling midge. J. Chem. Ecol. 23. 2639–2655.
16. Haley, S., Hogue, E. (1990). Ground cover influence on apple aphid, *Aphis pomi* De Geer (Homoptera: Aphididae), and its predators in a young apple orchard. Crop Protection. 9, 225–230.
17. He, X. Z. & Wang, Q. (2011). Phenological dynamics of *Dasineura mali* (Diptera: Cecidomyiidae) and its parasitoid *Platygaster demades* (Hymenoptera: Platygasteridae) in apple orchards. Journal of Economic Entomology. 104. 1640–1646.
18. Hrychaniuk, V. P. (2015). Zakhyst sadzhantsiv vid yablunevoi lystkovo halyti [Protection of seedlings from apple leaf halibut]. Karantyn i zakhyst roslyn. 4, 7–10 (in Ukrainian).
19. Hrychaniuk, V. P. (2017). Halytsi (Diptera: Cecidomyiidae) – shkidnyky v rozsadnykakh yabluni i hrushi ta rehuliuвання yikh chyselnosti v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [The Midges (Diptera: Cecidomyiidae) – pests in apple and pear nurseries and regulation of their numbers in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]: dys. ... kand. s.-h. nauk: 16.00.10. Umanskyi natsionalnyi universytet sadivnytstva. Uman, 208 (in Ukrainian).
20. Kaakeh, W., Pfeiffer, D. G. & Marini, R. P. (1993). Effect of *Aphis spiraecola* and *A. pomi* (Homoptera: Aphididae) on the growth of young apple trees. Crop Protection. 12, 141–147.
21. Koltun, N. E. (1991). Bioekologicheskoe obosnovanie meroprijatij po zashchite pitomnikov jabloni ot zelenoi yablonnoj tli (*Aphis pomi* Deg.) v Belorusi [Bioecological substantiation of measures to protect apple tree nurseries from green apple aphid (*Aphis pomi* Deg.) in Belarus]: avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk: 06.01.11. Belorusskij nauchno-issledovatel'skij institut zashchity rastenij. Priluki, 21 (in Russian).
22. Korchagin, V. N. (1971). Vrediteli i bolezni plodovyh i jagodnyh kul'tur [Pests and diseases of fruit and berry crops]. Kolos. Moskva. 160 (in Russian).
23. Krikunova, N. I., Supranovich, R. V. & Jarchakovskaja, S. I. (2007). Vrediteli i bolezni plodovo-jagodnyh, ovoshnyh kul'tur i kartofelja [Pests and diseases of fruit and berry, vegetable crops and potatoes]. Minsk: Belorusskaja Nauka, 169 (in Russian).
24. Kulieva, H. & Ibragimov, Dzh. Je. (2013). Osnovnye sosushhie vrediteli plodovyh kul'tur Gjandzha-Kazahskoj zony Azerbajdzhana [The main sucking pests of fruit crops in the Ganja-Kazakh zone of Azerbaijan]. Təbiət elmləri seriyası. Bakı Universitetinin Xəbərləri. 1, 27–34 (in Russian).

25. Laghfiri, M., Madani, I., Boutaleb, A. J., Blenzar, A., Jordan, M. O., Sauge, M. H., Lauri, P. E. & Smali, C. (2018). The impact of water and nitrogen depletion on *Aphis pomi* infestation in the Apple orchard and its relation with the useful fauna and ants. *Journal of Materials and Environmental Sciences*. 9(1), 145–154.
26. Lapa, O. M. & Termeno, V. K. (2014). Dovidnyk zakhystu roslyn na dachnykh i prysadybnykh diliankakh [Handbook of plant protection in country and homestead plots]. TOV Olbi, 130 (in Ukrainian).
27. Lo, P. L., Walker, J. T. S. & Suckling, D. M. (2015). Prospects for control of apple leaf midge *Dasineura mali* (Diptera: Cecidomyiidae) by mass trapping with pheromone lures. *Pest Management Science*. 71, 907–913.
28. Madahi, K. & Sahragard, A. (2012). Comparative life table of *Aphis pomi* (Hemiptera: Aphididae) on two host plants *Malus pumila* L. and *Chaenomeles japonica* under laboratory conditions. *J. Crop Prot.* 1(4), 321–330.
29. Matviiivskiy, O. S., Kalenych, F. S., Loshchytskyi, V. P. & Tkachov, V. P. (1990). Dovidnyk po zakhystu sadiv vid shkidnykiv i khvorob [A guide to protecting gardens from pests and diseases]. Harvest: Kyiv, 215 (in Ukrainian).
30. Milenković, S. (2002) Jabukina zelena vaš aphis pomi de geer. – štetnost i suzbijanje. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik. 8(2). 61–66.
31. Milenković, S., Marčić, D., Ružičić, L. (2013). Control of green apple aphid (*Aphis pomi* De Geer) in organic apple production. *Pestic. Phytomed.* (Belgrade). 28(4), 281–285.
32. Omeliuta, V. P., red. (1986). Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur [Accounting for pests and diseases of crops]. Kyiv: Urozhai, 296 (in Ukrainian).
33. Rakauskas, R., Rupais, A. (1983). Biology of the green apple aphid in Lithuania. *Act. Entomol. Litu.* 2(1). 20–30.
34. Shaw, P. W., Wallis, D. R., Alspach, P. A., Sandanayaka, W. R. M. (2005). Phenology of apple leafcurling midge (*Dasineura mali*) in relation to parasitism by *Platygaster demades*. *New Zealand Plant Protection*. 58. 306–310.
35. Smith, J. T., Chapman, B. (1997). Apple leafcurling midge egg laying on different apple cultivars and orchard properties on the Waimea plains. *Proceedings of the 50th New Zealand Plant Protection Conference*. Nelson. 247–251.
36. Spungis, V. A. (2003). Checklist of Latvian Cecidomyiinae (Diptera, Cecidomyiidae): with notes on new records. *Latvijas Entomologs*. 40. 5–11.
37. Stoljarova, F. A. & Bej-Bienko, G. Ja. (1967). Biologicheskie osobennosti zelenoj jablonnoj tli v uslovijah Leningradskoj oblasti i ee parazity iz pereponchatokrylyh nasekomyh [Biological features of the green apple aphid in the conditions of the Leningrad region and its hymenopteran parasites]. *Sbornik nauchnyh rabot studentov (1965–1966)*. Leningrad, 105–113 (in Russian).
38. Tomkins, A. R., Wilson, D. J., Thomson, C., Bradley, S., Cole, L., Shaw, P., Gibb, A., Suckling, D. M., Marshall, R., Wearing, C. H. (2000). Emergence of apple leafcurling midge (*Dasineura mali*) and its parasitoid (*Platygaster demades*). *New Zealand Plant Protection*. 53, 179–184.
39. Vasil'ev, V. P., Livshic, I. Z. (1984). Vrediteli plodovykh kul'tur [Pests of fruit crops]. Moskva: Kolos, 399 (in Russian).
40. Voronin, K. E., Pukinskaja, G. A., Voronina, Je. G., Maksimova, N. L., Zubkov, A. F. (2000). Biocenoticheskaja rol' afidofagov i jentomoftoroza v agroekosistemah. *Vestnik zashhity rastenij* [The biocenotic role of aphidophages and entomophorosis in agroecosystems]. 3, 3–12 (in Russian).
41. Wearing, C. H., Marshall, R. R., Atfield, B. & Colhoun, C. (2013). Phenology and distribution of the apple leafcurling midge (*Dasineura mali* (Kieffer) (Diptera: Cecidomyiidae) and its natural enemies on apples under biological and integrated pest management in Central Otago, New Zealand. *New Zealand Entomologist*. 36, 87–106.
42. Yanovskyi, Yu. P. (2002). Osnovni shkidnyky zerniatkovykh u roszadnykakh i zakhyst roslyn vid nykh u Lisostepu Ukrainy [The main pests of grains in nurseries and plant protection from them in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Korsun-Shevchenkovskiy, Irena*, 2002, 299 (in Ukrainian).
43. Yanovskyi, Yu. P. (2019). Dovidnyk iz zakhystu plodovykh kultur [Handbook for the protection of fruit crops]. Feniks. Kyiv. 472 (in Ukrainian).
44. Yanovskyi, Yu. P. & Mahilin, A. V. (2008). Vydovyi sklad fitofahiv ta zoofahiv, shcho obmezhuut yikh chyselnist u roszadnykakh yabluni v Tsentralnomu Lisostepu Ukrainy [Species composition of phytophagous and zoophagous, limiting their number in apple orchards in the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Visn. Poltav. derzh. ahrar. akad.* 1, 52–60 (in Ukrainian).

Vasyliyev S. V., PhD student, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

On the biology of green apple aphid (*Aphis pomi*) and the apple leaf midge (*Dasineura mali*) – the main phyllophagous apple trees on drip irrigation in the eastern forest-steppe of Ukraine

The article presents the results of research on the biology of the main leaf pests: the green apple aphid – *Aphis pomi* (De Geer, 1773) and the apple leaf midge (*Dasineura mali* Kieffer, 1904). Stationary experiments were carried out in apple orchards on drip irrigation on the varieties Jonagold Decosta, Idared and Golden Resistant. Conventional research methods were used. The phenology of *A. pomi* and *D. mali* has been clarified. The emergence of larvae of green apple aphids from eggs took place in the phase of «green cone» and «bud burst» depending on the variety of apples (II–III decades of April), the mass appearance of larvae – in the phase of «mouse ear». The founding females appeared in the «apple blossom» phase (I decade of May), the resettlement females in the «end of flowering» phase – «complete shedding of petals» depending on the variety, egg-laying individuals – in the I and III decades of September. The highest number of aphids was on the Golden Resistant variety (0.73–1.30 points), less – on Jonagold Decosta (0.63–1.25 points) and Idared (0.48–0.85 points). Cold spring and excessive rainfall suppressed the development of *Aphis pomi*, and warm weather with relative humidity of more than 60.0 % contributed to the increase of individuals in the population. The species composition of aphid entomophages was determined: *Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata*, *Propylea quatuordecimpunctata*, *Eupeodes corollae*, *Episyrrhus balteatus*, *Sphaerophoria scripta*, *Sph. rueppellii*. It was found that the exit of the apple leaf midge imago from

wintering grounds took place in the II decade of April and in the I decade of May (phases «green cone» – «bud burst» depending on the variety) and it depended on weather conditions. The mass appearance of larvae of the first generation was observed in the «flowering» phase, the largest population reached in the III decade of June – II decade of July. Three (2021) and four (2018–2020) phytophagous generations per year developed. During the settlement, the midge preferred the Golden Resistant variety. For the first time in the study area, entomophagous of *D. mali* larvae: *Orius niger* and predatory thrips (*Thysanoptera* sp.) were detected, which underwent a full cycle of development in gallies. The parasite *Platygaster demades* also limited the number of phytophages. The largest number of entomophagous reached during the development of the third generation of the midge.

Key words: green apple aphid, the apple leaf midge, phenology, Jonagold Decosta, Idared, Golden Resistant, entomophagous.

НАДХОДЖЕННЯ ОКРЕМИХ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У БУЛЬБИ КАРТОПЛІ СОРТУ ДЖЕЛЛІ ПРИ ПОЗАКОРЕНЕВОМУ ЇЇ ПІДЖИВЛЕННІ НА ЗЕМЛЯХ, ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОНУКЛІДАМИ

Вінічук Михайло Маркович

доктор біологічних наук, професор

Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, Україна

ORCID: 0000-0002-8042-9282

kgt_vmm@ztu.edu.ua

Приведено результати трирічного (2014–2016 рр) дослідження позакореневого підживлення посівів картоплі сорту Джеллі водними розчинами цинку, марганцю та їх хелатованими аналогами у складі ЕДТА у різні фази росту та розвитку рослин. Дослідження проводились на дерново-середньопідзолистих глейових слабоповерхнево оглеєних супіщаних ґрунтах Полісся України, забруднених радіонуклідами після аварії на Чорнобильській АЕС.

Встановлено, що в результаті позакореневого підживлення посівів картоплі у фазі повних сходів, стеблуння, цвітіння та дозрівання концентрація цинку та марганцю у бульбах картоплі на час збирання урожаю знижується на 30–40%, а урожайність бульб, як правило, зростає.

Позакореневе підживлення посівів картоплі впливає на величину надходження інших макро- та мікроелементів у бульби. Так, коефіцієнти накопичення бульбами картоплі калію в результаті удобрення знижуються на 14–26%, заліза на 46–54% та міді на 21–45% залежно від фази росту та розвитку рослин на час обприскування. Стосовно концентрації бору у бульбах картоплі результати суперечливі: концентрація його дещо знижується при удобренні посівів розчином цинку, але зростає при підживленні посівів розчином марганцю та комплексним удобренням (ЕДТА).

Позакореневе підживлення посівів картоплі хелатованими формами комплексу мікроелементів (ЕДТА) у фазу повних сходів забезпечує приріст урожаю бульб на 22%. При підживленні рослин у фазу стеблуння водні розчини цинку та марганцю підвищують урожай бульб на 12–14%, а ЕДТА – на \approx 40%. При обприскуванні посівів у фазу цвітіння ефективним виявився лише водний розчин марганцю, що забезпечує підвищення урожаю бульб картоплі на 30,5%. Обприскування посівів картоплі у фазу дозрівання бульб не призводить до підвищення їх урожайності.

Позакореневе підживлення водним розчином цинку не впливає на перехід радіоцезію з ґрунту у бульби картоплі, тоді як удобрення водним розчином марганцю у фазі цвітіння та дозрівання забезпечує зниження переходу радіонуклідів у бульби картоплі на 12–18%. Хелатні форми мікродобрив виявились більш ефективними і забезпечували зниження переходу радіонуклідів у бульби при обприскуванні посівів у фазі стеблуння, цвітіння та дозрівання на 20, 18 та 21% відповідно.

Ключові слова: ґрунт, залізо, калій, марганець, мідь, картопля, радіоцезій, цинк.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.5>

Вступ

Наявність чи відсутність мікроелементів, зокрема есенціальних, таких як, наприклад, цинк (Zn), марганець (Mn), залізо (Fe) або мідь (Cu) суттєво впливають на ростові процеси у рослин, їх розвиток, а також можуть викликати різного роду біогеохімічні ендемічні захворювання. Картопля потребує збалансованого вмісту в ґрунті легкодоступних поживних речовин, як макроелементів, так і мікроелементів. Для оптимізації поживного режиму картоплі, у першу чергу, велике значення мають такі мікроелементи як бор, марганець, мідь, цинк, молібден (Pyhovec et al., 2007). Підживлення картоплі азотними добривами та комплексними мікродобривами, які забезпечують надходження у ґрунт мікроелементів, а саме Zn, Mn, що має важливе значення для повноцінного метаболізму в картоплі, гарантують стабільне підвищення врожайності незалежно від погодних умов (Nikonchuk, 2014).

Цинк – один з важливих елементів для росту рослин картоплі і відіграє важливу роль як структурний та функціональний компонент клітини, а також як активатор багатьох ферментативних реакцій. З мікроелементів у бульбах, крім міді, найбільше марганцю й цинку, менше – кобальту, йоду, нікелю та молібдену. Вважається що рослини картоплі середньо чутливі як до

нестачі цинку, так і нестачі марганцю, і порівняно мало чутливі до дефіциту міді (Alloway, 2008). На формування 10 т бульб потрібно 25 г бору, 20 г міді, 70 г марганцю, 1 г молібдену, 65 г цинку (Lykhochvor et al., 2014; Fedotova et al., 2008). Нестачу цих елементів за звичай компенсують мікродобривами, які можна вносити в ґрунт разом із мінеральними добривами, обробляти бульби їх розчином одночасно з протруюванням або обприскувати рослини в період вегетації разом з внесенням фунгіцидів (Koval et al., 2011). Цинк у рослинах картоплі вважається проміжним за рухливістю у флоемі (Marschner, 1995). Концентрація цинку є вищою в шкірі, ніж у м'якоті бульб (близько 17% загального цинку бульб), але з врахуванням маси шкірки та м'якоті бульб, остання все ж містить більше цинку, ніж поверхневі шари. Як марганець так і цинк зосереджені переважно в центральному зрізі м'якоті бульби з піком концентрації біля точки прикріплення столона (Subramanian et al., 2011).

Ефект від позакореневого підживлення посівів картоплі мікроелементами залежить від вимог культури до того чи іншого мікроелемента та його вмісту у ґрунті у доступних для рослини формах. Позитивний ефект позакореневого підживлення мікроелементами, зокрема цинком, в основному пояснюються низьким вмістом

у ґрунті насамперед цинку та марганцю. Так, у досліджах на сильновивітраних (Ferrasols) ґрунтах (Badillo-Feliciano et al., 1979) статистично значимий приріст бульб картоплі спостерігається при внесенні 3,3 кг га⁻¹ цинку. На суглинних (рН 6,4) ґрунтах з вмістом цинку 7,06 мг кг⁻¹ приріст бульб картоплі отримали при обприскуванні посівів цинком з розрахунку 5,0 кг га⁻¹ цинку (Khan et al., 2019). У інших досліджах Banerjee et al., (2017) найвищі урожаї та найкращу якість картоплі на суглинних ґрунтах отримували при обприскуванні посівів з у дозі 4,5 кг га⁻¹ цинку у поєднанні з рекомендованими дозами NPK (Banerjee et al., 2017). Натомість позакореневе внесення цинку на посівах картоплі вирощуваних на ґрунтах з достатнім рівнем його забезпеченості не призводить до зростання урожайності бульб. Так, позакореневе внесення цинку з розрахунку 1-2 кг на 1 га на посівах картоплі вирощуваних на таких ґрунтах навпаки призводить до зниження урожаю бульб картоплі, зокрема через надмірно високу (токсичну) концентрацію цього елемента у листках рослин (97–224 г г⁻¹) (Sanderson et al., 1990).

Як свідчать дані дослідів, ефективним виявилось позакореневе підживлення посівів картоплі мікроелементами у формі хелатів. Так, на супіщаних дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України підживлення посівів картоплі хелатами, окрім одержання високого урожаю забезпечує також збільшення виходу стандартних за розмірами садивних бульб (Karmazina et al., 2011). Позакореневе застосування хелатів цинку (1, 2 та 3 кг га⁻¹) на ґрунтах розвинених на вулканічних відкладах з високим вмістом вулканічного скла і аморфного колоїдного матеріалу (алофани Andosols) призвело до збільшення урожаю бульб на 24% (López et al., 2014). Суттєвий приріст урожаю картоплі забезпечує дворазове позакореневе підживлення комплексним мікродобривом на сірих опідзолених поверхнево-оглеєних ґрунтах (Alokhin, 2016).

Марганець бере участь у процесах активації цілого ряду рослинних ферментів, у процесі фотосинтезу, метаболізму та асиміляції азоту, переміщенні речовин по органах рослин, тощо. Відомо, що при позакореновому внесенні марганцю на посівах картоплі збільшується як врожайність бульб, так і їх якість (Hiller, 1995; Walworth, 1998).

Існує цілий ряд досліджень, у яких доведено позитивний вплив сумісного використання цинку та марганцю у якості позакоренового удобрення на посівах картоплі. Так, за деякими даними (Mousavi et al., 2007), використання марганцю та цинку збільшує як урожайність картоплі, так і підвищує вміст сухої речовини у бульбах. Також доведено (Mousa, 2009), що позакореневе підживлення посівів картоплі 13% сульфатом цинку та 15% сульфатом марганцю з розрахунку 1,5 г на один літр розчину кожних два тижні збільшують як кількість, так і розмір товарних бульб. Одночасне обприскування посівів картоплі розчинами цинку (10,0 мг на один літр) та марганцю (10,0 мг на один літр) забезпечує позитивний вплив на висоту рослин, кількість бульб, масу бульб, урожайність картоплі та її якість, а саме вміст білку (Kaur et al., 2019). Позакореневе обприскування рослин картоплі як розчином цинку, так і марганцю суттєво впливає на

надходження інших елементів у бульби. Так, доведено (Mousavi et al., 2007), що при обприскуванні посівів картоплі цинком відсоток цього мікроелемента у бульбах зростає, тоді як відсоток, наприклад фосфору, навпаки зменшується. При обприскуванні посівів марганцем вміст останнього у бульбах також зростає, але таке підвищення концентрації не справляє суттєвого впливу на відсоток цинку, фосфору та калію у бульбі. При сумісному обприскуванні посівів картоплі розчинами цинку та марганцю відсоток обох елементів у бульбах зростає, а вміст фосфору знижується, хоча і не суттєво.

Мікроелементи, у тому числі цинк, можуть проявляти як синергічні, так і антагоністичні взаємодії з іншими макро- та мікроелементами. Такі взаємодії можуть виникати, наприклад, між цинком та фосфором, якого картопля потребує у порівняно великих кількостях. Так, згідно даних (Barbenet et al., 2007) антагоністичні взаємодії виникають між цинком та фосфором при їх надходженні у бульби картоплі. При збільшенні концентрації цинку у розчині вмісту його у всіх частинах рослин зростає при одночасному зниженні вмісту у рослині фосфору. Водночас, підвищення у розчині концентрації фосфору не впливає на поглинання або розподіл цинку у картоплі, але сприяє зростанню у бульбах марганцю, на що опосередковано впливає вміст цинку у картоплі. Тому, хоча високий рівень фосфору у картоплі безпосередньо не зменшує вміст цинку, проте може знижувати активність останнього, зокрема взаємодіючи з іншими мікроелементами, такими як марганець.

Ефективність позакоренового підживлення посівів картоплі залежить від ряду чинників, а саме рівня родючості ґрунту та забезпечення його доступними формами мікроелементів, погодних умов конкретного року, та інших факторів. Ґрунти Полісся характеризуються порівняно невисоким вмістом мікроелементів. Тому, позакореневе підживлення рослин в цих умовах може бути ефективним прийомом, хоча результати подібних досліджень у літературі майже відсутні. Крім того, значна частина території Українського Полісся все ще перебуває в зоні радіоактивного забруднення в результаті аварії на Чорнобильській АЕС (Dobriak et al., 2018). Найбільші площі угідь, забруднених радіоцезієм, поширені саме в Житомирській області. Це переважно Народицький, Овруцький, частково Лугинський, Коростенський та Олевський райони, що становить близько половини від загальної території та близько половини орних земель (Natsionalna dopovid Ukrainy, 2011; Methodyuka, 2007). Вплив позакоренового підживлення мікроелементами посівів сільськогосподарських культур на цих землях практично не досліджувався. Крім підвищення рівня урожайності сільськогосподарських культур та поліпшення якості продукції, мікроелементи за в умови використання їх на забруднених радіонуклідами землях також можуть набувати інших властивостей, а саме впливати на перехід радіонуклідів з ґрунту у рослини. Для регіонів Полісся це особливо актуально, оскільки, ґрунти у цій зоні переважно бідні, як за вмістом основних макроелементів, так і мікроелементів, серед яких цинк та марганець. Як свідчать окремі дані (Hudkovet al., 1998; Hrusha, et al., 2009), використання солей цинку і марганцю, як

у вигляді комплексонатів, так і у водних розчинах знижує перехід радіонуклідів у вегетативній масі люпину на 37%, а ріпаку – на 58 %.

З огляду на приведені вище, метою нашої роботи було дослідити дію водних розчинів солей цинку і марганцю та їх хелатованих форм у якості позакореневого підживлення посівів картоплі на надходження і розподіл цих та інших мікроелементів у бульбах (1); величину урожаю бульб (2) та перехід радіоцезію з ґрунту у бульби (3). Оскільки думки авторів щодо термінів проведення позакореневого підживлення посівів також суттєво відрізняються, обприскування проводили у різні фази росту та розвитку картоплі. Вибір культури дослідження обумовлений важливістю картоплі як продовольчої культури, а також тим, що даний сорт має високий потенціал урожайності, за своїми вимогами підходить для вирощування на території України, добре пристосовується для будь-якого типу ґрунту.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводились протягом 2014-2016 років на землях забруднених радіонуклідами, на території селища Базар, Житомирської області (51°03'19»N 29°17'54»E). Площа дослідної ділянки \approx 400 м². Тип ґрунту – дерново-підзолистий, *глейовий слабоповерхнево оглеєний* супіщаний на водно-льодовикових відкладеннях, з низьким вмістом найбільш біологічно важливих мікроелементів (табл. 1).

Як видно з даних таблиці, вміст обмінного калію рухомого фосфору у ґрунті характеризується як низький. Значення рН ґрунту 6,3, що є у межах оптимальних для культури.

Для позакореневого підживлення використовували водні розчини сірчаноокислого цинку (ZnSO₄), сульфат марганцю (MnSO₄), а також їх хелатовані аналоги – етилендіамінтетраоцтову (ЕДТА) кислоту з вмістом 25 та 20% цинку та марганцю відповідно. Сірчаноокислий цинк та сульфат марганцю розчиняли у воді з розрахунку 200

г ZnSO₄ на 80 літрів води та 300 г MnSO₄ на 80 л води на один гектар відповідно, що забезпечувало концентрацію 0,05% (Ekelöf et al., 2001). ЕДТА (хелат) використовували за рекомендацією виробника: 0,5-1,0 л розчину, розчиненого у 80 л води на один гектар. Рослини обприскували з допомогою ручного помпового розпилювача об'ємом 2 л під тиском. Кількість розчину коригувалась на площу окремих ділянок експерименту. З метою уникнення можливих взаємодій між досліджуваними мікро- та макроелементами мінеральні добрива у досліді не використовувались. Рослини обприскували чотири рази протягом вегетаційного періоду: повні сходи (1), стеблуння (2), цвітіння (3), дозрівання бульб (4).

Варіанти досліді: 1 – контроль; 2 – розчин сульфату цинку (ZnSO₄); 3 – розчин сульфату марганцю (MnSO₄); 4 – ЕДТА (хелат). Культура – картопля (*Solanum tuberosum*), середньоранній сорт Джеллі, селекційної компанії Europlant Pflanzenzucht GMBH. Повторність досліді – чотирикратна.

Погодні умови за період досліджень по метеостанції Овруч представлені у таблиці 2.

Зразки як бульб, так і ґрунту (за результатами 2014 року) аналізували на вміст заліза (Fe), калію (K), марганцю (Mn), міді (Cu), цинку (Zn) та бору (B), мг/кг сухої ваги (с.в.) з використанням мас-спектрометричного аналізу (ICP, Optima 7300 DV). Зразки рослин та ґрунту (за результатами 2014–2016 рр.) також аналізувались на вміст ¹³⁷Cs з використанням детектора NaI. Для дослідження розподілу мікроелементів в системі ґрунт – рослина використовували коефіцієнт біологічного накопичення (КН) – відношення вмісту елемента в бульбах картоплі (мг/кг) до вмісту в ґрунті (мг/кг). Коефіцієнти переходу ¹³⁷Cs (КП, м²/кг) з ґрунту у рослини розраховано шляхом відношення активності концентрації радіонукліду в бульбах картоплі (Бк/кг) до щільності забруднення ґрунту (Бк/м²).

Таблиця 1

Концентрація окремих мікро- та мікроелементів у ґрунті дослідної ділянки, М \pm SD, n = 6

мг/100г ґрунту с.в.									
K		P		Na		Ca		Mg	
AL*	HCl*	AL	HCl	AL	HCl	AL	HCl	AL	HCl
6,4 \pm 1,3	34,2 \pm 3,5	4,3 \pm 0,71	33,4 \pm 3,9	0,11 \pm 0,08	1,7 \pm 0,87	75,3 \pm 13,0	126,6 \pm 22,7	4,0 \pm 0,91	41,1 \pm 5,5

* AL – легкодоступні форми; HCl – кислоторозчинні (загальна кількість)

Таблиця 2

Температура та опади за період 2014–2016 роки по метеостанції м. Овруч

Показники	Квітень			Травень			Червень			Липень		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2014												
Температура, °С	6,3	8,9	13,8	11,3	15,8	19,7	19,4	15,8	15,4	18,4	21,5	22,2
Опади, мм	13,6	8,6	0,3	30,2	70	15	38,5	13	10,7	85,5	37,9	–
2015												
Температура, °С	3,8	7,9	12,0	12,1	13,0	17,7	19,6	19,2	18,5	21,4	17,7	20,2
Опади, мм	7	21	7	29	9	3	–	18	0,6	12	11	12
2016												
Температура, °С	11,3	11,9	9,3	14,4	12,4	17,4	16,1	18,9	23,8	19,3	21,6	21,7
Опади, мм	16	21	8	9	55	26	3	24	0	3	37	38

Результати. На рис. 1 приведені рівні врожайності бульб картоплі та концентрація цинку і марганцю у них після збирання урожаю залежно від фаз росту та розвитку рослин, під час яких проводилось їх позакореневе підживлення за даними 2014 року. Як видно з графіків, між рівнем урожайності бульб картоплі та величиною концентрації у них цинку та марганцю зв'язок відсутній. Так, при підживленні посівів картоплі розчинами як цинку, так і марганцю, концентрація цих елементів у бульбах після збору урожаю виявилась не вищою, а навпаки нижчою, ніж у бульбах контрольного варіанту. Особливо це помітно у випадку з марганцем, вміст якого у бульбах картоплі в результаті обприскування зменшився приблизно вдвічі (рис. 1). При обприскуванні посівів розчином цинку концентрація цього елементу у бульбах картоплі на час збирання урожаю також виявилась нижчою, ніж у бульбах, що вирощувались без удобрення. Урожайність бульб при позакореновому підживленні досліджуваними мікроелементами, як правило, зростає. Так, підживлення посівів картоплі як водним розчином марганцю, так і комплексним добривом забезпечує приріст урожаю бульб у середньому майже на 30%. При позакореновому підживленні водним розчином цинку підвищення урожайності бульб спостерігалось лише у випадку, коли посіви удобрювались у фазі стеблуння та досягання бульб, тоді як обприскування у фазі повних сходів та цвітіння не впливало на рівень урожайності бульб. Отже, закономірного приросту урожаю бульб від удобрення цинком у 2014 році не спостерігалось (рис. 1).

Встановлено, що при позакореновому підживленні посівів картоплі розчином цинку та марганцю коефіцієнти накопичення бульбами окремих як макро- так і мікроелементів, таких як заліза, калію, марганцю, міді, цинку та бору, як правило, знижуються. Так, при обприскуванні посівів картоплі розчином цинку перехід згаданих елементів з ґрунту у бульби (коефіцієнти накопичення, КН), зменшувались у порівнянні з контрольним варіантом для заліза на 47–57%, марганцю на 25–43%, цинку на 9–58%, калію на 20–24%, міді на 23–51%, бору на 33–76% (табл. 3). Разом з тим, при обприскуванні рослин у фазі цвітіння та дозрівання КН для бору та міді навпаки, перевищували значення контрольного варіанту на 23 та 20% відповідно. При позакореновому удобренні картоплі розчином марганцю особливо помітно зменшувалось надходження у бульби заліза – на 36–60%, та марганцю – на 32–84%.

Підживлення марганцем також зменшує надходження у рослини міді – на 21–45%, цинку – на 4–40%, калію – на 5–18%. При цьому КН рослинами бору у бульбах дослідних варіантів, навпаки, виявились вищими, ніж на контролі – на 9–64% залежно від фази росту та розвитку рослин на час обприскування (табл. 3).

Аналогічні результати були отримані при підживленні посівів картоплі комплексним добривом (ЕДТА). Так, КН у бульбах дослідного варіанту виявились нижчими ніж на контролі на 47–65% для заліза, на 40–68% для марганцю, на 36–58% для міді, на 30–60% для цинку та на 23–28% для калію. КН бору у бульбах дослідного варіанту, навпаки, виявились у середньому на 20% вищими,

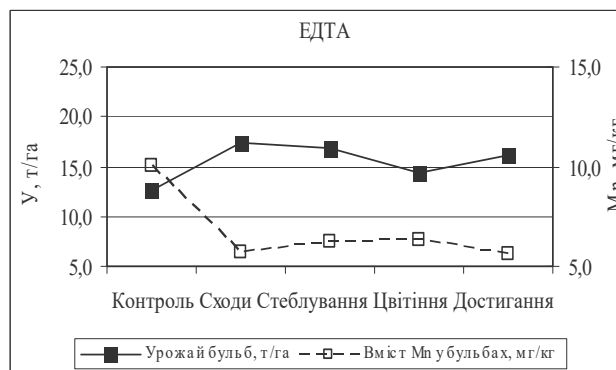
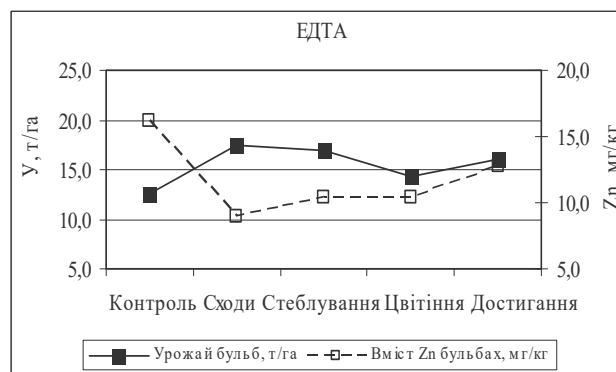
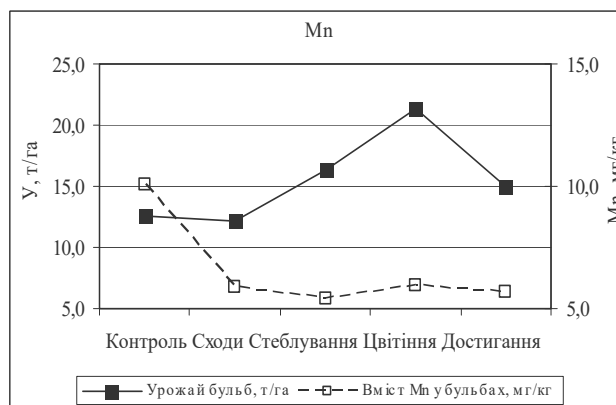
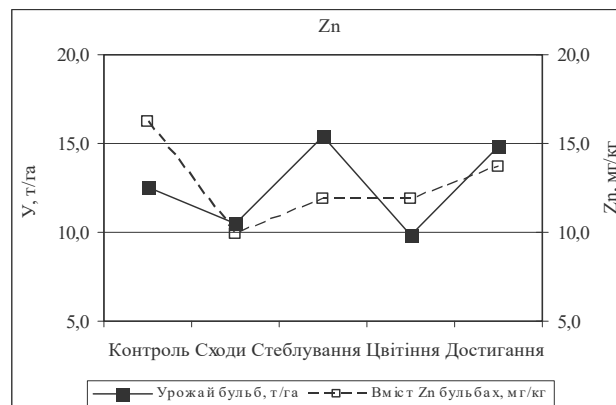


Рис. 1. Урожайність бульб картоплі та вміст у них мікроелементів при обприскуванні посівів у різні фази росту та розвитку, 2014 р.

а при обприскуванні у більш пізні фази – стеблуння та досягання на 32–54% вищими, ніж на контролі.

Усереднені дані досліджень (2014–2016 рр.) показують, що позакореневе підживлення посівів картоплі у фазу повних сходів збільшує урожайність бульб на

Коефіцієнти накопичення (КН) досліджуваних елементів та їх вміст у бульбах картоплі та ґрунті (мг/кг), 2014 р.

Фази росту та розвитку	Показники	Елементи					
		Fe	K	Mn	Cu	Zn	B
Контроль							
	КН	0,015	30,6	0,025	0,943	0,958	0,840
Контроль	бульби	<u>45,3</u>	<u>14658,6</u>	<u>10,1</u>	<u>2,8</u>	<u>16,2</u>	<u>5,0</u>
	ґрунт	3060,6	478,6	397,9	3,0	17,0	6,0
ZnSO ₄							
Сходи	КН	0,0078	24,6	0,019	0,557	0,406	0,487
	бульби	<u>25,5</u>	<u>12766,2</u>	<u>5,9</u>	<u>1,7</u>	<u>9,9</u>	<u>5,2</u>
	ґрунт	3276,1	518,7	314,5	3,1	24,5	10,6
Стеблуння	КН	0,0066	24,2	0,013	0,822	0,757	0,205
	бульби	<u>24,6</u>	<u>13541,3</u>	<u>5,4</u>	<u>2,3</u>	<u>11,9</u>	<u>4,2</u>
	ґрунт	3702,3	560,8	405,7	2,8	15,7	20,6
Цвітіння	КН	0,0065	23,13	0,007	0,466	0,499	1,04
	бульби	<u>26,4</u>	<u>14894,8</u>	<u>6,0</u>	<u>1,6</u>	<u>11,9</u>	<u>4,7</u>
	ґрунт	4065,3	644,1	908,4	3,4	23,8	4,5
Дозрівання	КН	0,0064	23,97	0,019	1,128	0,876	0,562
	бульби	<u>20,6</u>	<u>13991,7</u>	<u>5,7</u>	<u>3,3</u>	<u>13,7</u>	<u>4,4</u>
	ґрунт	3236,5	583,7	297,4	3,0	15,6	7,8
MnSO ₄							
Сходи	КН	0,0085	29,0	0,012	0,743	0,924	0,950
	бульби	<u>35,8</u>	<u>15999,9</u>	<u>7,6</u>	<u>2,5</u>	<u>16,2</u>	<u>4,8</u>
	ґрунт	4214,2	551,6	639,5	3,3	17,6	5,1
Стеблуння	КН	0,0095	25,3	0,017	0,625	0,697	1,38
	бульби	<u>29,4</u>	<u>12597,0</u>	<u>6,5</u>	<u>2,0</u>	<u>11,8</u>	<u>4,1</u>
	ґрунт	3083,2	497,9	377,9	3,2	17,0	3,0
Цвітіння	КН	0,0059	25,9	0,004	0,576	0,528	1,24
	бульби	<u>23,4</u>	<u>13741,0</u>	<u>5,7</u>	<u>1,8</u>	<u>11,3</u>	<u>4,8</u>
	ґрунт	3966,6	529,1	1435,5	3,0	21,4	3,9
Дозрівання	КН	0,0081	25,1	0,017	0,515	0,579	0,919
	бульби	<u>26,5</u>	<u>14111,4</u>	<u>6,4</u>	<u>1,8</u>	<u>11,2</u>	<u>4,7</u>
	ґрунт	3254,0	563,2	370,1	3,4	19,4	5,1
EDTA							
Сходи	КН	0,0051	23,26	0,008	0,396	0,384	0,909
	бульби	<u>20,9</u>	<u>15898,2</u>	<u>5,7</u>	<u>1,4</u>	<u>9,0</u>	<u>5,3</u>
	ґрунт	4073,5	683,5	705,9	3,4	23,5	5,8
Стеблуння	КН	0,0079	23,7	0,015	0,600	0,565	0,760
	бульби	<u>25,1</u>	<u>13046,4</u>	<u>6,3</u>	<u>1,9</u>	<u>10,4</u>	<u>5,1</u>
	ґрунт	3181,5	551,7	412,8	3,2	18,4	6,7
Цвітіння	КН	0,0075	21,9	0,017	0,487	0,539	1,29
	бульби	<u>24,9</u>	<u>12627,1</u>	<u>6,3</u>	<u>1,7</u>	<u>10,5</u>	<u>4,4</u>
	ґрунт	3321,0	575,5	361,5	3,5	19,4	3,4
Дозрівання	КН	0,0073	22,4	0,013	0,573	0,672	1,11
	бульби	<u>25,2</u>	<u>12299,5</u>	<u>5,6</u>	<u>1,9</u>	<u>12,7</u>	<u>3,9</u>
	ґрунт	3474,0	549,3	443,7	3,4	18,9	3,5

≈ 22% у порівнянні з контролем у випадку використання хелатованих форм мікроелементів (ЕДТА) (табл. 4). При позакореновому підживленні посівів картоплі у фазу стеблуння статистично значущий приріст урожаю бульб забезпечують усі три варіанти удобрення – водні розчини цинку, марганцю та комплексне добриво (ЕДТА). При удобренні картоплі водними розчинами цинку та марганцю урожай бульб зростає на 12–14%, а при удобренні ЕДТА – на ≈ 40% (табл. 4). При обприскуванні посівів картоплі у фазу цвітіння приріст урожаю бульб забезпечує лише водний розчин марганцю (30,5%), а при обприскуванні у фазу дозрівання жодний з варіантів удобрення

не забезпечує підвищення урожайності бульб. Отже, обприскування рослин картоплі у середині вегетації (стеблуння – цвітіння) є більш ефективним для отримання вищого рівня урожаю бульб, ніж на початку (фаза повних сходів) та у кінці (фаза дозрівання) вегетації.

На рис. 2 показано величини коефіцієнтів переходу ¹³⁷Cs (КП) з ґрунту у бульби картоплі, а також вміст у них мікроелементів при обприскуванні посівів у різні фази росту та розвитку за 2014 рік. Як видно з рисунків при підживленні посівів досліджуваними мікроелементами, як КП ¹³⁷Cs з ґрунту у бульби картоплі, так і концентрація у них цинку та марганцю знижуються у порівнянні

Вплив позакореневого підживлення мікроелементами на врожайність бульб картоплі, $M \pm SD$, т/га (2014–2016), $n = 4$

Варіанти	Фази росту та розвитку на час обприскування *			
	сходи	стеблування	цвітіння	дозрівання
Контроль	11,95±2,7a	11,95±2,7a	11,95±2,7a	11,95±2,7
ZnSO ₄	11,39±2,8	13,36±3,8b	10,27±2,4	11,54±3,8
MnSO ₄	10,90±2,4	13,59±3,2b	15,60±4,9 b	11,95±3,0
EDTA	14,57±2,6b	16,71±4,3b	12,71±2,7	11,68±3,7

* різниця між значенням з різними індексами у межах стовпчика є статистично значущою при $p < 0,05$.

з контролем. Так, у варіанті з водним розчином цинку найвищий ефект зниження КП ¹³⁷Cs ($\approx 40\%$) спостерігався при обприскуванні посіви у фазу цвітіння, тоді як у варіанті з марганцем – у фазу повних сходів ($\approx 40\%$). Використання комплексного добрива знижує КП ¹³⁷Cs з ґрунту у бульби картоплі у 2 рази у порівнянні з контрольним варіантом при обприскуванні посіви як у фазу повних сходів, так і цвітіння.

У таблиці 5 приведені величини коефіцієнтів переходу радіонукліду з ґрунту у бульби картоплі в середньому за 2014–2016 роки досліджень. Як видно з даних таблиці позакореневе підживлення водним розчином цинку у всі досліджувані фази росту та розвитку не впливає на перехід радіонукліду у бульби картоплі. Навпаки, перехід радіонукліду з ґрунту у бульби картоплі у при підживленні цинком у фази сходів, стеблування та цвітіння виявився вищим, ніж на контролі. Підживлення водним розчином марганцю у пізніші фази росту та розвитку рослин (цвітіння та дозрівання) забезпечує зниження переходу радіонукліду у бульби картоплі на 12–18%. Використання хелатних форм мікродобрив (EDTA) забезпечує статистично значуще зниження переходу радіонукліду у бульби при обприскуванні посівів у фазу стеблування, цвітіння та дозрівання на 20, 18 та 21% відповідно (табл. 5).

Величини коефіцієнтів переходу радіонукліду з ґрунту у бульби картоплі, очищені від шкарлупи мало відрізнялись від величин коефіцієнтів переходу радіонукліду з ґрунту у неочищені від шкарлупи бульби картоплі. У середньому, підживлення посівів картоплі цинком, марганцем та їх хелатними формами забезпечує зниження величин КП ¹³⁷Cs для очищених бульб картоплі на 26, 19 та 37% відповідно. При обприскуванні картоплі у фази сходів, стеблування та цвітіння КП ¹³⁷Cs для очищених бульб знижуються на 28, 43 та 24% відповідно у порівнянні з контрольним варіантом (табл. 5), тоді як при обприскуванні у фазу дозрівання – на 14%. При позакореневому підживленні посівів картоплі досліджуваними мікроелементами найбільш помітне та статистично значиме зниження величин КП ¹³⁷Cs спостерігалось для картопляних очисток. Вміст радіонукліду у очистках картоплі дослідних варіантів зменшувався \approx на 40% у порівнянні з контролем не залежно від фази росту та розвитку рослин на момент обприскування (табл. 5).

Обговорення. Як показано вище, позакореневе підживлення картоплі розчинами цинку та марганцю істотно впливає на концентрацію цілого ряду інших елементів у бульбі. Як цинк, так і марганець, зменшують надхо-

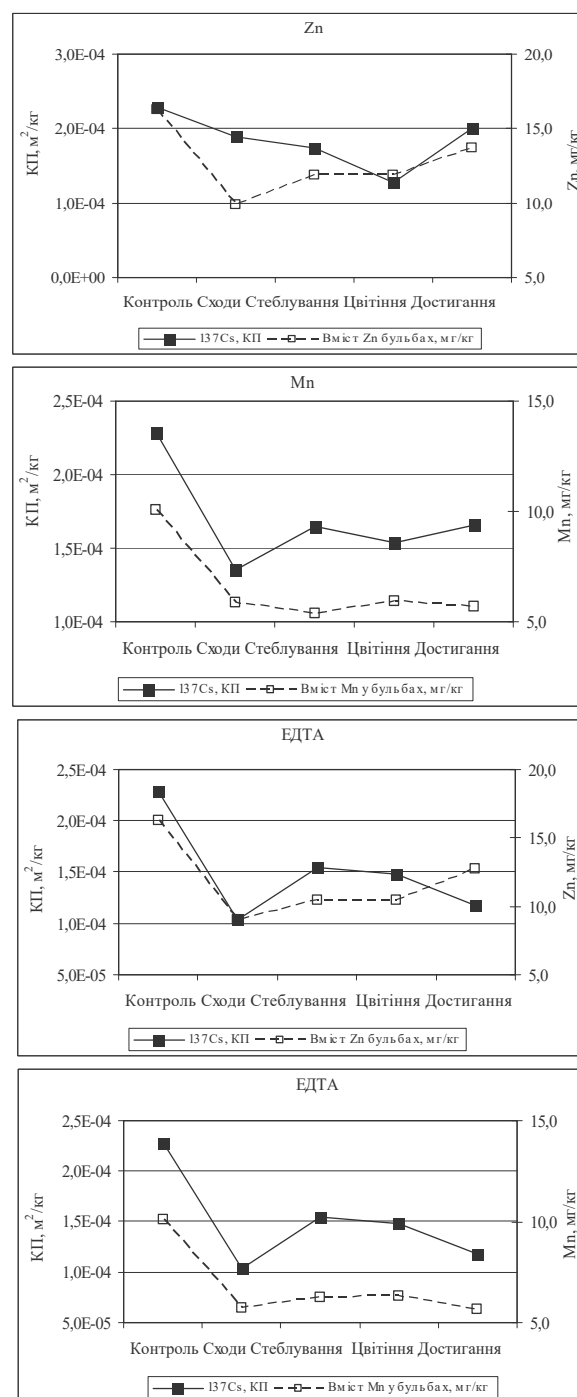


Рис. 2. Коефіцієнти переходу (КП) ¹³⁷Cs з ґрунту у бульби картоплі та вміст у них мікроелементів при обприскуванні посівів у різні фази росту та розвитку, 2014 р.

Коефіцієнти переходу ^{137}Cs (КП) для бульб картоплі, $M \pm SD$, $\times 10^{-4}$ м²/кг с.в. (2014–2016)

Варіанти	Фази росту та розвитку на час обприскування*			
	сходи	стеблування	цвітіння	дозрівання
бульби неочищені від шкарлупи				
Контроль	3,14±1,5	3,14±1,5 ^a	3,14±1,5 ^a	3,14±1,5 ^a
ZnSO ₄	3,70±1,8	3,32±1,4	3,27±1,8	2,88±1,4
MnSO ₄	3,00±1,8	3,05±1,4	2,60±1,2 ^b	2,77±1,4
EDTA	2,91±1,6	2,52±1,5 ^b	2,58±1,5 ^b	2,48±1,7 ^b
бульби очищені від шкарлупи				
Контроль	3,76±0,9 ^a	3,76±0,9 ^a	3,76±0,9 ^a	3,76±0,9
ZnSO ₄	3,17±1,1	1,90±1,7	2,90±1,3	3,21±1,2
MnSO ₄	2,74±0,9 ^b	2,69±1,2	3,44±1,8	3,37±1,9
EDTA	2,20±0,8 ^b	1,88±0,3 ^b	2,24±1,6 ^b	3,16±0,3
картопляні очистки				
Контроль	6,75±2,3 ^a	6,75±2,3 ^a	6,75±2,3 ^a	6,75±2,3 ^a
ZnSO ₄	5,08±2,3	4,38±1,5	3,54±0,8 ^b	3,02±0,9 ^b
MnSO ₄	3,52±1,5 ^b	3,76±0,9 ^b	4,14±1,8 ^b	4,72±3,3
EDTA	3,62±1,3 ^b	3,77±0,6 ^b	4,74±3,2 ^b	-

* різниця між значенням з різними індексами у межах стовпчика є статистично значущою при $p < 0,05$.

дження у рослини заліза, калію, марганцю, міді та цинку, але сприяють надходженню бору. Отримані нами дані досить добре підтверджуються результатами інших досліджень. Так, у дослідях групи вчених удобрення (Mousavi et al., 2007) цинком також призводило до збільшення відсотку цинку у бульбі картоплі, але істотно зменшувало відсоток фосфору, тоді як удобрення марганцем спричиняло зростання відсотка марганцю у бульбах, але суттєво не впливало на відсоток цинку, фосфору та калію у них. Існують докази того, що при позакореновому підживленні картоплі бором також має місце взаємодія з макроелементами (NPK). Аналогічні дані були отримані при обприскуванні посівів картоплі розчином цинку. Так, позакоренове підживлення посівів картоплі цинком без фону NPK підвищує урожайність бульб на 17,0–22,3%, тоді як підживлення на фоні NPK забезпечує приріст урожаю бульб на 1,6–3,8% (Spitsyna et al., 2025). З іншої сторони, дефіцит цинку може посилювати токсичність фосфору в пагонах рослин картоплі (Loneragan et al., 1993). Закономірності, що спостерігаються між величиною переходу радіонукліду з ґрунту у бульби картоплі, та концентрацією у них мікроелементів свідчить про можливі як антагоністичні, так синергічні взаємодії між ними. Очевидно, що має значення не лише недостатнє або надлишкове надходження в рослину певних елементів, а також їх співвідношення. Як відомо (Rietra et al., 2017), антагоністична взаємодія часто характерна саме для двохвалентних катіонів.

Отримані дані дають підставу вважати, що ефект зниження рівнів забруднення бульб картоплі радіоцезієм при позакореновому підживленні посівів мікроелементами викликаний поєднанням двох факторів. Перший – за рахунок взаємодії між макро- та мікроелементами, і як результат зниження коефіцієнтів накопичення, за винятком бору. Другий – це приріст урожаю бульб, а отже і відповідного зниження концентрації радіонукліду у них за рахунок розбавлення у більшому об'ємі / масі бульб. Отриманий нами ефект зниження рівнів забруд-

нення бульб картоплі радіоцезієм внаслідок позакоренового підживлення посівів мікроелементами виявився дещо нижчим ефекту підживлення ярого ріпаку й жовтого люпину водними розчинами солей тих же мікроелементів (Hudkov et al., 1998; Hrusha et al., 2009). Разом з тим, наші дані підтверджують висновок про те, що ефективність цинку та марганцю у формі комплексонатів є вищою, ніж у формі їх водних розчинів.

Висновки. Результати досліджень позакоренового підживлення посівів картоплі сорту Джеллі на дерново-середньопідзолистих глейових слабоповерхнево-оглеєних супіщаних ґрунтах Полісся розчинами цинку, марганцю та їх хелатованими формами (ЕДТА) показали наступне:

- концентрація цинку та марганцю у бульбах картоплі в результаті удобрення зменшується, а урожайність їх, як правило, підвищується;
- коефіцієнти накопичення заліза, калію, марганцю, міді та цинку для бульб картоплі знижуються на 25-50% залежно від фази росту та розвитку рослин на час обприскування, тоді як концентрація бору навпаки зростає, особливо при підживленні розчином марганцю та комплексним удобренням (ЕДТА);
- для отримання вищого рівня урожаю бульб позакоренове підживлення у середині вегетації (стеблування – цвітіння) більш ефективно, ніж на початку (фаза повних сходів) та у кінці (фаза дозрівання) вегетації;
- комплексне добриво забезпечує зниження переходу радіоцезію у бульби при обприскуванні посівів у фазу стеблування, цвітіння та дозрівання;
- найбільш вагоме зниження величин КП ^{137}Cs у результаті підживлення цинком та марганцем спостерігається у очистках картоплі.

Подяки. Автор вдячний інженеру кафедри екології Державного університету “Житомирська політехніка” Мандро Ю. Н. за допомогу у проведенні лабораторних та польових досліджень. Даний проект було профінансовано Шведським управлінням з радіаційної безпеки.

Бібліографічні посилання:

1. 25 rokiv Chornobylskoi katastrofy. Bezpeka maibutnoho: Natsionalna dopovid Ukrainy [25 years of Chernobyl accident. Safety of the future: National report of Ukraine]. K. : KIM, 2011, s.75. (356 s) (in Ukrainian).
2. Alloway, B. J. (2008). Zinc in Soils and Crop Nutrition. 2nd Edition, IZA and IFA, Brussels, Belgium and Paris, France. 139.
3. Alokhin, V. V. (2016). Vplyv rivniv i sposobiv mineralnogo zhyvlennia na urozhainist, rist i rozvytok roslyn kartopli serednostyhloho sortu Lehenda [Influence of levels and methods of mineral fertilizers application on yield, growth and development of medium-ripe potato variety Legend]. «Young Scientist», 30, 243–248 (in Ukrainian).
4. Badillo-Feliciano, J., & Lugo-Lopes, M. A. (1979). Differential response of corn and sweet potatoes to Zn applications in an Oxisol in northwestern Puerto Rico. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico*, 103, 483–488.
5. Banerjee, H., Sarkar, S., Deb, R., & Chakraborty, I. (2017). A Physiological and Bio-chemical Study. *International Journal of Plant & Soil Science*, 16, 2, 1–13.
6. Barben, S., Nichols, B. A., Hopkins, B. G., Jolley, V. D. Ellsworth, J. W., & Webb, B. L. (2007). Phosphorus and zinc interactions in potato. *Western Nutrient Management Conference*, 7, Salt lake city, UT, 219–223.
7. Dobriak, D.S., & Kuzin, N.V. (2018). Naukovi osnovy vykorystannia zemel v umovakh radiatsiinoho zabrudnennia [Scientific bases of land use in the case of contamination by radionuclides]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 1, 6–12.
8. Ekelöf, J., & Råberg, T. (2001). Vegetable industry's influence on the yield and quality of potatoes. *Area Agriculture – Farming Systems, Technology and Product Quality*, SLU, Alnarp, 99 pp.
9. Fedotova, L. S., Ehorenko, S. A., & Hordeev, R. V. (2008). Effektivnost prymerenyia khelatov mikroelementov podkormky [The effectiveness of the use of chelates of micronutrients]. *Kartofel y ovoshchy*, 3, 8–9 (in Russian).
10. Hiller, L. K. (1995). Foliar Fertilization Bumps Potato Yields in Northwest: Rate and Timing of Application, Plus Host of Other Considerations, Are Critical in Applying Foliars to Potatoes. *Fluid Journal*, 10, 28–30.
11. Hrusha, V. V., & Hudkov, I. M. (2009). Efektyvnist pozakorenevoho pidzhyvlennia roslyn spolukamy tsynku i marhantsiu u znyzhenni nakopychennia radionuklidiv ta zbilshenni produktyvnosti [The effectiveness of foliar fertilization of crops with zinc and manganese for reducing the radionuclides uptake and increasing productivity]. *Visnyk ZhNAEU*, 2, 48–53. Access mode: http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5890/3/VZNAU_2009_2_48-53.pdf (in Ukrainian).
12. Hudkov, I. M., Hrysiuk, S. M., & Kitsno, V. M. (1998). Zmenshennia nadkhodzhennia ¹³⁷Cs i ⁹⁰Sr v silskohospodarski roslyny pid vplyvom mikroelementiv [Reducing of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr uptake by crops after fertilization with trace elements]. *Naukovi visnyk NAU*, 10, 264–269 (in Ukrainian).
13. Karmazina, L. Ie., & Petrenko, A. M. (2011). Efektyvnist pozakorenevoho pidzhyvlennia pid chas vyroshchuvannia kartopli [Efficiency of foliar fertilization of potato]. *Kartopliarstvo*, 40, 224–232 (in Ukrainian).
14. Kaur, M. M., Dishri, S. M., & Singh, S. (2018). Foliar application of zinc and manganese and their effect on yield and quality characters of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Kufri Pukhraj. *Plant Archives*, 18, 1628–1630.
15. Khan, M. W., Roshan, A. R., Saijd, M., Khan, F. A., Hussain, I., & A. Ali. (2019). Effect of potassium and Zinc on growth yield and tuber quality of potato. *Sarhad Journal of Agriculture*, 35, 2, 330–335.
16. Koval, A., & Ilchuk, R. V. (2019). Vplyv makro- ta mikroelementiv na produktyvnist kartopli ta inshykh silskohospodarskykh kultur [Influence of macro- and microelements on the productivity of potatoes and other agricultural crops]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 66, 103–116 (in Ukrainian).
17. Loneragan, J. F., & Webb, M. J. (1993). Interactions between Zinc and Other Nutrients Affecting the Growth of Plants. Chap. 9 in Robson, A.D. (ed.) *Zinc in Soils and Plants*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 119–134.
18. López, A., Gómez, M. I., & Rodríguez, L. E. (2014). Effect of edaphic and foliar applications of different doses of zinc on the yield of the Criolla Colombia cultivar. *Agronomía Colombiana*, 32, 1, 70–77.
19. Lykhochvor, V.V., Zaviukha, P.D., & Andrushko O.M. (2014). Systema udobrennia kartopli [Potato fertilizer system]. Access mode: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomia-sogodni/item/450/-systema-udobrennia-kartopli.html> (in Ukrainian).
20. Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edn., London, Academic Press.
21. Metodyka kompleksnogo radiatsiinoho obstezhennia zabrudnenykh vnaslidok Chornobylskoi katastrofy terytorii (za vyniatkom terytorii zony vidchuzhennia) [Methods of complex radiation inspection of the territories contaminated after Chernobyl accident (except for the territory of the exclusion zone)]. *Atika-N. K.* 2007, 60 s (in Ukrainian).
22. Mousa, M. A. A. (2009). Effect of zinc plus manganese foliar application on potato performance and quality. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 40, 17–35.
23. Mousavi, S. R., Galavi, M., & Ahmadvand, G. (2007). Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.) Faisalabad, Pakistan. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6, 1256–1260.
24. Nikonchuk, N.V. (2014). Urozhainist ta yakist kartopli rannoї zalezho vid systemy udobrennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Yield and quality of early potatoes depending on the fertilizer system in the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seria «Ahronomiia i biolohiia»*, 3(27), 158–160 (in Ukrainian).
25. Pihorev, Y. Ia., Zasoryna, E. V. & Kizilov, A. A. (2007) Produktivnost kartofelya i vnekornevyie podkormki [Potato productivity and foliar fertilization]. *Agronomiya*, 2, 156–158 (in Russian).
26. Rietra, R. P., Heinen, M., Dimkpa, C. O., & Bindraban P. S. (2017). Effects of Nutrient Antagonism and Synergism on Yield and Fertilizer Use Efficiency. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48, 16, 1895–1920, doi: 10.1080/00103624.2017.1407429
27. Sanderson, B. J., & Gupta, U. G. (1990). Copper and zinc nutrition of Russet Burbank potatoes grown on Prince Edward Island. *Canadian Journal of Plant Sciences*, 70, 357–362.

28. Spitsyna, S. F., Tomarovskiy, A. A., Ostvald, H. V., & Poskrebkova, O. H. (2015). Vliyanie bora i tsinka na urozhaynost kartofelya sorta Adretta [Effect of boron and zinc on the yield of Adretta potatoes]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 3, 125, 41–44 (in Russian).
29. Subramanian, N. K., White, P. J., Broadley, M. R., & Ramsay, G. (2011). The three-dimensional distribution of minerals in potato tubers. *Annals of Botany*, 107(4), 681–691. doi: 10.1093/aob/mcr009
30. Walworth, J. L. (1998). Crop production and soil management series. Field Crop Fertilizer Recommendations for Alaska Potatoes, FGV-00246A

Vinichuk M. M., Doctor of Biological Sciences, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

Uptake of selected microelements by jelly potato tubers when foliar fertilization applied on soils contaminated by radionuclides

The aim of our study was to investigate the effect of aqueous solutions of zinc and manganese salts and their chelated forms as foliar fertilization of Jelly potato variety on the uptake and distribution of some trace elements in potato tubers. The effect of foliar fertilization on potato tubers yield as well as radiocaesium uptake from soil to plant were investigated.

Experiment was performed on podzolic glej (loamy sand) soil, poor in most of the microelements in Bazar settlement, Zhytomyr region, Ukraine during 3 years (2014–2016) in an area contaminated with radionuclide after Chernobyl accident in 1986. Growing potato plants were fertilized with aqueous solutions of zinc and manganese sulfate salts and EDTA (chelate) of these minerals. Both metals in the form of water solution were spread with concentration of 0,05 %. Potato plants were fertilized at following growth stages: leaf development (1), main stem elongation (2), flowering (3) and development of fruit (4). Soil and plant samples (potato tubers) were air-dried and analyzed after harvest for ¹³⁷Cs content (Bq/kg) by using NaI detector as well as for concentration of Fe, K, Mn, Cu, Zn and B (mg/kg) by ICP Optima 7300 DV. Results were reported in mg /100g on a dry-weight basis.

It has been shown that foliar fertilization of potato crops affects the concentration of other macro- and microelements in the potato tubers. Thus, as a result of potato plants fertilization with micronutrients the coefficients of potassium accumulation by potato tubers decreased by 14–26%, iron accumulation by 46–54%, and copper accumulation by 21–45% depending on the stage of growth and development of plants at the time of fertilizers spraying. Regarding the concentration of boron in potato tubers, the results are somewhat contradictory: its concentration decreases slightly when crop was fertilized with zinc solution, but increases when fertilized with manganese solution and complex fertilizer (EDTA).

In the average for three years of study foliar fertilization of potato plants with chelated forms of the complex of microelements (EDTA) in the stage of leaf development resulted in an increase of the yield of potato tubers by 22%. Foliar fertilization at the stage of main stem elongation with aqueous solutions of zinc and manganese increased the yield of tubers by 12–14%, while fertilization with EDTA resulted in yield increase by ≈ 40%. When potato plants were fertilized at the stage of flowering, only an aqueous solution of manganese was found to be effective, giving as much as 30.5% increase in the yield. Spraying of potato crops in the later stage (development of fruit) does not increase the yield of tubers.

Foliar fertilization with an aqueous solution of zinc does not affect the transfer of radiocaesium from the soil to potato tubers, while fertilization with an aqueous solution of manganese in the stage of flowering and fruit development reduces the transfer of radionuclide to potato tubers by 12–18%. Chelated forms of microfertilizers caused reduction of radionuclide uptake by potato tubers by 20, 18 and 21%, when plants were fertilized at the stage of main stem elongation, flowering and development of fruit respectively.

Key words: soil, iron, potassium, manganese, copper, potato, radiocaesium, zinc.

ЕМІСІЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТІВ ЗА РІЗНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Гаврилюк Володимир Андрійович

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Поліська дослідна станція Навчально-наукового центру
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Луцьк, Україна
ORCID: 0000-0003-3923-0842
gavrilyuk-v@ukr.net

Мелимука Роман Ярославович

аспірант
Навчально-науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,
м. Луцьк, Україна
ORCID: 0000-0003-2133-5654
r.melymuka22@gmail.com

У статті проаналізовано проведені дослідження основних процесів пов'язаних із трансформацію органічної речовини на меліорованих ґрунтах зони Західного Полісся України. Також проведено аналіз зміни кліматичних умов на досліджуваній території за останні десятиліття та визначено вплив даних змін на продуктивність ґрунтового покриву. В процесі описано проблему втрати органічного вуглецю пов'язаного із сьогоденними тенденціями глобального потепління, адже підвищення середньорічної температури повітря підвищує інтенсивність емісії вуглекислого газу із ґрунту, що призводить до погіршення показників родючості та навіть до втрати гумусу. Вимірювання інтенсивності емісії вуглекислого газу із поверхні ґрунту проводилось на різних типах меліорованих ґрунтів, а саме: дерново-підзолистих, торфових та лучно-болотних, за допомогою портативного газоаналізатора Testo 535.

Однією з умов для проведення досліджень є стан даних ґрунтів за різного сільськогосподарського призначення, відтак дослідження проводились на: цілних землях, частково порушених угіддях, відведених під вирощування ягідників, зокрема лохини, розораних землях сільськогосподарського використання.

Також дослідження проводились на визначення мікробіологічної активності ґрунтового покриву, адже даний показник безпосередньо впливає на продуктивність родючого шару, оскільки мікробіологічна активність включає метаболічні процеси і реакції, які відбуваються у товщі ґрунтового покриву за участю мікрофлори та мікрофауни. Зокрема дослідження проводились на визначення активності целюлозолітичних мікроорганізмів за методикою інтенсивності розкладу пляного полотна Є. М. Мішустіна на органогенних та мінеральних ґрунтах різного сільськогосподарського призначення.

Наведено ряд рекомендацій для регулювання органічного вуглецю в наземних екосистемах, які насамперед пов'язані із емісією вуглекислого газу із ґрунтового покриву в атмосферу. Рекомендовані заходи спрямовані на уповільнення процесів розкладання органічних сполук у ґрунті та покращення умов для їх закріплення.

Ключові слова: зміна клімату, потепління, органічний вуглець, продукування вуглекислого газу, дихання ґрунту, мікробіологічна активність.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.6>

Вступ. Ґрунт є основним об'єктом землеробства, проте для ефективного ведення сільськогосподарських робіт насамперед потрібно підвищувати рівень гумусованості ґрунтового покриву та застосовувати заходи спрямовані на запобігання його втрати. Для ґрунтів зони Західного Полісся питання підвищення вмісту гумусу в товщі ґрунтового покриву є актуальним, оскільки у зв'язку із особливостями материнської породи дані ґрунти є недостатньо забезпечені гумусом, а числові показники становлять в середньому 1,1–1,2 % (Chornii, 2018, 35–36).

Накопичення та збереження гумусу в родючому шарі є обов'язковою умовою, за якої відбувається підвищення та відновлення продуктивності ґрунтового покриву. Достатній рівень гумусованості ґрунту є надважливим показником, адже позитивно впливає на ряд властивостей родючого шару, а саме: водно-фізичні властивості, структурно-агрегатний склад, реакцію ґрунтового роз-

чину та вміст поживних речовин, зокрема вміст сполук азоту, оскільки між вмістом поживного елементу та рівнем забезпечення гумусом родючого шару існує кореляційний зв'язок (Baliuk et al., 2010, 14).

Головним джерелом накопичення гумусу в ґрунті є органічні добрива, внесення яких до родючого шару в останні десятиліття є недостатнім, відтак запаси гумусу зазнають щорічних втрат, зокрема у Волинській області щороку втрата запасів гумусу становить 0,34 т/га (Panasenکو et al., 2015, 49). Проте окрім заходів спрямованих на поповнення рівня гумусованості ґрунтового покриву сільськогосподарських угідь важливу роль відіграють меліоративні заходи, в результаті яких поліпшується умови для гуміфікації родючого шару та зменшення втрат в результаті ерозійних процесів та порушення вуглецевого балансу в ґрунтовому покриві внаслідок глобального потепління.

Зміни у кругообігу карбону наземних екосистем, спричинені наслідками потепління клімату, можуть спричинити порушення основних властивостей ґрунту, в тому числі накопичення гумусу або його втрату. В даний час подібні дослідження набувають особливої значущості в світлі глобальних кліматичних змін. Незначні порушення ґрунтового дихання у всеохоплюючому масштабі можуть привести до серйозних змін концентрації CO₂ в атмосфері. Карбон за мінералізації в основному або втрачається у вигляді CO₂ в атмосферу і лише невелика його частина залишається в ґрунті, або при оптимальному співвідношенні C:N накопичується в ґрунті у вигляді гумусу.

У ґрунтах під природними ценозами процеси мінералізації й гуміфікації зрівноважені. В агроекосистемах при недостатньому надходженні в ґрунт свіжої органічної речовини, яка компенсує мінералізаційні процеси та зниження співвідношення C:N до 25:1, відбуваються значні втрати родючості ґрунту, в тому числі гумусу, що супроводжуються емісією CO₂ в атмосферу. Процес виділення CO₂ із поверхні землі у сучасній науці має кілька визначень, серед яких найбільш вживаними являються: емісія вуглекислого газу та «дихання ґрунту». Інтенсивність емісії CO₂ є вкрай нестабільним показником, який змінюється впродовж року, а подекуди і протягом доби, зокрема важливий вплив на швидкість виділення вуглекислого газу із поверхні ґрунтового покриву має температура повітря, його вологість та ряд інших факторів, серед яких важливе місце займає ступінь обробітку ґрунту та його сільськогосподарське призначення (Syabruk et al., 2019, 195–204), (Trofymenko & Trofymenko, 2018, 47–54).

Починаючи з 1990 років, в агроекосистемах України відбулося різке зниження рівня застосування органічних добрив, що відмічено й у Волинській області, а втрати гумусу за цей період внаслідок незбалансованого надходження в ґрунт органічної речовини, а також ерозійної деградації ґрунтів у середньому становили до 1,15 т/га за рік, що, безумовно, супроводжувалося втратами вуглецю у вигляді CO₂ (Zinchuk et al., 2021, 90–100). Його концентрація в атмосфері за сторіччя збільшилася за різними джерелами, від 17 до 30 %, а продуктивність агроекосистеми, для якої він є джерелом живлення, не збільшилась, що дуже небезпечно. Підвищення його концентрації в атмосфері призводить до потепління клімату, що супроводжується різким збільшенням кризових явищ, зокрема посух. Темпи зростання температури на території України вдвічі перевищують загальносвітові показники, які становлять 0,74 °C за останні 100 років (Shahuta & Hulay, 2015, 86–90).

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України середня річна температура в країні з початку ХХ століття зросла більш ніж на 2 °C, найбільш інтенсивно цей процес відбувається в останні 30 років, коли середньорічна температура повітря зросла на 1,2 °C, відтак зменшилась кількість морозних днів у році, подовжився вегетаційний період та відбулось безліч інших змін (Ivaniuta et al., 2020, 5), (Ivashchenko & Ivashchenko, 2008, 15–21). Для запобігання екологіч-

них катастроф, у тому числі і зниженню продуктивності родючого шару, необхідна оперативна та своєчасна діагностика (Siabkuk, 2015, 1; Vyshens'ka & Rud'ko, 2018, 43–47).

Важливим фактором, що визначає продуктивність ґрунтового покриву, є показник його мікробіологічної активності, оскільки є індикатором родючості ґрунтів, позаяк це важливий параметр моніторингу інтенсивності розкладання органічної речовини, що дає змогу оцінити дію органічних і мінеральних добрив та ефективність упровадження нових елементів технологій вирощування сільськогосподарських культур. Тому станом на сьогоднішній день актуальності набуває напрям досліджень спрямованих на визначення мікробіологічної активності ґрунтового покриву (Tsentrylo, 2019, 2), (Pasenko, et al., 2016, 97–101).

Мікроорганізми беруть активну участь в розкладі органічних решток, впливають на їх мінералізацію та перетворюють окремі сполуки в доступні рослинам форми, відтак важливість мікробіологічної активності в землеробстві важко переоцінити (Kudrya et al., 2020, 94–96). Активність ґрунтових мікроорганізмів багато в чому залежить від навколишнього середовища та ступеня обробітку ґрунтового покриву, зокрема вагомий вплив мають кліматичні умови, динаміка зміни яких чітко спостерігається в останні десятиріччя (Fábio Lino Soares Jr. et al., 2021, 2195–2203), (Andreyuk, Iutinskaya, Antipchuk, 2001, 240), (Hanhur & Sakhats'ka, 2019, 13–19), (Hnatyuk & Zhuravel' 2018, 131–134), (Pohroms'ka, 2019, 33–38). Також в значній мірі активність ґрунтових мікроорганізмів залежить від системи удобрення (Yeshchenko, 2011, 21–26), (Sherstoboyeva & Chabanyuk, 2008, 240–247).

Матеріали і методи досліджень. Дослідження спрямовані на визначення інтенсивності емісії вуглекислого газу із ґрунтового покриву проводились на території Ковельського адміністративного району Волинської області в с. Положево та с. Римачі на осушуваних органічних та мінеральних ґрунтах зони Західного Полісся різного призначення (табл. 1), а саме: розорюваних ділянках сільськогосподарського призначення, частково порушених угіддях призначених для вирощування ягідників та цілинних землях за допомогою газоаналізатора Testo 535, високоточного портативного приладу для вимірювання концентрації CO₂ в повітрі робочої зони та в ізольованому просторі. Основними перевагами даного приладу є можливість моніторингу із фіксацією максимального, мінімального і середнього значень та висока точність вимірів.

Дослідження спрямовані на визначення інтенсивності емісії вуглекислого газу із поверхні ґрунту проводились під час вегетаційного періоду, а саме у липні 2021 року, за температури повітря +25 °C. Вимірювання за допомогою газоаналізатора здійснювалось на ізольованій ділянці ґрунтового покриву від навколишнього повітря за одиницю часу, а саме 30 с, із періодичним повторюванням впродовж однієї години.

Визначення активності ґрунтової мікрофлори, а саме мікробіологічної активності, технічно найпростіше

Координати досліджуваних земельних ділянок

№ з/п	Тип ґрунту	Призначення	Координати
1.	Торфовище сильно розкладене Мінералізоване	Частково порушені землі (ягідники)	N 51,43013 E 23,90922
2.	Дерново-підзолистий супіщаний	Частково порушені землі (ягідники)	N 51,43323 E 23,90903
3.	Дерново-підзолистий супіщаний переушільнений оглеєний	Частково порушені землі (ягідники)	N 51,22182 E 23,89251
4.	Дерново-підзолистий глеєвий глинистий	Частково порушені землі (ягідники)	N 51,22660 E 23,87319
5.	Торфовище глибоке сильно розкладене мінералізоване	Непорушені землі, чагарники	N 51,43149 E 23,89403
6.	Дерново-підзолистий Супіщаний	Непорушені землі, чагарники	N 51,42358 E 23,91327
7.	Торфовище середньо глибоке слабо розкладене	Розорювані землі (вироснування с.-г. культур)	N 51,43044 E 23,90664
8.	Лучно-болотний	Розорювані землі (вироснування с.-г. культур)	N 51,42332 E 23,87887
9.	Дерново-підзолистий супіщаний	Розорювані землі (вироснування с.-г. культур)	N 51,42218 E 23,87792

визначити за допомогою методу пляних полотен. Пляна тканину вагою близько 3 г поміщали в товщу ґрунтового покриву на глибину 15 см та засипали ґрунтом, який ущільнювався до початкового стану. Через 50 діб полотно викопувалось, висушувалось до повітряно сухого стану та зважувалось (Vasilev et al., 2004, 255), (Antypchuk et al., 2011, 156).

Результати. В результаті проведених досліджень на осушуваних землях зони Західного Полісся різного призначення, чітко видно різницю між органомінеральними та мінеральними ґрунтами в плані інтенсивності їх «дихання».

Рівень емісії вуглекислого газу на розорюваних торфових та лучно-болотних ґрунтах становить 392–528 ppm та 418–487 ppm відповідно. Деякі менші значення спостерігаються на частково порушених та непорушених землях. Показник емісії CO₂ органомінеральних ґрунтів на частково порушених сільськогоспо-

дарських угіддях становить 400–411 ppm, а на цілних ділянках даний показник становив 385–452 ppm (таблиця 2). Представлені у таблиці показники емісії CO₂ наведені в межах від мінімальних до максимальних зафіксованих значень під час вимірювання на окремих земельних ділянках.

Дослідження концентрації вуглекислого газу в при поверхневому шарі повітря органомінеральних ґрунтів вказує на те, що у низовині значення цього показника вищі порівняно із височиною. Така тенденція ймовірно пов'язана із температурним чинником, який разом з вологістю є одним з найбільш значущих екологічних факторів, що визначають швидкість розкладання органічної речовини в ґрунтах та їх дихальну активність. Варто відзначити результати досліджень І. Н. Курганової, яка встановила що швидкість емісії вуглекислого газу має тісний кореляційний зв'язок із значенням температури верхнього шару ґрунту (Kurganova, 2010, 21).

Таблиця 2

Показники емісії вуглекислого газу та мікробіологічної активності ґрунтового покриву

Призначення	Типи ґрунту	Показник емісії CO ₂ , ppm	Мікробіологічна активність, %
Частково порушені (ягідники)	Торфовище сильно розкладене Мінералізоване	400–411	90
	Дерново-підзолистий супіщаний	394–416	37
Призначення	Типи ґрунту	Показник емісії CO ₂ , ppm	Мікробіологічна активність, %
Частково порушені (ягідники)	Типи ґрунту	Показник емісії CO ₂ , ppm	Мікробіологічна активність, %
	Дерново-підзолистий глеєвий глинистий	363–373	49
Непорушені ділянки	Торфовище глибоке сильно розкладене мінералізоване	385–452	57
	Дерново-підзолистий Супіщаний	351–382	36
Розорювані землі сільськогосподарського призначення	Торфовище середньо глибоке слабо розкладене	392–528	80
	Лучно-болотний	418–487	75
	Дерново-підзолистий супіщаний	376–397	30

Подібні тенденції відмічено й на мінеральних ґрунтах за різного сільськогосподарського використання, однак показники концентрації вуглекислого газу та мікробіологічної активності тут значно менші, що пов'язано з їх температурним та водним режимами, а також розвитком рослинного покриву. Зокрема із даних отриманих в результаті аналізу ґрунтового покриву розорюваних ділянок інтенсивність «дихання» поверхні дерново-підзолистих ґрунтів становить 376–397 ppm. На непорушених цілинних земельних ділянках значення емісії CO₂ із родючого шару становить 351–382 ppm, що свідчить про найменшу інтенсивність втрати гумусу із ґрунтового покриву пов'язаного із порушенням вуглецевого балансу в наземних екосистемах та ґрунту зокрема.

Варто відзначити збільшення вмісту вуглецю в органічних ґрунтах, що на фоні проходження глибокого деструкційного процесу (мікробіологічна активність характеризується сильним (80 %) та дуже сильним (90 %) проявом) свідчить про утворення гумусових сполук. На ґрунтах за різного призначення, показник мікробіологічної активності також значно відрізняється, відтак найбільші показники із дуже сильним проявом зафіксовані на розорених органічних торфових ґрунтах за сільськогосподарського використання на противагу мінеральним за такого ж використання – 30%. Однак на непорушених та частково порушених мінеральних ґрунтах (ягідниках) показник мікробіологічної активності зростає до 36–49%.

Обговорення. Людство почало адаптацію до зміни кліматичних умов, в тому числі і глобального потепління, що супроводжується зменшенням викидів парникових газів в атмосферу. Зокрема у грудні 1997 року був підписаний Кіотський протокол, в результаті якого кожній країні було встановлено квоту на емісію забруднення (Heletukha, 2007, с. 28).

Стосовно землеробства, то в даному аспекті обробіток ґрунтового покриву, залучення земель до використання в сільськогосподарській сфері, вирощування певних культур та інші фактори здатні підвищити інтенсивність дихання ґрунту або ж сприяти утриманню вуглецевих сполук у родючому шарі.

Збільшення запасів органічного вуглецю в ґрунті можливе за рахунок підвищення врожайності сільськогосподарських культур та зміни структури посівних площ із залученням до сівозміни бобових та сидеральних культур. Також важливим фактором є стимулювання розвитку рослинництва в сфері сільського господарства оскільки саме продукт тваринництва є головним джерелом отримання органічних добрив, застосування яких також потрібно заохочувати в сфері землеробства.

Вагомий вплив на інтенсивність втрат органічного вуглецю із поверхні родючого шару спричиненого емі-

сією CO₂ має обробіток ґрунту (Miroshnychenko et al., 2011, 11), (Syabruk, 2013, 140), (Kucher, 2016, 45). Даний факт підтверджують і результати досліджень, адже із отриманих даних можна зробити висновок, що процес мінералізації, тобто втрати органічного вуглецю, суттєво інтенсивніший на розорюваних земельних ділянках сільськогосподарського призначення, водночас на частково порушених угіддях призначених для вирощування ягідників та непорушених цілинних землях процес емісії CO₂ значно менший.

Для запобігання втрат гумусу та органічної речовини пов'язаного із емісією CO₂ із товщі ґрунтового покриву рекомендується збільшення доз внесення органічних добрив, заорювання соломи та сидератів на орних землях, що також є ефективним заходом у боротьбі із деградацією ґрунтів, оскільки забезпечує включення у кругообіг додаткової кількості органічного вуглецю, що позитивно відзначається на всіх агрофізичних та агрохімічних показниках ґрунту.

Стосовно мікробіологічної активності ґрунтового покриву, то даний показник можна підвищити за умови використання певних агроеліоративних заходів. Насамперед рекомендується збільшення доз внесення мінеральних добрив, при яких активність целюлозолітичних мікроорганізмів зростає на 3–6 % (Obshchiya & Khripunov, 2019, 25–28), Також одним із заходів, що підвищують мікробіологічну активність ґрунтових мікроорганізмів є рештки рослин, проте варто зазначити, що не лише кількість органічних решток, але й їх якість мають вагомий вплив на активність целюлозолітичних мікроорганізмів (Hurenko, 2013, 176–180).

Висновки. Для підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь насамперед необхідно зменшити витрати органічного вуглецю із ґрунтового покриву, чому передують моніторингові дослідження спрямовані на визначення забезпечення родючого шару гумусом та витрати пов'язані із емісією CO₂.

Із результатів проведених досліджень відомо, що на розорюваних ділянках показник емісії вуглекислого газу є вищий ніж на цілинних землях, за умови однакового типу ґрунтового покриву. Варто зазначити, що дана тенденція є притаманна і для значення мікробіологічної активності даних ґрунтів.

За умови застосування агроеліоративних заходів спрямованих на закріплення органічного вуглецю в товщі ґрунтового покриву інтенсивність емісії CO₂ значно зменшиться. Аналогічна ситуація спостерігається стосовно мікробіологічної активності ґрунтового покриву, яка підвищується за застосування певних заходів, які збільшують целюлозолітичну активність ґрунтових мікроорганізмів.

Бібліографічні посилання:

1. Andreyuk, K.I., Iutyn's'ka, H.O. & Antypchuk, A.F. (2001). Funktsionuvannya mikrobnikh tsenoziv v umovakh antropohennoho navantazhennya [Functioning of microbial coenoses in the conditions of anthropogenic loading]. Oberehy, K., 240 (in Ukrainian).
2. Antypchuk, A.F., Pilyashenko-Novokhatnyu, A.I., Yevdokymenko, T.M. (2011). Praktykum z mikrobiolohiyi [Workshop on microbiology]. Universytet «Ukrayina», 156 (in Ukrainian).
3. Baliuk, S. A., Medvediev, V. V., Tarariko, O. H., Hrekov, V. O. & Balaiev, A. D. (2010). Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy [National report on the state of soil fertility of Ukraine]. Kyiv. Ministerstvo ahromoi polityky Ukrainy. 14 (in Ukrainian).

4. Chornii, S. H. (2018). Otsinka yakosti gruntiv. Navchalnyi posibnyk [Assessment of soil quality. Tutorial]. Mykolaivskiy natsionalnyi ahrarnyi universytet. Mykolaiv. 35–36 (in Ukrainian).
5. Fábio Lino Soares Jr., Itamar Soares Melo, Armando Cavalcante Franco Dias, Fernando Dini Andreote (2012). Cellulolytic bacteria from soils in harsh environments. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* № 28, 2195–2203 (in English).
6. Hanhur, V. V., Sakhats'ka, V. M. (2019). Mikrobiolohichna aktyvnist' gruntu za riznykh sposobiv obrobittu. [Microbiological activity of soil by different methods of cultivation]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi*, 4, 13–19 (in Ukrainian).
7. Heletukha, H. (2007). Kiots'kyi protokol ta dodatkovi investytsiyi v enerhozberezhennya. Enerhetyka ta rynek: informatsiyno-analitychne vydannya [Energy and the market: information-analytical publication], 28–33 (in Ukrainian).
8. Hnatyuk, T. O., Zhuravel', S. V. (2018). Osoblyvosti vplyvu mikrobiolohichnoyi aktyvnosti gruntu za riznykh system udobrennya na produktyvnist' konyushyny [Features of the influence of soil microbiological activity under different fertilizer systems on clover productivity]. *Ahropromyslove vyrobnytstvo Plissya* 11, 131–134 (in Ukrainian).
9. Hupenko, O. V. (2013). Tselyulozolitychna aktyvnist' gruntu v rizny khkorotkorotatsiynnykh sivozminakh [Cellulolytic activity of soil in different short-rotation crop rotations]. *Visnyk KHNAU №1, Zemlerobstvo*. 176–180 (in Ukrainian).
10. Ivaniuta, S. P., Kolomiets, O. O., Malynovska, O. A. & Yakushenko, L. M. (2020). Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analitychna dopovid. [Climate change: consequences and adaptation measures: an analytical report]. Kyiv : Natsionalnyi instytut stratehichnykh doslidzhen, 5 (in Ukrainian).
11. Ivashchenko, O. O., Ivashchenko, O. O. (2008). Shlyakhy adaptatsiyi zemlerobstva v umovakh zminy klimatu [Ways of adaptation of agriculture in the conditions of climate change]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'noho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva UAAN»*, 15–21 (in Ukrainian).
12. Kucher, A. (2016). Ekoloho-ekonomichna otsinka emisiyi SO₂ z gruntiv za riznykh rivniv antropogennoho navantazhennya [Ecological and economic assessment of CO₂ emissions from soils at different levels of anthropogenic load]. *Ekonomika sil's'koho hospodarstva ta resursiv*, 45–64 (in Ukrainian).
13. Kudrya, S. Í., Degtyar'ova, Z. O., Kudrya, N. A. (2020). Tselyulozolitychna aktyvnist' gruntu za riznoho nasychennya korotkorotatsiynoyi sivozminy sonyashnykom [Cellulosolytic activity of soil at different saturation of short-rotation crop rotation with sunflower]. *Materialy konferentsiyi: «Suchasnyy stan nauky v sil's'komu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriya i praktyka (20 lystopada 2020 r.)»*, 94–96 (in Ukrainian).
14. Kurganova, I. N. (2010). Emissiya i balans dioksida ugleroda v nazemnykh ekosistemah Rossii: avtoreferat dissertatsii na soiskanme uchenoy stepeni doktora biologicheskikh nauk: spetsialnost 03.00.27 «pochvovedenie», 03.00.16 «ekologiya» [Emission and balance of carbon dioxide in terrestrial ecosystems of Russia]. Moskva, 21 (in Russian).
15. Obshchiya, E. N. & Khripunov A. I. (2019) Tselyulozorazlagayushchaya aktivnost' pochvy v usloviyakh sklonovykh zemel' landshaftov kak odin iz elementov yeyo biologicheskoy aktivnosti [Cellulose-decomposing activity of the soil in the conditions of sloping lands of landscapes as one of the elements of its biological activity], № 2(12). 25–28 (in Russian).
16. Panasenko, V. M., Yatsuk, I. P., Tevoryan, O. I. (2015). Periodychnu dopovid pidhotovleno na osnovi materialiv 9 turu (2006–2010 roky) ahrokhimichnoho obstezhennia zemel silskohospodarskoho pryznachennia [The periodic report was prepared on the basis of materials of the 9th round (2006–2010) of agrochemical survey of agricultural lands]. *Derzhavna ustanova «Instytut okhorony gruntiv Ukrainy»*, Kyiv, 49 (in Ukrainian).
17. Pasenko, A. V., Sakun, O. A., Nykyforova, O. O., Dudnik, O. V., Kamynina, M. Yu. (2016). Biolohichna aktyvnist' gruntiv pry ahrokhimichniy melioratsiyi netradytsiynnyy dobryvamy [Biological activity of soils in agrochemical reclamation with non-traditional fertilizers]. *Ekolohichna bezpeka*, 2(22), 97–101 (in Ukrainian).
18. Pohroms'ka, Y. A. A. (2019). Mikrobiolohichna aktyvnist' chrozemu zvychaynoho zalezho vid obrobittu gruntu [Microbiological activity of common chernozem depending on tillage]. *Visnyk Umans'koho natsional'noho universytetu sadivnytstva*, 2, 33–38 (in Ukrainian).
19. Shahuta, O. M., Hulay, L. D. (2015). Balans humusu gruntiv Volynskoyi oblasti ta shlyakhy yoho stabilizatsiyi [Balance of humus of soils of Volyn region and ways of his stabilization]. *Visnyk KHNU imeni V.N. Karazina, seriya «Ekolohiya»*, 13, 86–90 (in Ukrainian).
20. Sherstoboyeva, O. V., Chabanyuk, YA. V. (2008). Biolohichna aktyvnist' hruntu za riznykh system udobrennya [Biological activity of soil under different fertilizer systems]. *Zbirnyk naukovykh prats' Umans'koho DAU*, 240–247 (in Ukrainian).
21. Syabruk, O. P. (2013). Otsinka vtrat vuhletsyu z chornozemu typovoho za riznykh sposobiv obrobittu ta system udobrennya [Estimation of carbon losses from typical chernozem by different tillage methods and fertilizer systems]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*, Kharkiv, 140–146 (in Ukrainian).
22. Syabruk, O. P., Akimova, R. V., Hvozdk, V. B. (2019). Vplyv pohodnykh umov na sezonnu ta bahatorichnu dynamiku emisiyi CO₂ z chornozemu opidzolenoho [Influence of weather conditions on seasonal and long-term dynamics of CO₂ emissions from podzolic chernozem]. *Materialy vseukrayinskoyi naukovoï konferentsiyi Gruntoznavcho-heohrafichna nauka i praktyka – tradytsiyi ta s'ohodennya*, 195–204 (in Ukrainian).
23. Syabruk, O. P. (2015). Udoskonalennia instrumentalnoho metodu kontroliu emisii CO₂ z poverkhni gruntu [Improving the instrumental method of controlling CO₂ emissions from the soil surface]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*, Kharkiv, 123–128 (in Ukrainian).
24. Trofymenko, P. I., Trofymenko, N. V. (2018). Intensyvnist' emisiyi CO₂ z gruntiv Polissya pid chas vehetatsiyi kul'tur ta dominantnist' zumovlyuyuchykh yiyi chynnykiv [Intensity of CO₂ emissions from Polissya soils during vegetation of crops and dominance of its determining factors]. *Melioratsiya i vodne hospodarstvo*, 107(1). 47–54 (in Ukrainian).
25. Tsentrylo, L. V. (2019). Biolohichna aktyvnist' gruntu za riznykh system udobrennia soniashnyku ta obrobittu gruntu [Biological activity of soil under different systems of sunflower fertilization and tillage]. *Tavriiskiyi naukoviy visnyk*, 108, 117–122 (in Ukrainian).

26. Vasilev, I. P., Tulikov, A. M. & Bazdyirev, G.I. (2004) Praktikum po zemledeliyu. [Workshop on agriculture]. KolosS. Moskva, 255 (in Russian).
27. Vyshens'ka, I. H., Rud'ko, M. A. (2018). Emisiya CO₂ gruntu i pidstylkylisovykh fitotsenoziv riznogo typu [CO₂ emissions of soil and litter of phytocenoses of different types]. Naukovi zapysky NaUKMA. Biolohiya ta ekolohiya tom 1, 43–47 (in Ukrainian).
28. Yeshchenko, V. O. (2011). Do metodyky vyznachennya biolohichnoyi aktyvnosti gruntu [To the method of determining the biological activity of soil]. Zbirnyk naukovykh prats' Umans'koho natsional'noho universytetu sadivnytstva: Ahronomiya, 77, 21–26 (in Ukrainian).
29. Zinchuk, M. I., Bondarchuk, S. P., Bondarchuk, L. F., Merlenko, I. M., Fedoniuk, M. A., Kovalchuk, N. S. (2021). Dynamika humusu ta osnovnykh elementiv zhyvlennya u gruntakh Volyns'koyi oblasti [Dynamics of humus and basic nutrients in the soils of Volyn region]. Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya, 1(93), 90–100 (in Ukrainian).
30. Miroshnychenko, M. M., Shymel', V. V., & Syabruk, O. P. (2011). Dynamika emisii CO₂ za riznykh sposobiv obrobittu gruntu [Dynamics of CO₂ emissions under different methods of tillage]. Ahrokhimiya i gruntoznavstvo, Kharkiv, 11–14 (in Ukrainian).

Gavryliuk V. A., PhD (Agricultural Sciences), Senior Research Fellow, Polissya Research Station of the NSC «Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O. N. Sokolovsky», Lutsk, Ukraine

Melymuka R. Ya., PhD student, NSC «Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O. N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine

Carbon gas emissions and microbiological activity of soils under different agricultural purposes in conditions of Western Polissia

The article analyzes the research of the main processes associated with the transformation of organic matter on reclaimed soils of the Western Polissya region of Ukraine. An analysis of changes in climatic conditions in the study area over the past decades was also conducted and the impact of these changes on soil productivity was determined. The process describes the problem of organic carbon loss associated with current global warming trends, as rising average annual air temperatures increase the intensity of carbon dioxide emissions from the soil, leading to poor fertility and even loss of humus. Measurement of the intensity of carbon dioxide emissions from the soil surface was performed on different types of reclaimed soils, namely: sod-podzolic, peat and meadow-swamp, using a portable gas analyzer Testo 535.

One of the conditions for the research is the state of these soils for different agricultural purposes, so the research was conducted on: virgin lands, partially disturbed lands set aside for growing berries, including blueberries, plowed lands for agricultural use.

Studies have also been conducted to determine the microbiological activity of the soil cover, as this indicator directly affects the productivity of the fertile layer, as microbiological activity includes metabolic processes and reactions that occur in the soil layer involving microflora and microfauna. In particular, studies were conducted to determine the activity of cellulolytic microorganisms by the method of intensity of decomposition of linen E.M. Mishustin on organogenic and mineral soils for various agricultural purposes.

Listed several of recommendations for the regulation of organic carbon in terrestrial ecosystems, which are primarily related to the emission of carbon dioxide from the soil into the atmosphere. The recommended measures are aimed at slowing down the decomposition processes of decomposition of organic compounds in the soil and improving the conditions for their consolidation.

Key words: climate change, warming, organic carbon, carbon dioxide production, soil respiration, microbiological activity.

ХОХУЛЯ ЗВИЧАЙНА (*DESMANA MOSCHATA L.*) – РЕЛІКТОВИЙ КОМАХОЇД РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ «СЕЙМСЬКИЙ»

Ємець Олександр Михайлович

кандидат біологічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0003-1228-1439
yemets_a@ukr.net

Деменко Віктор Михайлович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-8264-2802
Vicmix64@ukr.net

Бурдуланюк Алла Олександрівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-9258-7456
burdalla@ukr.net

Рожкова Тетяна Олександрівна

кандидат біологічних наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-0791-9736
rozhkova8@gmail.com

Татарінова Валентина Іванівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0001-5008-2276
tatarinovasnau@gmail.com

*Ендеміком Східноєвропейської рівнини та найдавнішим представником сучасної фауни Європи є хохуля звичайна (*Desmana moschata L.*). Тварина підлягає суворій охороні. Міжнародний союз охорони природи визначив статус хохулі звичайної як виду, що перебуває під загрозою зникнення (*Endangered, EN*). До Європейського червоного списку хохуля занесена як вразливий вид (*Vulnerable, V*). Також, вона занесена до додатку II (види фауни, що підлягають суворій охороні) Бернської Конвенції (*Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats*). В Червону книгу України хохуля занесена у статусі реліктового зникаючого виду.*

В процесі досліджень були опрацьовані літературні джерела, звіти науково-дослідних експедицій, акти обстеження хохулевих угідь, акти виявлення хохулі на території Сумської області, архівні документи Відділу природно-заповідного фонду та біоресурсів Департаменту захисту довкілля та енергетики Сумської обласної державної адміністрації.

*Стаття містить дані щодо історії формування сеймської популяції *D. moschata* в Північно-Східній Україні на території Конотопського району Сумської області. Повідомляється, що сеймська популяція хохулі звичайної історично пов'язана з популяцією цієї тварини у Курській області Росії. З території Росії хохуля природним шляхом розселилася в озера, меліоративні канали та інші водні об'єкти в заплаві річки Сейм на території України. На сьогодні, це єдина в Україні популяція *D. moschata*. Раніше існували дніпровська та сіверсько-донецька популяції, вони припинили своє існування в середині та кінці ХХ століття. Сеймська популяція хохулі є сильно фрагментованою і нараховує приблизно 300-500 особин. В її структурі слід виділити 3 осередки: сеймський – найбільший, розміщується в заплаві річки Сейм; вирівський – охоплює заплаву річки Вир, лівої притоки Сейму; клеєвський – охоплює заплаву річки Клеєв, правої притоки Сейму. В цілому популяція перебуває у сильно пригніченому стані і дуже потерпає від надмірного антропогенного тиску.*

Ключові слова: *Desmana moschata*, сеймська популяція, стан популяції, Північно-Східна Україна.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.7>

Вступ. Україна, не зважаючи на її аграрний статус, є одним з унікальних регіонів світу, де ще в достатній мірі збереглися не трансформовані чи мало трансфор-

мовані території. Переважна більшість їх є складовими різних за рангом природоохоронних об'єктів. Одним із них є Регіональний ландшафтний парк «Сеймський».

Він займає площу в 98 857,9 га заплави річки Сейм та її першої надзаплавної тераси у західній частині Сумської області в межах Конотопського району. З числа інших, парк вирізняється унікальними ландшафтами, флорою та фауною для збереження яких створено низку заказників місцевого та загальнодержавного значення: «Урочище Боромля» (зоологічний), «Бочечанський» (ландшафтний), «Мутинський» (ботанічний), «Озаричанський» (орнітологічний), «Камінські пісковики» (геологічний), «Попів Грудок» (загальнозоологічний), «Оленкин» (загальнозоологічний) та ряд інших. Рослинність та водні об'єкти парку є осередками існування численних тварин. Фауна хребетних РЛП «Сеймський» нараховує 30 видів риб, 10 видів земноводних, 6 видів плазунів, 150 видів гніздових птахів та близько 40 видів ссавців.

Унікальним представником у складі теріофауни парку є хохуля звичайна (*D. moschata*). Цей комахоїдний ссавець належить до родини кротових (Talpidae) є ендеміком Східноєвропейської рівнини та найдавнішим представником сучасної фауни Європи, якщо брати до уваги вік викопних зразків. Знайдені тут рештки хохуль датуються, щонайменше, пізнім міоценом, раннім та середнім плейстоценом (MIS 18 – MIS 11) (Minwer-Barakat et al, 2020; Markova et al, 2016). Їх виявляли на території Франції, Голландії, Німеччини, Польщі, Швеції, Великої Британії, Угорщини, України. На сьогодні, хохуля звичайна на території Західної Європи офіційно не реєструється. Її поширення обмежується відносно не великими популяціями в Росії (європейська частина та західний Сибір), східній Україні та західному Казахстані.

Регулярні спостереження за цією твариною демонструють різке зниження її чисельності, особливо в останні роки. У цьому зв'язку природоохоронні організації різних рівнів – міжнародні, європейські, нашої держави занесли хохулю руську до усіх існуючих червоних списків. Зокрема, Міжнародний союз охорони природи визначив статус хохулі руської як виду, що перебуває під загрозою зникнення (Endangered, EN). Ще у 1991 році Європейська економічна комісія ООН занесла хохулю до Європейського червоного списку як вразливий вид (Vulnerable, V). За визначенням, до цієї категорії належать види, яким, у разі продовження дії негативних для них чинників, загрожує зникнення. Тут слід відмітити, що негативні, щодо хохулі, чинники не тільки продовжують діяти, а їх дія ще й щороку зростає та синергізується глобальними кліматичними змінами.

Водночас, тварина занесена до додатку II (види фауни, що підлягають суворій охороні) Бернської Конвенції (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats). В Червону книгу України хохуля занесена до всіх її трьох видань у статусі реліктового зникаючого виду.

Дослідження останніх років демонструють вкрай негативний вплив низки екологічних чинників на життєдіяльність хохулі. Зокрема Єськова К.А з співавторами (Es'kova et al, 2018) вказують на достатню стенобіонтність хохулі до температурних показників. Рутовська М.В. (Rutovskaya et al, 2017) акцентують увагу на вагомому місці засух в динаміці зниження чисельності *D. moschata*.

Окулова Н.М. зі співавторами (Okulova et al, 2008) наголошують на зростаючому негативному впливу раніш проведених меліорацій на фоні сучасного глобального потепління. Вивченню негативного впливу глобальних кліматичних змін, антропогенного тиску та інших чинників на чисельність, середовище існування, фізіологію та інші показники життєдіяльності хохуль присвячена ціла низка наукових досліджень (Andreychev et al, 2020; Rutovskaya et al, 2020; Bakka et al, 2018; Smirnov&Ponomarev, 2007; Orapina et al, 2013; Neronov et al, 2008).

З викладеного випливає гостра необхідність детального вивчення сучасного поширення, чисельності цієї унікальної тварини, моніторингу придатних для її існування угідь, створення умов для виживання та розселення цієї мікромаммалії.

Метою роботи було узагальнення літературних даних щодо поширення хохулі звичайної в Україні та результатів власних досліджень проведених, зокрема, у північно-східній її частині. Завдання полягало у виявленні місць оселення видів тварин з міжнародним, українським та регіональним охоронними статусами, зокрема *D. moschata*, та вивчення особливостей її перебування на території РЛП «Сеймський».

Матеріали і методи досліджень. В процесі досліджень були опрацьовані літературні джерела, звіти науково-дослідних експедицій, акти обстеження хохулевих угідь, акти виявлення хохулі на території Сумської області, архівні документи Відділу природно-заповідного фонду та біоресурсів Департаменту захисту довкілля та енергетики Сумської обласної державної адміністрації. Польові дослідження проводилися методом маршрутних обстежень (Zagorodnjuk, 2002).

Результати. На теперішній час, в межах Європейського континенту ареал хохулі звичайної в домінанті зосереджений в Європейській частині Російської федерації на території 37 областей в басейнах річок Волги, Дону, Дніпра та Уралу. Це території, де хохуля існує з прадавніх часів і де ще збереглися відносно не чисельні окремі популяції цієї тварини.

Фундаментальні дослідження Хахіна Г.В. (Hahin, 2009), щодо поширення *D. moschata* в Росії та проведений ним порівняльний аналіз отриманих результатів з даними подібних досліджень за попередні роки, пролили світло на сучасний стан популяції хохулі звичайної на Європейському континенті, зокрема, території Росії, та показали динаміку скорочення її ареалу за останні майже 100 років (рис. 1).

Автор, зокрема, зазначає, що на тепер ареал хохулі має дискретний характер, а стан виду є критичним. В розрізі адміністративних одиниць така ситуація відмічена в більшості областей де поширена *D. moschata*, за виключенням Рязанської, Курської та Курганської. Тут стан популяції тварини є найбільш благополучним, а також Вологодської, Нижньгородської, Тамбовської та Смоленської з відносною стабільністю чисельності хохулі.

В Україні, на сьогодні, виходячи з даних літературних джерел, єдина популяція хохулі (сеймська) зосереджена в її північно-східній частині, зокрема, на території

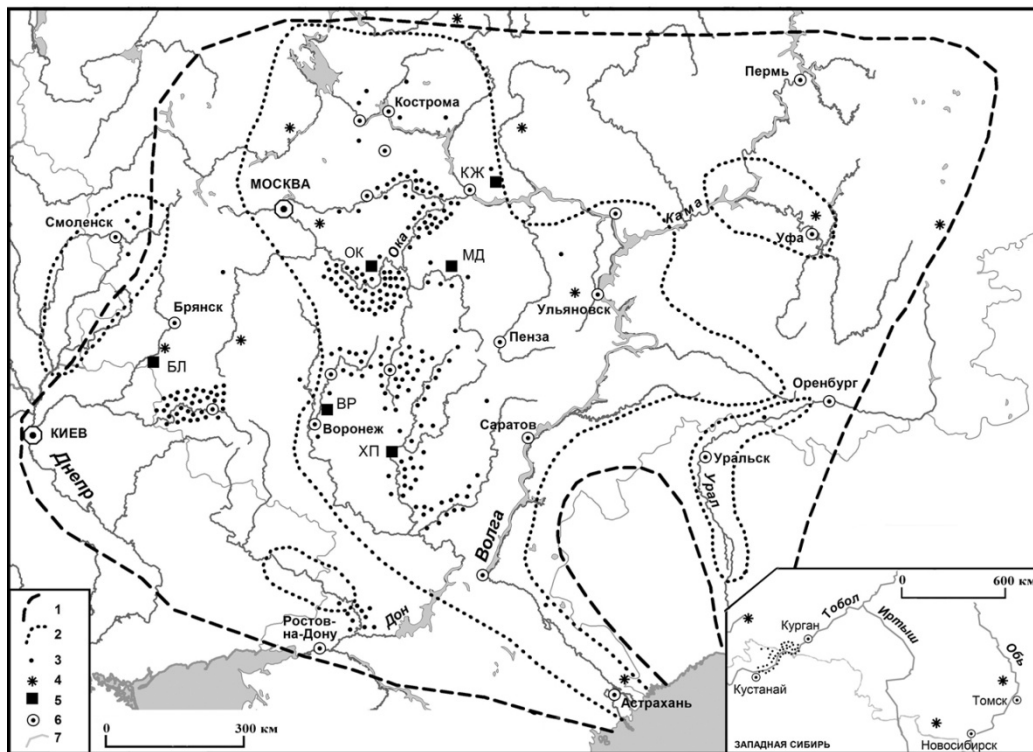


Рис. 1. Зміна ареалу хохулі звичайної у XIX-XXI ст. (за Nahin, 2009): 1 – ареал хохулі в кінці XIX ст. (Огнєв, 1928); 2 – ареал хохулі в середині XX ст. (Бородін, 1963); 3 – сучасне поширення (1 крапка – 100 особин); 4 – одиничні знахідки; 5 – заповідники (БЛ – Брянський ліс, ВР – Воронежський, КЖ – Керженський, МД – Мордовський, ОК – Окський, ХП – Хоперський); 6 – центри республік та областей; 7 – державні кордони

Сумщини та історично пов'язана з популяцією цієї тварини у Курській області Росії і являє собою її периферійну південно-західну ділянку.

У XX ст. поширення *D. moschata* в Україні було дещо іншим. За повідомленнями Загороднюка І. В. (Zagorodniuk et al, 2002) ареал хохулі в Україні історично сформувався в 3 сегментах: Дніпровському, Сіверсько-Донецькому та Сеймському (рис. 2).

Дніпровська популяція хохулі найдавніша з числа усіх, що були описані на території України. Викопні рештки знайдені тут датуються раннім та пізнім міоценом (Rzebiak-Kowalska, 2015). Проіснувала популяція до 30-х років XX ст. і зникла з причини завершення природного процесу скорочення цієї частини ареалу.

Найпотужнішою і найчисельнішою популяцією *D. moschata* в Україні була Сіверсько-Донецька. І до тепер, питання про припинення її існування остаточно вирішеним вважатися не може. Проте, останні ґрунтовні польові дослідження проведені Загороднюком І. В. (Zagorodniuk et al, 2002). ставлять під сумнів можливість існування хохулі у східному регіоні України. Зокрема, науковцем у складі комплексної зоологічної експедиції обстежена найбільш перспективна 1000-кілометрова ділянка заплави Сіверського Дінця від річки Оскол у Харківській області до річки Деркул, що на межі Луганської та Ростовської областей. Обстежено близько 70 заплавної озера та русла річки, проте, у всіх випадках результати



Рис. 2. Ареал хохулі в Україні (за Zagorodniuk et al, 2002)

Примітка: автор посилається на дані Підоплічко, 1951. Позначка «Сучасні знахідки» відносяться до згаданої дати.

виявилися негативними. Слідів існування, чи самих тварин в басейні Сіверського Дінця експедиція не виявила. Опитування мисливців, таксидермістів та анкетування місцевих мешканців також дали негативні результати. У висновку, Загороднюк І. В. наголосив про надзвичайно високу ймовірність відсутності хохулі на Сіверському Дінці і головною причиною тому вважає вплив антропогенного чинника.

Сеймська популяція – наймолодша і, скоріш за все, єдина на тепер в Україні. Її формування розпочалося у 70-х роках ХХ ст. шляхом природного проникнення тварин з території Росії і освоєння ними придатних для життя заплавних водойм річки Сейм та її приток. На сьогодні заселені хохулею території переважно зосереджені в межах двох природо-заповідних об'єктів – Середньосеймського ландшафтного заказника загальнодержавного значення (розміщується в заплаві річки Сейм та пригірловій ділянці річки Вир на території Конотопського та Сумського районів) та Регіонального ландшафтного парку «Сеймський», який охоплює заплаву Сейму в межах Конотопського району і загалом є логічним продовженням попереднього.

Експансія хохулі на територію України, ймовірно, розпочалася з територій суміжних з населеним пунктом Тьоткіно, Курської області Росії, які розкинулися до кордону з Україною. Тут *D. moschata* описав Сердюк Н.В. (Serdjuk, 1978). Існує думка, що саме ці території сусідньої держави і по сьогодні є джерелом постійного підживлення «української» популяції хохулі новими особинами. Зокрема, Скоробагатов Є. В. (Skorobogatov, 2000) зауважує, що можливим імміграційним вогнищем хохулі є система російських кар'єрів торфорозробок, які розміщені напроти села Бунякіне Конотопського району Сумської області. Місцями заселення особинами-іммігрантами є аналогічні кар'єри поблизу вказаного населеного пункту. Звідси з паводковими водами тварини розселяються по меліоративних каналах, заплавних озерах та руслу Сейму у низ за його течією.

Підтвердити справедливості цієї теорії можуть результати низки досліджень проведених у різні роки на згаданій території Сумщини. Зокрема, Сердюк М.В. (Serdjuk, 1978) провів обстеження заплави Сейму поблизу сіл Волинцево, Козлівка, Чаплищі. Згадані населені пункти розміщені на певній відстані від Бунякіного у низ за течією річки. В озері «Болонья» поблизу Волинцевого автор виявив 20 заселених хохулевих нір. Біля Козлівки у безім'яному озері виявлено одну заселену нору, а поблизу Чаплищ, в заплавному озері, автор знаходив покинуті нори тварин. Тобто, хохуля активно мігрує в пошуках найбільш придатних для її життя водойм.

У 1978 році експедиція Інституту зоології АН УРСР у складі Крижановського В.І., Абеленцева В.І., Панова Г.М., Леґейди І. С. (Kryzhanovskij et al, 1978) установила факт вилуви хохулі місцевими мешканцями поблизу села Бояро-Лежачи у затоці Сейму та озері «Хоробре», а також поблизу населеного пункту Рижівка у системі озер між річками Сейм і Вир. Слід зазначити, що при обстеженні експедицією водойм, де раніше працював Сердюк М.В., ні самих тварин, ні слідів їх перебування виявити не вдалося. У звіті про проведену роботу зазначається, що озера сильно пересохли та зазнали надзвичайно сильного антропогенного тиску у результаті чого стали не придатними для життя хохуль. Напевне, тварини або загинули, або мігрували у інші водойми. На користь можливої міграції свідчить випадок виявлення двох дорослих хохуль поблизу с. Волинцевого у тому ж 1978 році, але уже у меліоративному каналі, під час

його реконструкції (Merzlikin, 1992). Нові знахідки тварин біля згаданих населених пунктів датуються 1990-2006 роками. Зокрема, за даними Мерзлікіна І.Р. та Мішти А.В. (Merzlikin&Mishta, 2008) поблизу села Козлівка у системі меліоративних каналів та річці Горн (притоці Сейму) окремі особини та заселені нори хохуль спостерігали постійно, останній раз у 2006 році. Поблизу Волинцевого у старих торф'яних кар'єрах одиничні екземпляри хохуль були здобуті браконьєрськими засобами лову у 1991 та 2000 роках. Поблизу Бунякіного, влітку 2001 року, у меліоративному каналі одну хохулю здобув мисливський собака. Місцеві жителі села Бояро-Лежачи по одній хохулі спостерігали у озері «Хоробре» у 2001–2002 роках. Водночас, ці ж автори, повідомляють про знахідки *D. moschata* і на інших територіях суміжних із зазначеними вище населеними пунктами. Зокрема, на північний схід від Волинцевого, поблизу сіл Юр'єве та Линове у меліоративних каналах окремі екземпляри хохуль реєстрували у 2000 році. Поблизу села Манухівка, що розміщене у низ за течією Сейму від населеного пункту Бояро-Лежачи, у меліоративних каналах і старицях «Вілея» і «Переріз» окремі екземпляри тварин виявлені у 2002 році. Поблизу села Піски, яке розміщене на лівому березі Сейму між Манухівкою і Козлівкою, місцеві мешканці щорічно під час весняних повеней спостерігали окремі особини хохуль у період з 1992 по 2006 роки. У цьому ж населеному пункті молоду хохулю у полював кіт у 2001 році. У низ за течією Сейму від населеного пункту Чаплищі, поблизу села Чумакове, у затоці річки місцеві мешканці спостерігали хохулю у 2003 році, а самі автори статті – у 2004 році, у колишніх торфорозробних кар'єрах. У водних об'єктах околиць сіл Пересипок, Червоне озеро, Зінове, що розміщені нижче за течією Сейму від Чумакового, по кілька особин хохуль реєстрували регулярно з 1999 по 2005 рік (Merzlikin&Mishta, 2008).

Результати зазначених вище досліджень, зокрема проведених у 70-х роках минулого століття, стали обґрунтуванням створення у 1987 році Середньосеймського заказника, основним завданням якого було і залишається охорона і збереження *D. moschata*. На рисунку 3 показано місця виявлення хохуль на території Середньосеймського заказника у період з 1978 року по 2006 рік. В останні 15 років спеціальних досліджень хохулі в межах зазначеного заповідного об'єкту не проводилося.

Заселення хохулями території Регіонального ландшафтного парку «Сеймський», було продовженням природного процесу міграції цієї тварини з сусіднього заказника. Саме поблизу села Чумакове, де починається згаданий регіональний парк, *D. moschata* була помічена місцевими мешканцями у 2003 році (Merzlikin&Mishta, 2008). Пізніше, Мерзлікін І.Р. та Мішта А.В. окремі екземпляри хохуль виявляли поблизу, уже згаданого, села Зінове у колишніх торфорозробках «Журавлине» та «Карасеві болота», поблизу населеного пункту Дич і міста Путівль – у 2004 році та поблизу сіл Жовтневого і Скуносове – у 2000 році. У останніх двох випадках, тварини здобуті у Сейму риболовними сітками у кількості 3 та 1 екземпляри (Merzlikin&Mishta, 2008). Нижче міста

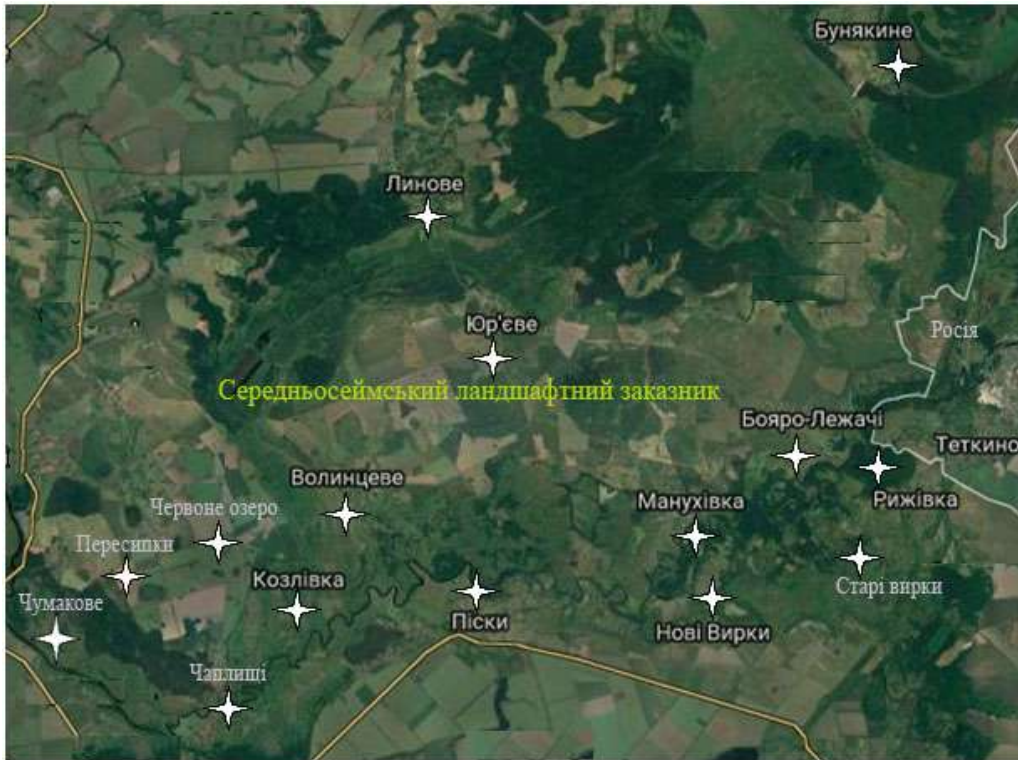


Рис. 3. Поширення *D. moschata* на території Середньосеймського ландшафтного заказника загальнодержавного значення (материнський та вирівський осередки)

Путивль, Мерзлікін І. Р. спостерігав хохулю поблизу села Камінь у заплавному озері у 1990 році, а у 1991 році, як повідомляє автор, ще нижче за течією річки поблизу села Желдаки у озерах і меліоративних каналах місцевими жителями було здобуто 6 тварин. На думку науковця, це найбільш віддалений від місця заселення пункт, де достовірно описана присутність *D. moschata*. Проте, автор вважає, що тварина, на сьогодні, освоїла і більш віддалені території та, напевне, проникла у водойми Чернігівщини (Merzlikin, 1995). Однак, літературних джерел, де б підтверджувалася ця думка, нам відшукати не вдалося. Є лише не великий пост на фейсбук сторінці Природно-географічного факультету Сумського дер-

жавного педагогічного університету ім. А.С. Макаренка, де повідомляється про виявлення групою дослідників (Мерзлікін І.Р., Мішта А.В., Яніш Є.Ю., Хоменко С.В.) весняних і літніх нір хохулі у заплаві річки Сейм (Merzlikin, 2021). Нажаль, автори публікації не вказують на місце проведення досліджень, можна лише припускати, що це була ділянка заплави нижче села Желдаки.

На рисунку 4 зазначені місця виявлення *D. moschata* на території Регіонального ландшафтного парку «Сеймський» у період з 1990 по 2019 рік.

Описані вище території Середньосеймського ландшафтного заказника та Сеймського регіонального ландшафтного парку, де достовірно протягом майже

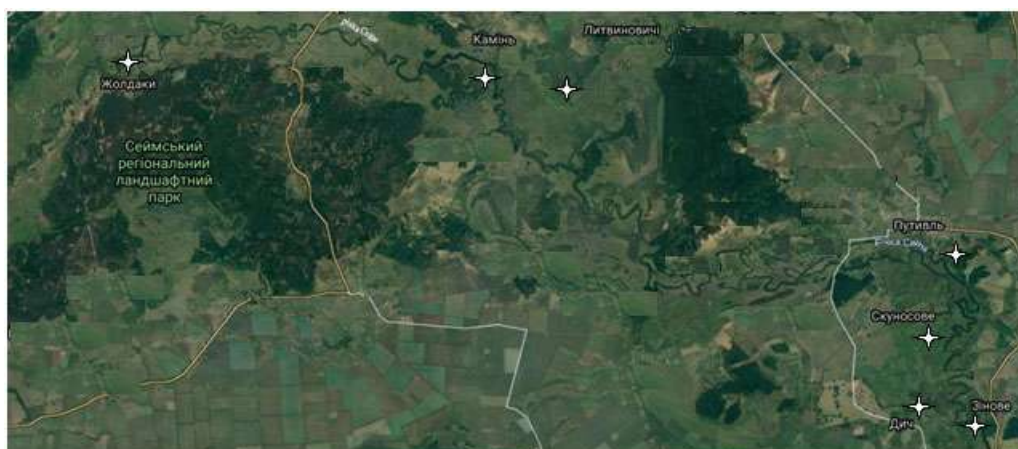


Рис. 4. Поширення *D. moschata* на території Регіонального ландшафтного парку «Сеймський» (материнський та клеветський осередки)

50 років фіксуються випадки виявлення хохулі, на нашу думку, є материнським осередком Сеймської популяції *D. moschata*. Водночас, протягом цього часу почали формуватися ще два осередки – вирівський, на річці Вир (лівому притоці Сейму) та клевеньський – на річці Клевень (правому притоці Сейму).

Вирівський осередок охоплює ділянку русла річки Вир поблизу села Нові Вирки та її нижню течію до населеного пункту Ворожба і територіально прив'язаний до Середньосеймського ландшафтного заказника (рис. 5).

Заселення осередку скоріш за все розпочалося у 70-х роках минулого століття. За даними Цюпки В.О. поблизу села Нові Вирки максимальна кількість тварин була у 80-х роках, коли у рибальські сітки потрапляло по кілька десятків тварин на рік. Проте, станом на 2005 рік кількість таких випадків тут скоротилася до 7, а у 2006 – до 2. Скорочення чисельності тварин відбувалося в результаті антропогенного тиску та міграції тварин у верх за течією річки Вир. Зокрема, автор повідомляє про виявлення хохуль поблизу села Старі Вирки, що на 3 кілометри вище від попереднього населеного пункту та поблизу селища Ворожба, що ще на 3 км. вище Старих Вирок (Тсупка, 2012).

Про здобуття молоді *D. moschata* поблизу Ворожби повідомляють також Мерзлікін І.Р., Мішта А.В. За їх даними, молода тварина потрапила у рибальські сітки у річці Вир на ділянці русла між залізнодорожним мостом та самим населеним пунктом. Трапилось це у 2001 році. Ці ж автори повідомляють про окремі реєстрації хохуль у 1997 та 2001 роках в одному із ставків поблизу села Кіндратівка Сумського району (Merzlikin&Mishta, 2008). Інформація надана місцевими мешканцями і не підтвер-

джена фактичним матеріалом. Скоріш за все, то були ондатри, які в останній час є досить звичними тваринами наших водойм. Якби інформація була достовірною, то хохулям прийшлося би подолати шлях у кілька десятків кілометрів від міста Білопілля, де у річку Вир впадає її притока Крига і по каскаду ставків на цій малій річці піднятися до села Кіндратівка. Ймовірність цього досить сумнівна і потребує перевірки.

Клевеньський осередок хохулі, який перебуває в межах Регіонального ландшафтного парку «Сеймський», є найбільш молодим. Таке припущення базується на відсутності у літературних джерелах інформації про існування *D. moschata* в річці Клевень у період формування материнського осередку Сеймської популяції цієї тварини. У всякому випадку, відшукати такі дані нам не вдалося.

Вперше хохулю у згаданій річці виявив Ємець О.М. (Yemets, 2019). Трапилось це поблизу села Литвиновичі 6 серпня 2018 року під час маршрутного обстеження ділянки русла Клевені від села Яцине до села Камінь Конотопського району (рис. 6). Візуальний контакт тривав близько 4–5 секунд після чого тварина сховалася під воду. Нажаль, зазначеного часу не вистачило щоб налаштувати фотоапаратуру та відзняти тварину у природному середовищі.

Заселення Клевені хохулею, можливо, розпочалося з 1990 року, коли її поблизу села Камінь у заплавному озері Сейму спостерігав Мерзлікін І. Р. (див. вище). За цей час тварина розселилася у верх по руслу річки майже на 8 км (відстань від села Камінь до місця її виявлення).

Результати аналізу екологічного стану річки Клевень на відрізьку між селами Яцине та Камінь дали можливість



Рис. 5. Вирівський осередок *D. moschata* на річці Вир

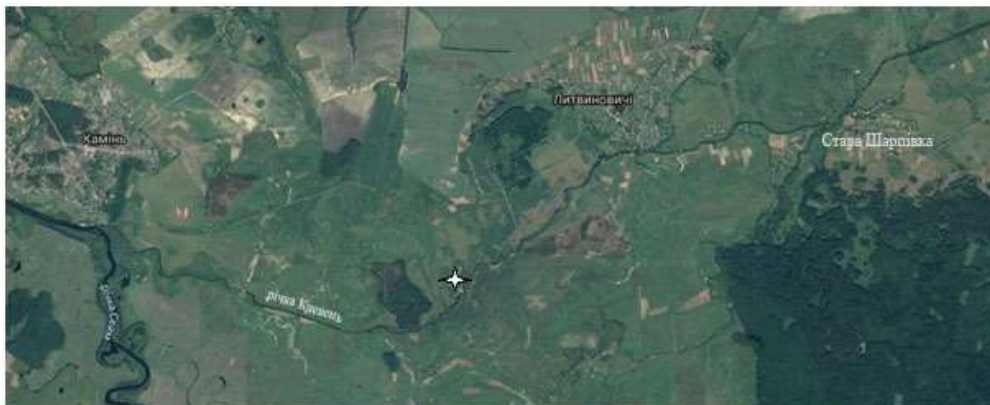


Рис. 6. Клевеньський осередок *D. moschata* на річці Клевень

Примітка: знаком позначене місце виявлення хохулі.

виділити ділянку русла, що є найбільш перспективною для існування хохулі. Такою може бути відрізок від шлюзу поблизу села Камінь до такого ж шлюзу у селі Литвиновичі (власне саме тут тварина була виявлена) та далі у верх за течією до хутора Стара Шарпівка.

Береги річки на згаданому відрізку густо поросли береговою рослинністю місцями з чагарниками та деревами. Рівень води регулюється шлюзами та підтримується переважно на одному рівні, за виключенням весняних повеней (рис. 7).

До річки, останнім часом вони не такі сильні і трапляються не щороку. Течія річки, на описуваному відрізку, повільна, а глибина достатня, щоб вода не промерзала до дна. Водночас, у річці наявний комплекс усіх необхідних хохулі харчових об'єктів. Під час весняних повеней річка сполучається з низкою заплавних озер та системою меліоративних каналів, що дає можливість для розселення тварини у інші водні об'єкти.

Освоєнню хохулею річки сприяла фактично повна ліквідація промислового скотарства у 1990–2000 рр. у населених пунктах, розміщених у заплаві Сейму. Це у великій мірі зменшило антропогенне навантаження на заплавні луки, а на окремих ділянках їх стовідсоткове виведення з експлуатації. Водночас, згадана частина русла не є активною зоною рекреації, а включення заплавних територій Сейму та Клевені до складу Регіонального ландшафтного парку «Сеймський» та нормалізація його роботи в суттєвій

мірі сприяють успішному освоєнню згаданих територій рідкісною твариною.

Обговорення. Незважаючи на досить тривалий час існування сеймської популяції *D. moschata* її стан і чисельність виду в ній залишаються не вивченими. За повідомленнями Мішти А.В., Мерзлікіна І.Р. чисельність хохулі тут становить 300-500 особин (Mishta&Merzlikin, 2009). На нашу думку, ця інформація потребує уточнень, адже протягом останніх 20 років цілеспрямованих ґрунтовних досліджень сеймської популяції *D. moschata* не проводилося. Водночас, проаналізовані нами дані літературних джерел, вказують про далеко не найкращий стан цієї популяції. Щонайменше, на користь цієї думки свідчать факти не систематичних, а поодиноких, спорадичних випадків виявлення одиничних екземплярів тварин, зокрема, в останні роки. Суттєве скорочення чисельності хохулі почалося приблизно у 80-х роках минулого століття і триває по цей день. Основними причинами, які зумовлюють редуційні процеси в популяції є надмірний антропогенний тиск на середовище існування тварини. Це проявляється у вигляді використання заборонених засобів лову риби (ставних сіток, ятерів, електровудок), випасання худоби в охоронних зонах річок та берегах заплавних озер, надмірне і не продумане рекреаційне навантаження на водойми, розорювання заплавних луків і використання їх як орних земель під вирощування сільськогосподарських культур з внесенням необґрунтованих кількостей



Рис. 7. Шлюз у селі Камінь та загальний вигляд річки Клевень (фото Ємець О.М.)

пестицидів та агрохімікатів і низка інших чинників. За оцінками Загороднюка І.В. (Zahorodniuk, 2010), такий підхід у природокористуванні є «варварським». На сьогодні, саме діяльність людини є причиною змін у структурі локальних фауністичних угруповань, які наближаються до масштабів екологічної катастрофи.

Водночас не сприяє існуванню хохулі суттєва зміна гідрологічного режиму річки Сейм, зокрема відсутність або неповноцінність весняних повеней, що уже привело до пересихання значної кількості заплавних озер або їх обміління і, як результат, перехід їх в стан не придатний для життя хохулі.

Зміна гідрологічного режиму річок і інших водних об'єктів є наслідком глобальних кліматичних змін, які прямо чи опосередковано впливають на життєдіяльність великої кількості тварин, зокрема водних і напівводних. Результати таких досліджень викладені у низці наукових праць (Fell et al, 2017; Morueta-Holme, et al, 2017; Rumiantsev, et al, 2013; Rumiantsev, et al, 2018).

Висновки. У висновках слід відмітити, що сеймська популяція *D. moschata* є наймолодшою і скоріш за все останньою в Україні. В її структурі можна виділити три осередки: материнський сеймський – охоплює русло,

затоки, заплавні озера, меліоративні канали та водойми у колишніх торфорозробних кар'єрах в заплаві річки Сейм; вирівський – охоплює русло та низку заплавних озер річки Вир, лівої притоки Сейму; клеветський – перебуває у стані формування та охоплює ділянку русла річки Клеветь (правої притоки Сейму) в її нижній течії. В цілому сеймська популяція хохулі звичайної є сильно фрагментованою, малочисельною з дуже низькою щільністю тварин у ній і такою, що перебуває у стані сильного пригнічення. Основними чинниками, які зумовлюють такий її стан є надмірний антропогенний тиск на середовище існування тварини та певні глобальні кліматичні зміни.

Подяки. Автори статті висловлюють глибоку вдячність співробітникам Відділу природно-заповідного фонду та біоресурсів Департаменту захисту довкілля та енергетики Сумської обласної державної адміністрації за люб'язно надані для опрацювання архівні та інші наукові матеріали. Також велика подяка доценту кафедри біології та методики навчання біології Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка кандидату біологічних наук Мерзлікіну І. Р. за змістовні консультації.

Бібліографічні посилання:

1. Andreychev, A. Kuznetsov, V., Lapshin, A. & Alpeev, M. (2020). Activity of the Russian desman *Desmana moschata* (Talpidae, Insectivora) in its burrow. *Therya*, 11(2), 161–167. doi:10.12933/therya-20-801
2. Bakka, S.V., Kiseleva, N. Yu., Pankratov, I. I., Tarasov, I. A. & Shukov, P. M. (2018). The story of the creation and monitoring of the Russian Desman (*Desmana moschata* L.) population reintroduced of in the Kerzhenets river floodplain in the Nizhny Novgorod region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 115. doi: 10.1088/1755-1315/115/1/012036
3. Es'kova, K. A., Belovezhets, K. I., Kosinsky, A. A., Moreva, Yu. O., Popov, I. A. & Rutovskaya, M. V. (2018). Thermal mode of the habitats of the Russian Desman (*Desmana moschata*, Talpidae, Soricomorpha). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 1, 16-25. doi: 10.18500/1684-7318-2018-1-16-25
4. Fell, S. C., Carrivick, J.L. & Brown L.E. (2017). The Multitrophic Effects of Climate Change and Glacier Retreat in Mountain Rivers. *BioScience* 67 (10), 897–911. doi: 10.1093/biosci/bix107
5. Hahin, G. V. (2009). Russkaja vihuhol' v opasnosti: dinamika chislennosti i problemy ohrani [Russian Desman in danger: population dynamics and protection problems]. *Centr ohrani dikoj prirody*, Moskva, 198 (in Russian).
6. Kryzhanovskij, V.I., Abelencev, V.I., Panov, G.M. & Leheida I. S. (1978). O rezul'tatah obsledovaniya mest obitanija vyuholi v verhnem techenii reki Sejm (Putivl'skij rajon Sumskoj oblasti) [On the results of a survey of desman habitats in the upper reaches of the Seim River (Putivl district of Sumy region)]. *Arhivni dokumenti Viddilu pryrodno-zapovidnogo fondu ta bioresursiv Departamentu zakhystu dovkillia ta enerhetyky Sumskoi oblasnoi derzhavnoi administratsii*. Sumy (in Russian).
7. Markova, A. K., Puzachenko, A.Yu. (2016). The European small mammal faunas related to the first half of the Middle Pleistocene. *Quaternary International*, 420, 378–390. doi: 10.1016/j.quaint.2015.07.067
8. Merzlikin, I.R. (1995). Predvaritel'noe soobshhenie o vyuholi (*D. moschata*) na territorii Sumskoj oblasti (Ukraina) [Preliminary report on desman (*D. moschata*) in the Sumy region (Ukraine)]. *Nauchnye trudy Zoologicheskogo muzeja Odesskogo gosudarstvennogo universiteta im. I.I. Vernad'skogo*, 2, 30–32 (in Russian).
9. Merzlikin, I.R. (2021). Zoolohichni naukovy doslidzhennia v zaplavi richky Seim [Zoological research in the floodplain of the Sejm River] [Electronic resource]. Access mode: <https://www.facebook.com/100063699034708/posts/265372242262742/?sfnsn=mohttps://www.facebook.com/100063699034708/posts/265372242262742/?sfnsn=mo> (in Ukrainian).
10. Merzlikin, I.R. & Mishta, A.V. (2008). Novi sposterezhennia khokhuli *D. moschata* na terytorii Sumskoi oblasti. [New observations of the crested newt *D. moschata* in the Sumy region]. *Znakhidky tvaryn Chervonoj knyhy Ukrainy*, Kyiv, 206–208 (in Ukrainian).
11. Merzlikin, I.R. (1992). Pro vpliv antropogennih faktoriv na stan fauni ssavciv Sumshhini [On the influence of anthropogenic factors on the state of mammal fauna of Sumy region]. *Problemi ohoroni i racional'nogo vikoristannja prirodnih resursiv Sumshhini. Zbirnik naukovih prac'*, Sumy, 141–145 (in Ukrainian).
12. Minwer-Barakat, R., García-Alix, A., Martín-Suárez, E. & Freudenthal, M. (2020). Early Pliocene Desmaninae (Mammalia, Talpidae) from Southern Spain and the Origin of the Genus *Desmana*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 40(5). DOI:10.1080/02724634.2020.1835936
13. Mishta, A.V. & Merzlikina, I.R. (2009). Khokhulia ruska *Desmana moschata* (Linnaeus, 1758). [Russian ruff *Desmana moschata* (Linnaeus, 1758)] *Chervona knyha Ukrainy. Tvarynni svit, Hlobalkonsal'tynh*, Kyiv, 486 (in Ukrainian).
14. Morueta-Holme, N., Flojgaard, C. & Svenning J.C. (2010). Climate Change Risks and Conservation Implications for a Threatened Small-Range Mammal Species. *PLoS One*, 5(4), e10360. doi: 10.1371/journal.pone.0010360

15. Neronov, V. M., Khlyap, L. A., Bobrov, V. V. & Warshavsky, A. A. (2008). Alien species of mammals and their impact on natural ecosystems in the biosphere reserves of Russia. *Integrative Zoology*, 3, 83–94. doi: 10.1111/j.1749-4877.2008.00084.x
16. Okulova, N. M. Okulova, A. S. & Onufrenya, M. V. (2008). Analysis of monitoring data on the Russian desman (*Desmana moschata*) in the Oka state biosphere reserve in relation to the problem of species' population decline. *Russian Journal of Ecology*, 9, 510–515.
17. Oparina, O. S., Filinova, E. I., Sonina, E. E., Malinina, Yu. A. & Oparin, M. L. (2013). Current status of the Russian desman habitats in small rivers of the Don River Basin in Saratov oblast and the abundance of this species. *Biology Bulletin*, 40(10), 854–861. doi: 10.1134/S1062359013100075
18. Rumiantsev, V., Golubinsky, A., Soldatov, M., Husson, A. & Khitrov, D. (2013) Changes of mammal biodiversity in the European Russia (the end of the XVIII century – XXI century). *Geography, Environment, Sustainability*, 6(4), 48–64. doi: 10.24057/2071-9388-2013-6-4-48-64
19. Rummyantsev, V. Yu., Khitrov, D. A., Golubinsky, A. A. (2018). Distribution of Mammals in the Southern Part of European Russia: Historical and Ecological Analysis Based on Materials from the General Land Survey. *Arid Ecosystems*, 8, 173–183. doi: 10.1134/S2079096118030071
20. Rutovskaya, M.V., Aleksandrov, A.N., Podshivalina, V.N., Soboleva, A.S., Glushenkov, O.V. (2020). Habitat conditions of *Desmana moschata* (Talpidae, Eulipotyphla, Mammalia) in the buffer zone of the Prisurskiy State Nature Reserve (Russia). *Nature Conservation Research*, 5(2), 36–46. doi: 10.24189/ncr.2020.011
21. Rutovskaya, M.V., Onufrenya, M.V., Onufrenya, A.S. (2017). Russian desman (*Desmana moschata*: Talpidae) at the edge of disappearance. *Nature Conservation Research*, 2(1), 100–112. doi: 10.24189/ncr.2017.020
22. Rzebik-Kowalska, B., Rekovets, L. I. (2015). Recapitulation of data on Ukrainian fossil insectivore mammals (Eulipotyphla, Insectivora, Mammalia). *Acta Zoologica Cracoviensia*, 58(2), 137–171. doi: 10.3409/azc.58_2.137
23. Serdjuk, N.V. (1978). Novye dannye o rasprostraneniі vyuhoholi na Ukraine [New data on the spread of desman in Ukraine]. *Vestnik zoologi*, 2, 79–80 (in Russian).
24. Skorobogatov, E.V. (2000). Predvaritel'nyj otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote «Inventarizacija vyuhoholevyh ugodij v pojme reki Sejm Sumskoj oblasti» [Preliminary report on research work «Inventory of desman lands in the floodplain of the Seim river of Sumy region»]. Arhivni dokumenti Viddilu pryrodno-zapovidnoho fondu ta bioresursiv Departamentu zakhystu dovkillia ta enerhetyky Sumskoi oblasnoi derzhavnoi administratsii. Sumi (in Russian).
25. Smirnov, N. G. & Ponomarev, D. V. (2007). News about the past distribution of the desman (*Desmana moschata* L.). *Doklady Biological Sciences*, 414, 219–220. doi: 10.1134/S0012496607030143
26. Tsiupka, V.O. (2012). Novi znakhidky khokhuli ruskoi (*Desmana moschata*) u baseini richky Seim [New finds of Russian ruff (*Desmana moschata*) in the Seimas river basin]. *Pratsi Teriologichnoi shkoly*, 11, 145–147 (in Ukrainian).
27. Yemets, O.M. (2019). Zustrich z khokhuleiu zvychainoiu (*Desmana moschata* L.) na terytorii RLP «Seimskiy» [Meeting with *Desmana moschata* on the territory of the Seimsky RLP]. Ssavtsi na mapi Ukrainy. Materialy Pershoi Ukrainsoi konferentsii z kartuvannia ssavtsiv. Kyiv, Kyivskiy zoopark 28–29 bereznia 2019 r. / Pid red. M.Iu. Rusina, M.A. Hkhazali, Kyiv, 57 (in Ukrainian).
28. Zagorodnjuk, I. V. (2002). Pol'ovyy vyznachnyk drubnyh ssavciv Ukrai'ny [Field identification guide of minute mammals]. *Natsionalnyi naukovo-pryrodnychi muzei, Kyi'v*, 60 (in Ukrainian).
29. Zahorodniuk, I., Kondratenko, O., Domashlinets, V., Baidak O., Shaposhnikov L. & Diakov Yu. (2002). Khokhulia (*Desmana moschata*) v baseini Siverskoho Dintsia [Russian Desman (*Desmana moschata*) in the Siversky Donets Basin]. *Pratsi Teriologichnoi shkoly*, 4, Kyiv, 64 (in Ukrainian).
30. Zahorodniuk, I.V.(2010). Ssavtsi pivnichnoho skhodu Ukrainy: zminy fauny ta znan pro yii sklad vid ohliadu O.Chernaia (1853) do sohodennia (Povidomlennia 2). *Visnyk Natsionalnoho naukovo-pryrodnychoho muzeiu* 8, 33–60 (in Ukrainian).

Yemets O. M., PhD (Biological Sciences), Assistant Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
Demchenko V. M., PhD (Agricultural Sciences), Assistant Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
Burdulanyuk A. O., PhD (Agricultural Sciences), Assistant Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
Rozhkova T. O., PhD (Biological Sciences), Assistant Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
Tatarynova V. I., PhD (Agricultural Sciences), Assistant Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
Russian desman (*Desmana Moschata* L.) – relic insectivorous in regional landscape park «Seimsky»

*Russian Desman (*Desmana Moschata* L.) is endemic form on the East European Plain and the most ancient representative of modern European fauna. This animal is under the strict protection. The International Union of nature protection included Russian Desman`s to the species that are under the threat of disappearance (Endangered, EN). This animal was added to the European red list as vulnerable species (Vulnerable, V). Additionally, it was described in Appendix II (fauna species that need to be strictly defended) of the Berne Convention (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats). Russian Desman was included to the Red Book of Ukraine with relict endangered status.*

In course of study, literature sources, reports of the research expeditions, acts about the Russian Desman`s living territory observations and its detection in Sumy region, archival documents of the Nature Protection Fund and Bioresources section of the Department of Security of Natural Resources and Energy of Sumy Regional State Administration were processed.

*Article contains information about the history of *D.moschata* population formation in the north-eastern Ukraine on the territory of Putyvl district, Sumy region. It is reported that seymska population of Russian Desman has historical connection with the population of this animal in Kursk region, the Russian Federation. From the Russian territory it has*

*naturally expended the living area to the lakes, reclamation canals and other water objects in the floodplain of the river Seym on the territory of Ukraine. For today, it is the unique Ukrainian population of *D.moschata*. Earlier there were dniprovська and the siversko-donetska populations, but they became extinct in the middle and in the end of XX century. Seymska population of Russian Desman is extremely fragmented and counts approximately 300-500 animals. Its structure should be divided into 3 areas: seymska – the biggest one, located in the floodplain of the river Seym; vyrivska – it covers the floodplain of the river Vyr that is the left tributary of the Seym; klevenska – it covers the floodplain of the river Kleven that is the right tributary of the Seym. Generally, population experiences a very inhibited state and suffers from an excessive anthropogenic pressure.*

Key words: *the north-eastern Ukraine, modern state, the seymska population, *Desmana moschata* L.*

АДАПТАТИВНІ ЗМІНИ В КЛІТИНАХ КРОВІ РИБ В УМОВАХ ХРОНІЧНОЇ ІНТОКСИКАЦІЇ

Єсіпова Наталія Борисівна

кандидат біологічних наук, доцент
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпро, Україна
ORCID: 0000-0003-1924-2547
yesipova.natalia@gmail.com

Шарамок Тетяна Сергіївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпро, Україна
ORCID: 0000-0003-3523-5283
sharamok@i.ua

У статті аналізуються адаптаційні реакції крові риб на хронічну інтоксикацію важкими металами. Дослідження проводились на двох ділянках Запорізького (Дніпровського) водосховища з різним ступенем токсичного забруднення. Для дослідів використовували риб (карася сріблястого і плоскирку), які широко розповсюджені у прісноводних водоймах, мають різні раціони живлення і ареали мешкання. У риб визначались морфометричні показники еритроцитів, аналізувались виявлені патології клітин і зміни у лейкоцитарній формулі. Результати досліджень показали, що у риб із забрудненої зони вірогідно збільшувалась площа ядер еритроцитів, ядерно-цитоплазматичне співвідношення, підвищувався відсоток молодих бластних форм, збільшувалась кількість еритроцитів з патологічними явищами (пойкілоцитоз, гіпохромія, каріопікноз, мікроядра, ядерні тіні, амітози); кількість лейкоцитів вірогідно збільшувалась на рахунок сегментоядерних форм і моноцитів. Таким чином, збільшення молодих форм еритроцитів і активацію гранулопоезу можна розцінювати як адаптивні реакції крові риб на хронічну інтоксикацію важкими металами.

На посилену інтоксикацію риб важкими металами вказував лейкоцитарний індекс інтоксикації, який збільшувався у карася в забрудненій зоні на 39 %, у плоскирки – на 48 %. Реакції крові карася і плоскирки на вплив токсикантів мали однаковий характер, проте зміни у лейкоцитарній формулі карася із забрудненої і умовно чистої зон були більш виражені. В умовах інтоксикації в крові карася вдвічі більше утворювалось нейтрофілів порівняно з плоскиркою. Посилений нейтрофіліоз вказує на активацію захисної функції крові і, очевидно, свідчить про наявність у карася більшого потенціалу адаптивних можливостей, ніж у плоскирки. Такі відмінності між двома видами риб пов'язані з особливостями їх біології: карась, на відміну від плоскирки, придонна риба, в його раціоні значний відсоток займає детрит, який активно акумулює сполуки важких металів, що потрапляють в організм риб і викликають відповідну захисну реакцію організму риб.

Ключові слова: риби, важкі метали, еритроцити, лейкоцити, адаптація.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.8>

Вступ. Гідробіонти, на відміну від наземних мешканців, мають значно більшу залежність від умов навколишнього середовища, оскільки з водою у них пов'язані всі процеси життєдіяльності. В ході еволюції у водних мешканців виробились різні механізми адаптації до змінних умов середовища. Вивчення цих механізмів має важливе значення для прогнозування розвитку водних екосистем, особливо в умовах постійного антропогенного навантаження і необернених змін клімату.

У світлі вирішення цих проблем, особливу увагу привертають риби як найбільш високоорганізовані компоненти водних біосистем. Риби мають високу адаптаційну пластичність, проте особливості пристосування окремих видів залишаються слабо вивченими. Саме дослідження механізмів адаптагенезу риб на різних рівнях біосистемної організації дозволить вирішити проблему скорочення і навіть зникнення окремих популяцій в іхтіофауні.

В Україні головними водними об'єктами загальнодержавного значення є дніпровські водосховища. Аналіз

багаторічних досліджень стану їх біоценозів вказує на стійку негативну тенденцію до реструктуризації іхтіофауни, яка проявляється у спрощенні видової структури і домінуванню малоцінних видів (Buzevych, 2012; Heina, 2019; Lytvynenko et al., 2021).

Основними причинами негативних змін в іхтіофауні, окрім нераціонального використання рибних ресурсів і бракон'єрства, є забруднення водойм господарсько- побутовими стоками. Багаточисельні дані свідчать, що серед токсикантів антропогенного походження пріоритетними забруднювачами водойм є важкі метали (Skyba et al., 2018; Fedonenko et al., 2018; Qiaoqiao et al., 2020). Важкі метали широко використовуються у виробничій діяльності, та внаслідок накопичення в живих і неживих компонентах водної екосистеми, являють серйозну небезпеку для гідробіонтів, у тому числі і риб.

Проблема токсичного впливу важких металів на риб досліджується давно. На сьогодні накопичена і узагальнена велика кількість даних, які свідчать про різні

структурно-функціональні порушення в організмі риб, викликані підвищеним вмістом у воді окремих металів або їх комплексу (Vergani et al., 2005; Snitynskyi, Onyskovets, 2011; Authman et al., 2015; Sfakianakis et al., 2015; Myslyva, 2016; Riabcheniuk, 2019). При цьому цінними біомаркерами інтоксикації організму риб важкими металами визнані показники крові (Sergunyn, 2010). В умовах хронічної інтоксикації важкими металами у риб різних видів виявлені неспецифічні патології еритроцитів, серед яких найбільш розповсюдженими були пікноз, деформація клітин і ядер (Muneev & Kalynyn, 2012). У коропа при сублетальних концентраціях цинку розвивалась анемія зі зниженням гемоглобіну, гематокриту, кількості еритроцитів і лейкоцитів з незначним підвищенням частки лімфоцитів (Srivastava & Punia 2011). Багато досліджень присвячено впливу на риб солей кадмію, який вважається одним з найтоксичніших ксенобіотиків. В експериментальних умовах з різними концентраціями кадмію у риб відмічались біохімічні зміни у сироватці крові: знижувалась кількість білку (Al-Asgah et al., 2015), збільшувалась кількість глюкози (Mini, 2015).

Не дивлячись на великий обсяг зібраного матеріалу стосовно впливу на риб важких металів, залишається нез'ясованим механізм адаптації їх організму до хронічної інтоксикації. Забруднення води важкими металами за межами нормативних значень характерно майже для всіх водойм, розташованих на території густонаселених індустріальних регіонів. Так, за багаторічними дослідженнями фахівців Дніпровського національного університету ім. Олеся Гончара, на окремих ділянках Запорізького (Дніпровського) водосховища спостерігається стійке перевищення рибогосподарських норм за вмістом міді, марганцю, свинцю, кадмію, нікелю (Fedonenko et al., 2012; Sharamok et al., 2016). Зонаю постійної токсифікації важкими металами у водосховищі є Самарська затока, куди впадає р. Самара, забруднена стічними водами Павлоградського вугільного басейну. Саме вони є основним джерелом високої мінералізації води (до 2460 мг/дм³) і забруднення її важкими металами (Sharamok et al., 2019).

Підвищений інтерес науковців до Самарської затоки обумовлений тим, що затока має велику площу мілководь, де розташовані основні природні нерестовища риб і відбувається нагул молоді. Крім того, Самарська затока є однією з основних рибпромислових ділянок і відіграє важливу роль у процесах відтворення іхтіофауни водосховища. Однак, саме в Самарській затоці спостерігається помітне скорочення чисельності цінних видів риб, відмічається найбільший відсоток тугорослих форм плітки, плоскирки, окуня, ляща, а також абсолютне домінування малоцінного карася сріблястого (Fedonenko & Marenkov, 2018).

Визначення особливостей адаптації різних видів риб до умов хронічної інтоксикації важкими металами на прикладі Самарської затоки дасть можливість оцінити пристосувальні можливості сформованого у водосховищі іхтіоценозу, дозволить прогнозувати та корелювати його подальший розвиток і раціональне використання. Оскільки подібна проблема притаманна багатьом

рибогосподарським водоймам України та інших країн (Buzevych, 2012; Skyba та ін., 2018; Qiaoqiao Z. et al., 2020), дослідження в цьому напрямку будуть являти науково-практичний інтерес як для вітчизняної, так і для закордонної рибної галузі.

Мета даної наукової роботи полягала в дослідженні адаптаційного механізму крові найбільш розповсюджених промислових видів риб Запорізького (Дніпровського) водосховища, які мешкають в умовах постійного токсигенного пресу, і визначення гематологічних показників адаптогенезу риб.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводились на двох ділянках Запорізького (Дніпровського) водосховища – у Самарській затоці (зона токсифікації важкими металами) та нижній ділянці водосховища (умовно чиста зона) (рис. 1).

Самарська затока розташована у верхній частині водосховища, має площу 5702 га. Вода у затоці відноситься до сульфатно-натрієвого типу з індексом S^{Na} та мінералізацією від 1780 мг/дм³ до 2460 мг/дм³. Вміст важких металів у воді перевищує ГДК для рибогосподарських водойм (ДСТУ 2284:2010): міді – у 8 разів, марганцю – у 1,7 разів, свинцю – у 1,5 разів, кадмію – у 2 рази.

Площа нижньої ділянки водосховища становить 15354 га. За сольовим складом вода є гідрокарбонатно-кальцієвою другого типу (С^{Ca}_{II}). Показник загальної мінералізації коливається від 260 мг/дм³ до 820 мг/дм³. За еколого-токсикологічною характеристикою вода нижньої ділянки, в основному, відповідає рибогосподарським ГДК за винятком вмісту міді, який перевищував нормативні дані у 7 разів. Протягом останніх років спостерігається тенденція до збільшення міді по всій акваторії Запорізького (Дніпровського) водосховища (Fedonenko et al., 2018).



Рис. 1. Схема Запорізького (Дніпровського) водосховища з дослідними ділянками

Відбір риб для досліджень проводився протягом вегетаційного періоду під час контрольних і промислових ловів силами рибодобувних організацій. Для дослідів відбирались 3-х річні особини карася сріблястого *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) і плоскирки *Blicca bjoerkna* L. Вибір даних видів обумовлений домінуванням їх у промислі; обидва види мають широкий ареал розповсюдження і зустрічаються майже у всіх водоймах, відрізняються за типом живлення і ареалом мешкання.

Для гематологічних досліджень кров у риб брали з хвостової вени. Кількість риб, використаних у дослідженнях становила по 30 екземплярів кожного виду. Мазки фарбували за Романовським-Гімзою. Ідентифікацію формених елементів крові проводили за допомогою атласів крові риб (Іванова, 1989; Sharon & Zilberg, 2011). Фотографії гематологічних препаратів робили цифровою фотокамерою «SciencelabT500 5.17M». Обчислення проводили за допомогою ScienceLabView7.

Співвідношення клітин білої крові розраховували за лейкоцитарною формулою:

$$X = (A \times 100) / N,$$

де X – відсоток визначеної групи клітин у лейкоцитарній формулі; A – кількість клітин визначеної групи знайдених, під час підрахунку; N – загальна кількість знайдених лейкоцитів.

Лейкоцитарний індекс інтоксикації розраховували за Островським (Островский і др., 1983):

$$ЛІІ = (4МЦ + 3ММЦ + 2ПН + СН) / (Л + М) \times (Е + 1),$$

де ЛІІ – лейкоцитарний індекс інтоксикації; МЦ – мієлоцити; ММЦ – метамієлоцити; ПН – паличкоядерні нейтрофіли; СН – сегментоядерні нейтрофіли; Л – лімфоцити; М – моноцити; Е – еозинофіли.

Результати. На препаратах крові досліджених риб еритроцити представлені молодими бластними формами та зрілими клітинами. За своїми розмірами і площею еритроцити риб з різних за екологією ділянок водосховища практично не відрізнялись, але мали видові відмінності. Так, зрілі еритроцити у плоскирки були на 10–15 % менше порівняно з еритроцитами карася (табл. 1).

Площа ядра еритроцитів у риб Самарської затоки була більше, ніж у риб з умовно чистої нижньої ділянки.

Але різниця в показниках лише у плоскирки була статистично вірогідною і досягала 20 %.

Ядерно-цитоплазматичне співвідношення (ЯЦС) теж було відповідно вище у риб із забрудненої зони. Різниця між показниками у карася становила 12 %, у плоскирки – 18 %.

Молоді еритроцити були представлені базофільними і поліхроматофільними нормобластами. У всіх риб із Самарської затоки відносна кількість незрілих еритроцитів була вірогідно вище порівняно з рибами, що мешкали в умовно чистій зоні. Кількість бластних форм у карася із забрудненої зони збільшувалась на 33 %, плоскирки – на 30 %.

Молоді клітини, залежно від ступеня розвитку, являли собою круглі або злегка витягнуті клітини. Розміри ядер були відносно крупними і зменшувались по мірі дозрівання еритроциту. Зрілі еритроцити, в більшості випадків, мали еліпсоподібну форму, ядро червоно-фіолетового кольору, розташовано в центрі клітини, цитоплазма прозора.

Поряд із нормальними еритроцитами були зареєстровані клітини з різними патологіями. Їх кількість вірогідно збільшувалась у риб із забрудненої зони. У плоскирки кількість еритроцитів з патологічними змінами досягала 21,6 % від загальної кількості клітин у п.з. мікроскопу і була на 31 % вище, ніж у риб з умовно чистої зони. У карася кількість клітин з патологіями була дещо менше, ніж у плоскирки і становила 15,9 %, але порівняно з рибами умовно чистої зони цей показник був вище на 32 % і різниця була вірогідною ($p \leq 0,05$).

У карася сріблястого із забрудненої зони частіше за все відмічався пойкилоцитоз еритроцитів (зміна форми). Змінні клітини частіше за все мали грушеподібну або серпоподібну форму (рис. 2). Кількість пойкилоцитозних еритроцитів у карася досягала 55 % від усіх клітинних патологій.

На другому місці за частотою виявлення була гіпохромія – 36 %. Гіпохромні ділянки цитоплазми займали значну поверхню еритроциту і мали світле забарвлення. Клітини з фестончастим краєм складали близько 5 % усіх патологій еритроцитів, і приблизно такий же відсоток

Таблиця 1

Морфометричні показники еритроцитів риб із Самарської затоки (1) та нижньої ділянки (2) Запорізького (Дніпровського) водосховища ($M \pm m$, $n=50$)

Показники	Карась		Плоскирка	
	1	2	1	2
Діаметр еритроцитів повздовжній, мкм	12,8±0,08	12,7±0,13	10,2±0,20	11,2±0,17
Діаметр еритроцитів поперечний, мкм	8,8±0,07	8,7±0,08	6,8±0,70	6,3±0,85
Площа еритроцитів, мкм ²	87,9±0,47	87,3±0,67	74,2±0,70	74,8±0,63
Площа ядра еритроцитів, мкм ²	14,5±0,14	13,4±0,16	16,4±0,14*	13,2±0,19*
ЯЦС	0,17±0,04	0,15±0,04	0,22±0,01*	0,18±0,03*
Незрілі форми еритроцитів, %	16,9±0,31*	11,4±0,82*	18,0±2,32*	12,2±1,62*
Зрілі еритроцити, %	82,1±1,21	88,6±2,11	82,0±0,73	86,3±1,85
Еритроцити з патологіями, %	15,9±2,17*	10,8±0,96*	21,6±,34*	15,0±1,65*
Кількість амітозів, %	0,5±0,05	–	0,6±0,03	–

* – різниця між показниками із забрудненої і умовно чистої зон вірогідна, $p \leq 0,05$

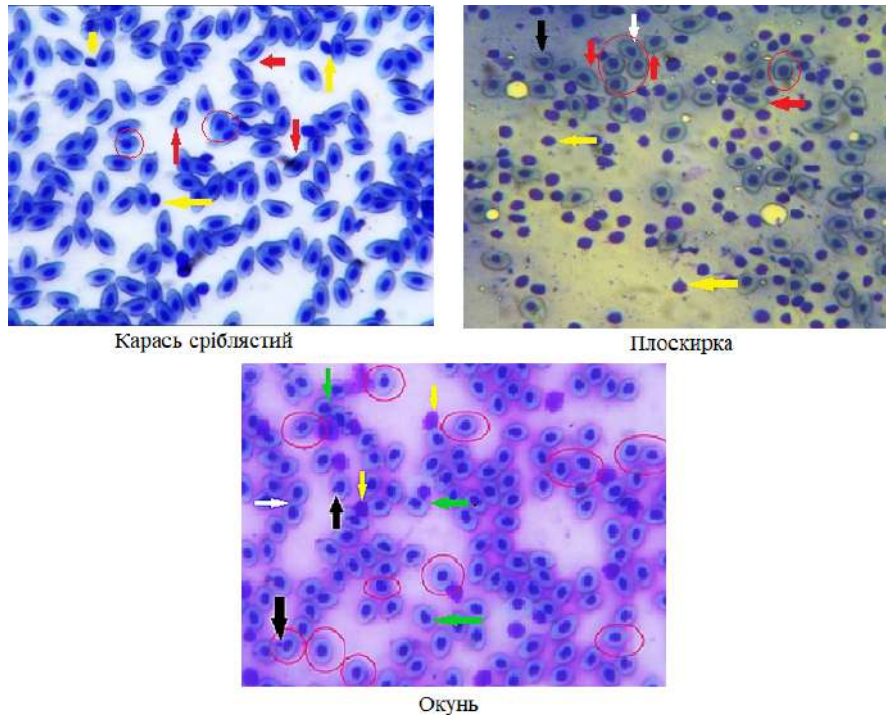


Рис. 2. Патології клітин крові у риб із Самарської затоки: у червоному колі молоді еритробласти, чорна стрілка – еритроцити з мікроядрами, червона стрілка – пойкилоцитоз еритроцитів, біла стрілка – амітози, зелена стрілка – каріопікноз, жовта стрілка – лімфоцити (зб. 20^x)

клітин припадав на клітини з мікроядрами (рис. 3). Патології ядер (каріопікноз, ядерні тіні) зустрічались не часто (0,6–1,2 % від загального числа клітин з патологічними змінами). Зафіксовані також одиничні амітози.

У плоскирки із Самарської затоки найбільш розповсюдженими патологіями еритроцитів були: пойкилоцитоз – 58 % від загального числа зафіксованих патологій, гіпохромія – 32 %, фестончасті оболонки еритроцитів – 4 %, клітини з мікроядрами – 4 %. Амітози становили 0,6 % від загальної кількості клітин у п.з. мікроскопу і 4 % від загального числа патологічних клітин. Також зустрічались патології ядер: каріопікноз – 8 %, ядерні тіні – 2 %, каріолізис – 1,3 %.

Дослідження клітин білої крові показало вірогідне збільшення кількості лейкоцитів у риб Самарської затоки (табл. 2). У плоскирки кількість лейкоцитів у забрудненій зоні збільшувалась на 18 %, у карася – на 22 %.

У обох видів риб кров мала виражений лімфоїдний характер. Вміст лімфоцитів коливався від 66 до 80%. Відмічалось зниження відносної кількості лімфоцитів у риб із забрудненої зони: у плоскирки – на 14 % ($p \geq 0,05$), у карася – на 18 % ($p \leq 0,05$).

Кількість метамієлоцитів – попередників зрілих гранулоцитів – у зоні токсифікації помітно збільшувалось: у плоскирки – в 2,8 разів, у карася – в 2,6 разів.

Особливістю лейкоцитарної формули риб Самарської затоки було вірогідне збільшення кількості сегментоядерних форм. У плоскирки із забрудненої зони відносна кількість сегментоядерних нейтрофілів збільшувалась у 1,4 рази, еозинофілів – у 1,2 рази, базофі-

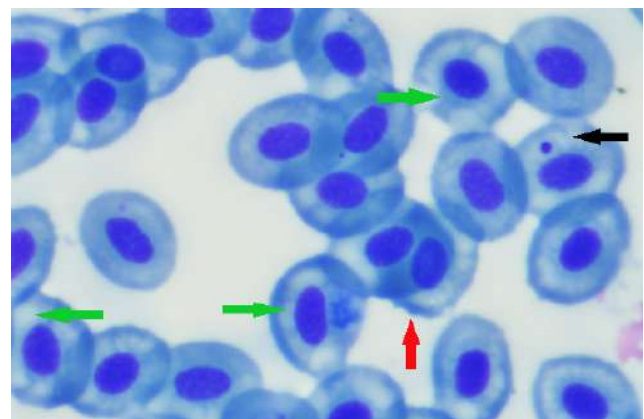


Рис. 3. Патології еритроцитів карася сріблястого із Самарської затоки: чорна стрілка – мікроядра, зелена стрілка – гіпохромія, червона стрілка – фестончаста оболонка (зб. 40^x)

лів – у 1,5 разів. У карася із забрудненої зони збільшення сегментоядерних лейкоцитів було більш виражене: кількість нейтрофілів збільшувалась у 2,7 рази, еозинофілів – у 2 рази і базофілів – у 7 разів. У плоскирки, що мешкала в Самарській затоці, збільшення сегментоядерних нейтрофілів відбувалось одночасно зі збільшенням їх попередників – паличкоядерних нейтрофілів. У карася ми не відмітили такої залежності.

Також характерною особливістю крові риб в умовах хронічної інтоксикації було збільшення частки моноцитів. У плоскирки відмінності у показниках з рибами

**Кількість лейкоцитів і лейкоцитарна формула у риб із забрудненої (1) та умовно чистої (2) зон
Запорізького водосховища**

Показники	Плоскирка		Карась	
	1	2	1	2
Число лейкоцитів, тис/мкл	29,5±2,8*	24,1±2,9*	33,8±4,1*	26,4±2,55*
Лейкоцитарна формула, %				
Метамієлоцити	2,5±0,02*	0,9±0,03*	2,9±0,6*	1,1±0,5*
Мієлоцити	0,9±0,06	1,2±0,03	1,1±0,05	1,2±0,08
Паличкоядерні нейтрофіли	3,9±0,6*	3,1±0,3*	2,2±0,4	2,4±0,3
Сегментоядерні нейтрофіли	17,1±1,3*	12,0±1,8*	16,0±2,1*	6,0±0,8*
Еозинофіли	2,1±0,31*	1,7±0,1*	2,5±0,7*	1,5±0,05*
Базофіли	0,3±0,02*	0,2±0,01*	0,7±0,3*	0,1±0,03*
Лімфоцити	66,2±6,2	77,0±4,6	65,7±1,8*	80,3±2,6*
Моноцити	7,1±1,1*	3,9±0,6*	8,9±1,1	7,4±1,6
Лейкоцитарний індекс інтоксикації	0,23	0,12	0,13	0,08

* – різниця між показниками із забрудненої і умовно чистої зон вірогідна, $p \leq 0,05$

контрольної ділянки були вірогідні і становили 45 %; у карася – 17 %, але у карася рівня вірогідності вони не досягали.

Про наявність процесів інтоксикації в організмі риб, що мешкали в Самарській затоці, свідчив лейкоцитарний індекс інтоксикації (ЛІІ). У плоскирки із забрудненої зони ЛІІ був збільшений на 48 %, а у карася – на 39 %.

Обговорення. Більшість риб родини Коропові, до якої відносяться карась сріблястий і плоскирка, є розповсюдженими видами майже в усіх прісноводних водоймах. Вони пристосувались до екологічних умов і мають стійкість до впливу несприятливих факторів. Однак, в умовах постійного забруднення водного середовища, риби знаходяться під впливом хронічної інтоксикації, що відображається на їх фізіологічному стані і гематологічних показниках.

В наших дослідженнях у риб в зоні токсичного забруднення відмічалось вірогідне збільшення розмірів ядер еритроцитів. Накопичення ядерної маси сигналізує про підготовку еритроциту до амітотичного ділення. На підтвердження цього були знайдені еритроцити в стадії амітозу у карася і плоскирки із забрудненої зони, а також вірогідне збільшення молодих бластних форм еритроцитів. Аналогічні явища ми спостерігали раніше у плітки Самарської затоки (Sharamok та ін., 2016), а також у карася в умовах гіпоксії (Sharamok & Yesipova, 2015). Тобто, накопичення ядерної маси і збільшення кількості амітозів, а також активацію еритропоезу можна розцінювати як компенсаторну реакцію крові риб, націлену на збільшення кількості еритроцитів взамін ушкоджених клітин. Між тим, зростання відносної частки незрілих бластних форм, які мають слабку функціональну активність, може свідчити про ослаблення транспортної функції крові у риб в умовах хронічного токсикозу.

Відмічені нами патологічні зміни еритроцитів (пойкілоцитоз, гіпохромія, мікроядра, фестончасті оболонки та ін.) мали неспецифічний характер. Подібні реакції описані іншими авторами для різних видів риб, що мешкали у водоймах з посиленням антропогенним навантаженням (Минеєв, 2013; Konkova & Fedorova, 2016). В наших дослідженнях кров плоскирки містила

більшу кількість еритроцитів з патологіями (у 1,4 рази) і, особливо, патологіями ядер еритроцитів (у 2–7 разів) у порівнянні з кров'ю карася. Очевидно, тут мають місце видові особливості захисних реакцій червоної крові риб, які потребують подальшого вивчення.

У лейкоцитарній формулі, навпаки більш суттєві зміни відмічалась в крові карася. Реакцією його крові на забруднення була активація процесів гранулопоезу і нейтрофілозу. Збільшення кількості гранулоцитних лейкоцитів у карася в токсичній зоні відмічалось і раніше (Kurchenko & Sharamok, 2019). Посилення синтезу гранулоцитів є бар'єрною функцією крові, яка відноситься до адаптаційного механізму. Результати досліджень показали, що у карася потенціал пристосувальних можливостей крові виявився вище, ніж у плоскирки. Очевидно, це пов'язано з особливостями біології карася (Караваєва та ін., 1994). Карась, на відміну від плоскирки, придонна риба, в його раціоні значний відсоток займає детрит, який активно акумулює сполуки важких металів, що потрапляють в організм риб і формують відповідний механізм захисту.

Характерною особливістю відгуку крові обох видів риб на хронічний токсикоз було підвищення кількості лейкоцитів на фоні зниження частки лімфоцитів. Подібна залежність спостерігалась у риб в умовах гострої і хронічної інтоксикації міддю (Mazon et al., 2002) та хронічної інтоксикації цинком (Srivastava & Punia, 2011).

Висновки. Результати проведених досліджень показали, що за цитометичними показниками зрілих еритроцитів риб, що мешкали у Самарській затоці (зона токсифікації важкими металами) та нижній ділянки водосховища (умовна чиста зона) не було виявлено вірогідних відмінностей, проте площа ядер і ядерно-цитоплазматичне співвідношення у риб із забрудненої зони були вище на 12–20 %, і у карася ці відмінності були вище, ніж у плітки.

Характерною особливістю крові обох видів риб із забрудненої зони було вірогідне збільшення молодих бластних форм еритроцитів (базофільних і поліхроматофільних нормобластів) – на 30–33 %.

У риб із забрудненої зони виявлено вірогідне зростання кількості клітин з патологічними явищами (на

31–32 % порівняно з умовно чистою зоною), причому, у плоскирки число еритроцитів з патологіями було вдвічі більше, ніж у карася. Більшість виявлених клітинних патологій зустрічалась у риб незалежно від їх видової приналежності (пойкілоцитоз, гіпохромія, фестончасті краї оболонки, мікроядра), але за кількістю окремих патологій види риб відрізнялись. У плоскирки в декілька разів було більше клітин з патологіями ядер, ніж у карася.

Лейкоцитарний профіль крові риб з різних зон теж мав певні відмінності. Загальна кількість лейкоцитів була вірогідно вище у риб із зони забруднення важкими металами: у плоскирки на 19 %, у карася – на 22 %.

У лейкоцитарній формулі крові риб із забрудненої зони вірогідно збільшувалась частка сегментоядерних форм і моноцитів на фоні зниження лімфоцитів. Про хронічну інтоксикацію риб у Самарській затоці свідчили збільшені лейкоцитарні індекси інтоксикації: у плоскирки – на 48 %, у карася – на 39 %.

Таким чином, адаптативними реакціями крові риб на хронічну інтоксикацію важкими металами можна вважати збільшення резерву молодих бластних форм еритроцитів і підвищення синтезу лейкоцитів за рахунок гранулоцитних форм. Активація гранулопоезу свідчить про підвищення захисної реакції крові риб на дію токсикантів.

Бібліографічні посилання:

1. Buzevych, I. Yu., (2012). Stan ta perspektyvy rybohospodarskoho vykorystannia promyslovoi ikhtiofauny velykykh rivnyynykh vodoshkovyshch Ukrainy [Status and prospects of the fishery use of the industrial ichthyofauna of large plain reservoirs of Ukraine]. *Dys. ... doktora biol. nauk*: 03.00.10. Kyiv, 297 (in Ukrainian).
2. Heina, K. N. (2019). Stan ta dynamika popovnennia promyslovoho zapasu ikhtiofauny ponyzziv r. Dnipro [Status and dynamics of replenishment of the industrial stock of ichthyofauna in the lower reaches of the Dnipro River]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1(47), 17–27. doi: 10.15407/fsu2019.01.017 (in Ukrainian).
3. Ivanova, N. T. (1989). Atlas kletok krovi ryib [Atlas of the fish blood cells]. M. : Leg. pisch. prom-st, 184 (in Russian).
4. Karaieva, N. V., Kovalchuk, N. Ye. & Melnychuk, V. P. (1994). Zhyvlennia koropa ta sribliastoho karasia u vodoimakh z riznymy trofichnymy umovamy [Feeding the European carp carp and the Prussian carp in the reservoirs with different trophic conditions]. *Rybne hospodarstvo*. 48. 17–23 (in Ukrainian).
5. Konkova, A. V., Fedorova, N. N. (2016). Patomorfologicheskie izmeneniya eritrotsitov molodi lescha Abramis brama Volzhsko-Kaspiyskogo basseyna [The pathomorphological changes of the young bream Abramis brama erythrocytes from the Volga-Caspian basin]. *Trudy VNIRO*, 162, 12–19 (in Russian).
6. Lytvynenko, V.O., Khrystenko, D. S., Kotovska, H. O., Kolesnyk, N. L. & Symon, M. Yu. (2021). Osoblyvosti vykorystannia Kyivskoho vodoshkovyshcha yak rybohospodarskoho vodnoho obiekta (ohliad) [Features of using the Kyiv Reservoir as a fishery water body (review)]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 4 (58), 5–28. doi: <https://doi.org/10.15407/fsu2021.04.005> (in Ukrainian).
7. Mineev, A. K. (2013). Nespetsificheskie reaktsii u ryib iz vodoemov sredney i nizhney Volgi [Nonspecific reactions of the fish from the middle and lower Volga]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 3–7, 15, 2301–2318 (in Russian).
8. Mineev, A. K. & Kalinin, E. A. (2012). Osobnosti leykotsitarnoy formuly i plotvyi (Rutilus rutilus Linnaeus, 1758) iz vodoemov raznogo tipa (na primere Saratovskogo vodohranilishcha i malyih rek respubliky Udmurtiya). [Features of the leukocyte formula of the roach (Rutilus rutilus Linnaeus, 1758) from the reservoirs of different types (on the example of the Saratov reservoir and small rivers of the Republic of Udmurtia)]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 14, 1, 213–217 (in Russian).
9. Myslyva, T. M. (2016). Vazhki metaly i mikroelementy v orhanakh y tkanynakh predstavnykiv ikhtiofauny malykh richok zhytomyrskoho polissia [Heavy metals and trace elements in the organs and tissues of the ichthyofauna of small rivers of Zhytomyr Polissya]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*, 1(1), 22–34. Access mode: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2016_1\(1\)_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2016_1(1)_5) (in Ukrainian).
10. Ostrovskiy, V. K., Svitich, Yu. M. & Veber, V. R. (1983). Leykotsitarnyy indeks intoksikatsii pri ostrykh gnoyniyh i vospaditelnykh zabolevaniyah legkih [Leukocyte intoxication index during the acute purulent and inflammatory lung diseases]. *Vest. hirurgii*, 131, 11, 21–24 (in Russian).
11. Rabcheniuk, O. O. (2019). Vplyv pidvyshchennykh kontsentratsii ferumu u vodi na metabolichni protsesy v orhanizmi koropa ta shchuky [The influence of high concentrations of iron in water on metabolic processes of the European carp and the pike] *Dys. na zdobuttia naukovooho stupenia kand. biol. nauk*, 03.00.10 – Ikhtiolohiia. Ternopil, 162 (in Ukrainian).
12. Serpunin, G. G. (2010). Gematologicheskie pokazateli adaptatsiy ryib. Monografiya [Hematological parameters of the fish adaptations. Monograph] Kaliningrad: Izd-vo FGOU VPO "KGTU", 460 (in Russian).
13. Skyba, O. I., Hrubinko, V. V. & Fedoniuk, L. Ya. (2018). Zapobihannia zabrudnenniu hidroekosystem vazhkymy metalamy yak odna z form realizatsii tsilei staloho rozvytku v Ukraini [Prevention of pollution of the hydroecosystems with heavy metals as one of the forms of realization of the goals of sustainable development in Ukraine]. *Ekolohichni nauky*, 4 (23), 101–105. doi: 10.32846/2306-9716-2018-4-23-22 (in Ukrainian).
14. Snitynskyi, V. V. & Onyskovets, M. Ya. (2011). Osnovni mekhanizmy toksychnoi dii yoniv vazhkykh metaliv na orhanizm ryb [The main mechanisms of toxic action of heavy metal ions on the fish]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho*, 13, 2(48), 471–476 (in Ukrainian).
15. Fedonenko, O. V., Yesipova, N. B., Sharamok, T. S., Ananieva, T. V. & Yakovenko, V. O. (2012). Suchasni problemy hidrobiolohii: Zaporizke vodoshkovyshche [Modern problems of hydrobiology: Zaporizhzhia reservoir]. D.: LIRA, 279 (in Ukrainian).
16. Fedonenko, O. V., Marenkov, O. M. (2018). Promyslove osvoiennia ikhtiofauny Zaporizkoho (Dniprovskoho) vodoshkovyshcha: Dovidnyk. [Industrial development of ichthyofauna of the Zaporizhzhia (Dnipro) reservoir: Handbook] LIRA. Dnipro. 152 (in Ukrainian).

17. Sharamok, T. S. & Yesipova, N. B. (2015). Vplyv antropohennykh faktoriv na hematolohichni pokaznyky ryb [Influence of the anthropogenic factors on hematological parameters of the fish]. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu*, 64, 722–726 (in Ukrainian).
18. Sharamok, T. S., Yesipova, N. B., Fedonenko, O. V. & Biletska, O. V. (2016). Ekoloho-hematolohichna kharakterystyka plitky zvychnoi Zaporizkoho vodoshkovyshcha [Ecological and hematological characteristics of the common roach from the Zaporizhzhia reservoir]. *Biolohichni visnyk MDPU imeni Bohdana Khmelnytskoho*, 6 (2), 303–310 (in Ukrainian).
19. Sharamok, T. S., Fedonenko, O. V., Kurchenko, Yu. V. & Nikolenko Yu. V. (2019). Hidroekolohichna otsinka Zaporizkoho vodoshkovyshcha [Hydroecological assessment of the Zaporizhzhia Reservoir]. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii*, 24 (2), 147–161 (in Ukrainian).
20. Al-Asghar, N. A., Abdel-Warith, A. W. A., Younis, E. S. M. & Allam, H. Y. (2015). Haematological and biochemical parameters and tissue accumulations of cadmium in *Oreochromis niloticus* exposed to various concentrations of cadmium chloride. *Saudi J. Biol. Sci.*, 22, 543–550. doi: 10.1016/j.sjbs.2015.01.002
21. Authman, M. M. N., Zaki, M. S., Khallaf, E. A. & Abbas H. H. (2015). Use of Fish as Bioindicator of the Effects of Heavy Metals Pollution. *J. Aquac. Res. Develop*, 6, 328–341. doi: 10.4172/2155-9546.1000328
22. Fedonenko, O., Yakovenko, V., Ananieva, T., Sharamok, T., Yesipova, N. & Marenkov, O. (2018). Fishery and environmental situation assessment of water bodies in the Dnipropetrovsk region of Ukraine. Monograph. *World Scientific News*, 92(1), 1–138. EISSN 2392-2192
23. Kurchenko, V. & Sharamok, T. (2019). Hematological indices of the prussian carp (*Carassius Gibelio* (Bloch, 1782)) from the Zaporizhian (Dnipro) reservoir. *Acta Biol. Univ. Daugavp*, 19(2), 141–148.
24. Mazon, A. F., Monteiro, E. A. S., Pinheiro, G. H. D. & Fernandes, M. N. (2002). Hematological and physiological changes induced by short-term exposure to copper in the freshwater fish. *Brazilian Journal of Biology*, 62, 621–631. doi: 10.1590/S1519-69842002000400010
25. Mini, V. S. (2015). Haematological changes in a freshwater fish, *Anabas testudineus* Bloch, on exposure to heavy metal toxicant cadmium chloride. *Asian J. Sci. and Technol.*, 6, 1, 988–992.
26. Sharon, G. & Zilberg, D. (2011). *Atlas of Fish Histology and Histopathology*. Arava Research and Development Centers, 77.
27. Sfakianakis, D. G., Renieri, E., Kentouri, M. & Tsatsakis A.M. (2015) Effect of heavy metals on fish larvae deformities. *Environmental Research*, 137, 246–255. doi: 10.1016/j.envres.2014.12.014
28. Srivastava, R. & Punia, P. (2011). Effect of heavy metal on biochemical and hematological parameters in *Cyprinus carpio* and its use as a bioindicators of pollution stress. *J. Ecophysiol. Occup. Hlth.*, 11, 21–28.
29. Qiaoqiao, Z., Nan, Y., Youzhi, L., Bo R., Xiaohui, D., Hualin, B. & Xin, Y. (2020). Total concentrations and sources of heavy metal pollution in global river and lake water bodies from 1972 to 2017. *Global Ecology and Conservation*, 22. doi: 10.1016/j.gecco.2020.e00925
30. Vergani, L., Grattarola, M., Borghi, C., Dondero, F. & Viarengo, A. (2005). Fish and molluscan metallothioneins. *FEBS Journal*, 272, 23, 6014–6023.

Yesipova, N. B., Ph. D (Biological Sciences), Associate Professor, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Sharamok, T. S., Ph. D (Agricultural Sciences), Associate Professor, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

The adaptive changes in the fish blood cells in conditions of the chronic intoxication

The article analyzes the adaptive responses of the fish blood to the chronic heavy metal intoxication. The research was conducted on two sections of the Zaporizhzhia (Dnipro) Reservoir with varying degrees of toxic pollution. The fish (Prussian carp and silver bream) were used for the experiments. They are widespread in the freshwater reservoirs, have different diets and habitats. In the fish, morphometric parameters of erythrocytes were determined, cell pathologies and changes in the leukocyte formula were analyzed. The results of the research showed that the fish from the contaminated area credibly had the increased the area of the erythrocyte nuclei, the nuclear-cytoplasmic ratio, increased percentage of the young blast forms, increased number of erythrocytes with the pathological phenomena (poikilocytosis, hypochromia, karyopyknosis, micronuclei, nuclear shadows, amitosis); the number of leukocytes probably increased due to segmental forms and monocytes. Thus, the increase in the young forms of erythrocytes and the activation of granulopoiesis can be regarded as the adaptive responses of the fish blood to the chronic heavy metal intoxication.

The increased intoxication of the fish with heavy metals was indicated by the leukocyte intoxication index, which increased in the Prussian carp in the contaminated area by 39%, in the silver bream – by 48%. The reactions of the Prussian carp and silver bream blood to the effects of toxicants were the same, but differences in the leukocyte formula of the Prussian carp from contaminated and relatively clean areas were more pronounced. Under the conditions of intoxication in the blood of the Prussian carp twice as much neutrophils were created compared to the white bream. Increased neutrophilia indicates activation of the protective function of the blood and, apparently, indicates a greater potential for adaptive capabilities of the Prussian carp compared to the white bream. These differences between the two species of fish are due to the peculiarities of their biology: the Prussian carp, unlike the silver bream, is a demersal fish, a significant percentage of which is detritus, that actively accumulates heavy metal compounds and thus causes increased intoxication of fish.

Key words: fish, heavy metals, erythrocytes, leukocytes, adaptation.

ВПЛИВ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ БАЛАНСУ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ПОСІВАХ СОРГО ЗЕРНОВОГО

Іваніна Вадим Віталійович

доктор сільськогосподарських наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України,

м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0002-9471-114X

v_ivanina@ukr.net

Пашинська Катерина Леонідівна

аспірант

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України,

м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0002-5519-3087

k.pashynska@gmail.com

Вперше в умовах достатнього зволоження Лісостепу України за вирощування сорго зернового на чорноземі вилугуваному обґрунтовано систему удобрення, яка формує врівноважений баланс елементів живлення у ґрунті та забезпечує отримання врожайності зерна понад 8,5 т/га. Встановлено, що рослини сорго зернового з товарною продукцією із ґрунту виносили переважно азот, побічною – переважно калій. На контролі без добрив винос зерном (6,09 т/га) азоту становив 105 кг/га, фосфору – 24, калію – 27, стеблами (26,1 т/га) – відповідно 58, 12 та 140 кг/га. За вирощування на чорноземі вилугуваному сорго зернове позитивно відегукувалось на внесення високих доз мінеральних добрив. За відчуження із поля нетоварної частини врожаю внесення дози добрив N120P120K120 забезпечило врожайність зерна – 7,91 т/га, стебел – 28,3 т/га зі збільшенням до контролю без добрив – відповідно на 1,82 та 2,2 т/га. За зазначеної системи удобрення з біологічним врожаєм рослини сорго зернового виносили із ґрунту азоту – 207 кг/га, фосфору – 46, калію – 192 зі зростанням до контролю без добрив – відповідно на 40, 10 та 25 кг/га. Підвищенню врожайності сорго зернового сприяло застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення. За внесення 4 т/га соломи + N120P120K120 врожайність зерна становила 8,54 т/га з підвищенням контролю без добрив – на 2,45 т/га. Така система удобрення забезпечила високу економічну ефективність вирощування сорго зернового, однак не формувала врівноваженого балансу елементів живлення у ґрунті. За внесення 4 т/га соломи + N120P120K120 дефіцит азоту у ґрунті зберігався на рівні 74 кг/га, калію – 31 кг/га за позитивного балансу фосфору 79 кг/га. Найбільш продуктивною та екологічно стабільною визначено систему удобрення, яка передбачала вносити з осені під оранку 4 т/га соломи + N120P120K120 та залишати нетоварну частину врожаю сорго зернового на полі. За таких умов формувався практично бездефіцитний баланс азоту (–4 кг/га) і накопичувались значні запаси фосфору і калію у ґрунті – відповідно 94 та 134 кг/га. За залишання нетоварної частини врожаю сорго зернового на полі раціональним за альтернативної органо-мінеральної системи удобрення є внесення з осені під оранку лише азотних та фосфорних добрив – 4 т/га соломи + N120P30. Така система удобрення формуватиме урівноважений баланс елементів живлення у ґрунті та істотно зменшить витрати на удобрення.

Ключові слова: сорго зернове, елементи живлення, система удобрення, винос та баланс.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.9>

Вступ. Сорго зернове є однією з найбільш перспективних зернових культур здатних давати стабільно високі врожаї зерна в умовах глобального потепління (Karazhbei, 2012; Bazalii та ін., 2015). Зерно цієї культури має високу кормову та харчову цінність: містить крохмалю – 70–75%, білка – 12–14%, жиру – 35%. З врожайністю зерна 5–6 т/га сорго зернове виносить 140–160 кг азоту, 50–60 кг фосфору і 150–180 кг калію (Hospodarenko, Klymovych, 2006). Більшість ґрунтів у регіонах вирощування сорго зернового здатні лише наполовину забезпечувати потребу рослин в елементах живлення, тому застосування добрив є одним із найбільш важливих чинників, що визначає врожайність та якість зерна цієї культури (Voiko, 2016; Maliarchuk et al., 2019).

Важливим аспектом сучасного землеробства є дотримання умов сталості вирощування сільсько-

господарських культур. Сорго зернове є недостатньо вивчена культура з позицій виносу та балансу елементів живлення, не сформована парадигма екологічно збалансованого застосування добрив під цю культуру (Hospodarenko, Klymovych, 2006; Kukh, Sreda, 2014).

За даними досліджень Gupta et al. (2012), Mahata et al. (2014) провідна роль в отриманні високих врожаїв сорго зернового належить азоту, менша – фосфору і калію. Дослідження, проведені в США показали, що оптимальна доза азотних добрив під сорго зернове у штаті Небраска становила 87 кг/га, штаті Канзас – 90 кг/га. Застосування азотних добрив у штаті Канзас в дозі 45 збільшило врожайність зерна до контролю без добрив на 13%, дозі 90 кг/га – на 48% (Arun et al., 2009).

Ряд дослідників вважає, що при вирощуванні сорго зернового необхідно уникати надмірно високих доз

азотних добрив (Lutsko, 2014; Mahama et al., 2014; Masebo & Menamo, 2016; Melaku et al., 2018). Невиправдано високі дози азоту не тільки не збільшували врожайність зерна, вони спричинили надмірний розвиток вегетативної маси, у рослин затягувався процес дозрівання (Maslak, 2012), знижувалась стійкість рослин до враження попелицями, зростало накопичення ціанідів та нітратів у зеленій масі (Кузун, Уліук, 2006), що було вкрай небажаним.

Дослідження проведені в Ефіопії показали, що рослини сорго зернового позитивно відгукувались на внесення азотних добрив в дозі до 100 кг/га, забезпечивши врожайність зерна понад 5 т/га (Gebremariam & Assefa, 2015; Masebo & Menamo, 2016). Hospodarenko, Климочуш (2006) зазначають, що високої врожайності і якості зерна сорго зернового можна досягти лише за збалансованого за основними елементами мінерального живлення. Оптимальним в умовах Лісостепу на чорноземі вилугуваному під сорго зернове визначено внесення мінеральних добрив в дозі N90P90K90. Зазначена система удобрення забезпечила врожайність зерна 8,6 т/га, вміст протеїну – 11,5%.

Ряд досліджень вказує на високу ефективність поєданого застосування органічних і мінеральних добрив в посівах сорго зернового (Dremluk et al., 2013; Zhukova, Nonchar-Zaikun, 2002).

Мета дослідження – вивчити особливості використання та балансу елементів живлення рослинами сорго зернового за застосування мінеральної та альтернативної органо-мінеральної систем удобрення на чорноземі вилугуваному та сформувати парадигму збалансованої системи удобрення.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили в умовах тимчасового польового досліді (2017–2019 рр.) після вирощування пшениці озимої на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції, зона достатнього зволоження Лісостепу України.

Площа посівної ділянки – 75 м², облікової – 50 м². Розміщення варіантів у досліді – систематичне послідовне, повторність чотириразова. У досліді сіяли гібрид сорго зернового – Дніпровський 39.

Ґрунт дослідного поля Уладово-Люлинецької ДСС – чорнозем вилугуваний легкосуглинковий, має таку агрохімічну і фізико-хімічну характеристику 0-30 см шару: рН сольове – 5,9-6,4; Нг за Каппеном – 1,09–1,26 мг-екв./100 г ґрунту; сума увібраних основ за Каппеном-Гільковіцем – 23,8–27,2 мг-екв./100 г ґрунту; вміст гумусу за Тюрнімом – 4,0–4,2%; лужногідролізованого азоту – 120–127 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору та калію за Чиріковим – відповідно 136–157 і 78–84 мг/кг ґрунту.

Застосовували мінеральні добрива: аміачну селітру, суперфосфат простий гранульований, калій хлористий. У якості альтернативного органічного добрива вносили солому пшениці озимої. Для визначення виносу та балансу елементів живлення в агроценозі сорго зернового використовували розрахунковий метод. Розрахунок балансу проводили за вилучення з поля побічної продукції та за умов, коли побічну продукцію залишали на полі.

Вміст елементів живлення в рослинних зразках визначали після мокрого озолення за Гінзбург та ін.: азот – за К'ельдалем згідно з ДСТУ 7169-2010, фосфор – згідно з ГОСТ 26657-97, калій – на полуменовому фотометрі.

Результати. Дослідження показали, що за вирощування сорго зернового упродовж 2017–2019 років на чорноземі вилугуваному без застосування добрив врожайність зерна становила 6,09 т/га, стебел – 26,1 т/га, при цьому з товарною продукцією рослини виносили азоту – 105 кг/га, фосфору – 24, калію – 27; нетоварною – відповідно 58, 12 та 140 кг/га. З товарним врожаєм рослини сорго зернового виносили із ґрунту переважно азот, побічною продукцією – переважно калій за сумарних обсягів виносу елементів живлення біологічним врожаєм на контролі без добрив: азоту – 163, фосфору – 36, калію – 167 кг/га (табл. 1).

Застосування мінеральних добрив під оранку в дозі N60P60K60 збільшило врожайність зерна порівняно з контролем без добрив на 0,68 т/га, стебел – на 0,7 т/га та підвищило винос рослинами із ґрунту переважно азоту і калію. З біологічним врожаєм сорго зернове виносило із ґрунту азоту – 179 кг/га, фосфору – 39, калію – 176 зі зростанням до контролю без добрив – відповідно на 12, 3 та 9 кг/га.

Таблиця 1

Винос елементів живлення рослинами сорго зернового за різних систем удобрення, 2017–2019 рр., кг/га

№ вар.	Варіант	Врожайність зерна, т/га	Винос зерном			Врожайність стебел, т/га	Винос стеблами		
			N	P	K		N	P	K
1	Без добрив (контроль)	6,09	105	24	27	26,1	58	12	140
2	N60P60K60	6,77	119	27	30	26,8	60	12	146
3	N90P90K90	7,43	132	31	32	27,9	66	13	152
4	N120P120K120	7,91	139	31	37	28,3	68	15	155
5	Солома 4 т/га	6,40	109	24	29	27,0	60	13	147
6	Солома 4 т/га + N60P60K60	7,36	128	29	35	27,9	63	14	156
7	Солома 4 т/га + N90P90K90	7,99	139	31	38	29,2	68	15	165
8	Солома 4 т/га + N120P120K120	8,54	148	34	42	29,7	70	15	173
	НІР05	0,47				1,3			
	P, %	3,2				3,5			

Примітка: варіанти 2, 3, 4 – мінеральна система удобрення; варіанти 6, 7, 8 – органо-мінеральна система удобрення

За вирощування на чорноземі вилугуваному сорго зернове позитивно відгукувалось на внесення високих доз мінеральних добрив. За збільшення дози добрив до N120P120K120 врожайність зерна становила 7,91 т/га, стебел – 28,3 т/га зі збільшенням до контролю без добрив – відповідно на 1,82 та 2,2 т/га. За зазначеної дози добрив з біологічним врожаєм рослини сорго зернового виносили із ґрунту азоту – 207 кг/га, фосфору – 46, калію – 192 зі зростанням до контролю без добрив – відповідно на 40, 10 та 25 кг/га.

Врожайність сорго зернового істотно зростала за застосування альтернативної органо-мінеральної системи удобрення. За внесення 4 т/га соломи + N60P60K60 врожайність зерна становила 7,36 т/га, 4 т/га соломи + N90P90K90 – 7,99, 4 т/га соломи + N120P120K120 – 8,54 т/га з перевищенням контролю без добрив – відповідно на 1,27, 1,90 та 2,45 т/га.

Найбільший винос елементів живлення біологічним врожаєм сорго зернового спостерігали за внесення 4 т/га соломи + N120P120K120: азоту – 218, фосфору – 49, калію – 215 кг/га. При цьому з урожаєм зерна рослини виносили переважно азот (148 кг/га), з урожаєм стебел – переважно калій (173 кг/га) зі значним виносом азоту (70 кг/га). Вилучення побічної продукції із поля істотно збіднювало ґрунт на калій і азот.

Розрахунок балансу елементів живлення у ґрунті показав, що за відчуження із поля побічної продукції на контролі без добрив формувался дефіцит азоту – 163 кг/га, фосфору – 36, калію – 167, без відчуження – відповідно 105, 24 та 27 кг/га. Вилучення побічної продукції із поля збільшило винос із ґрунту азоту – на 58, фосфору – на 12, калію – на 140 кг/га (табл. 2).

Внесення повного мінерального добрива в дозі N60P60K60 незначно покращило біологічний баланс елементів живлення у чорноземі вилугуваному. За відчуження із поля побічної продукції у ґрунті зберігався високий дефіцит азоту (–119 кг/га) і калію (–116 кг/га) і формувался позитивний баланс фосфору – 21 кг/га. Якщо побічну продукцію залишали на полі показники балансу були значно кращі: дефіцит азоту становив –59 кг/га, тоді як баланс фосфору і калію формувался позитивним – відповідно 33 та 30 кг/га.

У разі відчуження із поля побічної продукції застосування більш високих доз добрив

N90P90K90 та N120P120K120 не покращило істотно показників балансу. Так, за дози N120P120K120 дефіцит азоту у ґрунті зберігався на рівні 87 кг/га, калію – 72 кг/га за позитивного балансу фосфору 46 кг/га.

Високий стабілізаційний вплив на баланс елементів живлення у ґрунті мало внесення мінеральних добрив за умови, коли побічна продукція сорго зернового залишалась на полі. За залишання побічної продукції на полі внесення N120P120K120 формувало незначний дефіцит азоту (–19 кг/га) і сприяло значному накопиченню у ґрунті фосфору і калію за їх позитивного балансу – відповідно 89 та 83 кг/га.

Показники балансу елементів живлення в чорноземі вилугуваному істотно покращувались, коли мінеральні добрива виносили на фоні соломи, а стеблову масу сорго зернового залишали на полі. За таких умов внесення 4 т/га соломи + N120P120K120 формувало практично бездефіцитний баланс азоту (–4 кг/га) і супроводжувалось високим позитивним балансом фосфору і калію – відповідно +94 та +134 кг/га. У разі відчуження побічної продукції із поля внесення 4 т/га соломи + N120P120K120 зберігало дефіцит азоту у ґрунті на рівні –74 кг/га та калію – на рівні –31 кг/га.

Обговорення. Сорго зернове є адаптованою культурою до вирощування в умовах достатнього зволоження Лісостепу України на чорноземах вилугуваних. За надто посушливих погодних умов останніх років сорго зернове за вирощування без внесення добрив формувало досить високу врожайність зерна – понад 6 т/га. Ці дані узгоджуються з дослідженнями Господаренка, Климович (2006).

Незважаючи на те, що родючість чорнозему вилугуваного є досить високою сорго зернове позитивно відгукувалось на застосування достатньо високих доз мінеральних добрив (N120P120K120), збільшивши врожайність зерна на 1,82–2,45 т/га. Високу ефективність застосування мінеральних добрив в посівах сорго зернового спостерігали в дослідженнях Abunyewa et al. (2017), Bhutada et al. (2019), Lofton et al. (2019), Mahama et al. (2014), Masebo et al. (2016), Melaku et al. (2018).

Підтвердився той факт, що сорго зернове має хороші перспективи у вирішенні проблеми продовольства та отримання фуражного зерна за умов, коли посушливість клімату буде і надалі зростати (Assefa et al., 2010; Maccarthy, Vlek, 2012; Sebnie et al., 2020). Встановлено,

Таблиця 2

Баланс елементів живлення в агроценозі сорго зернового за різних систем удобрення, 2017–2019 рр., ± кг/га

№ вар.	Варіант	Відчуження стебел із поля			Без відчуження стебел із поля		
		N	P	K	N	P	K
1	Без добрив (контроль)	–163	–36	–167	–105	–24	–27
2	N60P60K60	–119	21	–116	–59	33	30
3	N90P90K90	–108	46	–94	–42	59	58
4	N120P120K120	–87	74	–72	–19	89	83
5	Солома 4 т/га	–145	–29	–120	–85	–16	27
6	Солома 4 т/га + N60P60K60	–107	25	–75	–44	39	81
7	Солома 4 т/га + N90P90K90	–93	52	–57	–25	67	108
8	Солома 4 т/га + N120P120K120	–74	79	–31	–4	94	134

Примітка: варіанти 2, 3, 4 – мінеральна система удобрення; варіанти 6, 7, 8 – органо-мінеральна система удобрення

що сорго зернове з біологічним врожаєм виносить велику кількість елементів живлення, які нерівномірно розподіляються у його складових. З врожаєм зерна сорго зернове виносить переважно азот, з врожаєм стеблової маси – переважно калій та значну кількість азоту. Для забезпечення сталих засад вирощування цієї культури та формування врівноваженого балансу елементів живлення у ґрунті важливо залишати на полі нетоварну частину врожаю. Такий агротехнічний захід істотно зменшить внос із ґрунту калію та азоту та поповнить ґрунт органічною речовиною. Позитивний вплив органічних добрив на поживний режим та стан органічної речовини ґрунту відмічено у низці дослідженнях (Bayu et al., 2006; Huang et al., 2005; Hu et al., 2018; Lu, 2020).

Встановлено високу ефективність альтернативної орґано-мінеральної системи удобрення під сорго зернове. За поєданого внесення мінеральних добрив і соломи пшениці озимої чорнозем вилугуваний додатково поповнювався елементами живлення (переважно калієм), збагачувався органічною речовиною, при цьому врожайність сорго зернового істотно підвищувалась. Ряд дослідників відмічають вагому роль альтернативної орґано-мінеральної системи удобрення у збереженні і раціональному використанні вологи ґрунту, що є вкрай важливим в епоху глобального потепління (Pale et al., 2009, 2010; Zhang et al., 2016).

Отже, досягнення високих показників врожайності зерна сорго зернового та формування позитивного

балансу елементів живлення у ґрунті лежить у площині застосування альтернативної орґано-мінеральної системи удобрення та залишання стеблової маси сорго зернового на полі. Такий агрохімічний захід є економічно ефективним і екологічно стабільним та формує сталі засади вирощуванні цієї культури у тривалій перспективі.

Висновки. Рослини сорго зернового з товарною продукцією із ґрунту виносили переважно азот, побічною – переважно калієм. На контролі без добрив внос зерном (6,09 т/га) азоту становив 105 кг/га, фосфору – 24, калію – 27, стеблами (26,1 т/га) – відповідно 58, 12 та 140 кг/га.

Найбільш продуктивною та екологічно стабільною з врожайністю зерна понад 8,5 т/га визначено систему удобрення, яка передбачала залишати нетоварну частину врожаю сорго зернового на полі та вносити з осені під оранку 4 т/га соломи + N120P120K120. За таких умов формувалася практично бездефіцитний баланс азоту (–4 кг/га) і накопичувались значні запаси фосфору і калію у ґрунті – відповідно 94 та 134 кг/га.

За залишання нетоварної частини врожаю сорго зернового на полі раціональним за альтернативної орґано-мінеральної системи удобрення є внесення з осені під оранку лише азотних та фосфорних добрив – 4 т/га соломи + N120P30. Така система удобрення формуватиме урівноважений баланс елементів живлення у ґрунті та істотно зменшить витрати на удобрення.

Бібліографічні посилання:

1. Abunyewa, A. A., Ferguson, R. B., Wortmann, C. S., & Mason, S. C. (2017). Grain sorghum nitrogen use as affected by planting practice and nitrogen rate. *Journal of soil science and plant nutrition*, 17(1), 155–166. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162017005000012>
2. Arun, G., Kulamarva, V. R., Sosle, G.S., & Vijaya, R. (2009). Nutritional and Rheological Properties of Sorghum. *International Journal of Food Properties*, 12, 55–69. doi: 10.1080/10942910802252148
3. Assefa, Y., Staggenborg, S. A., & Prasad, P. V. (2010). Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A review. *Online. Crop management*, 9(1). doi: 10.1094/CM-2010-1109-01-RV
4. Bayu, W., Rethman, N. F. G., Hammes, P. S., & Alemu, G. (2006). Effects of Farmyard Manure and Inorganic Fertilizers on Sorghum Growth, Yield, and Nitrogen Use in a Semi-Arid Area of Ethiopia. *Journal of Plant Nutrition*, 29(2), 391–407. doi: 1080/01904160500320962
5. Bazalii, V. V., Boiko, M. O., Almashova, V. S., & Onyshchenko, S. O. (2015). Roslynnyski aspekty ta ahroekolohichni zasady vyroshchuvannia sorho zernovoho na Pivdni Ukrainy [Plant aspects and agroecological principles of grain sorghum cultivation in the South of Ukraine]. *Taurian Scientific Bulletin*, 91, 3–6 (in Ukrainian).
6. Bhutada, P. O., Aundhekar, R. L., & Mehtre, S. P. (2019). Effect of different fertilizer levels on yield of grain sorghum genotypes. *International Journal of Chemical Studies*, 7(3), 1872–1874.
7. Boiko, M. O. (2016). Analiz struktury vrozhaiu hibrydiv sorho zernovoho pry riznykh hustotakh posiviv za dvokh strokiv sivby. Ontohenez – stan problemy ta perspektyvy vyvchennia roslyn v kulturnykh ta pryrodnykh tsenozakh [Analysis of the grain structure structure of grain sorghum hybrids at different crop densities at two sowing dates. Ontogenesis – the state of the problem and prospects for the study of plants in cultural and natural coenoses]: Collection of abstracts of the international conference. RVTs «Kolos». Kherson. 79–80 (in Ukrainian).
8. Dremluk, H. K., Hamadii, V. L., & Hamadii, I. V. (2013). Osnovni elementy tekhnolohii vyroshchuvannia sorho [The main elements of sorghum growing technology]. *Handbook of Ukrainian farmer*, 3, 274–277 (in Ukrainian).
9. Gebremariam, G., & Assefa, D. (2015). Nitrogen Fertilization Effect on Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Yield, Yield Components and Witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth) Infestation in Northern Ethiopia. *International Journal of Agricultural Research*, 10, 14–23. doi: 10.3923/ijar.2015.14.23
10. Gupta, N., Gupta, A. K., Gaur, V. S., & Kumar, A. (2012). Relationship of nitrogen use efficiency with the activities of enzymes involved in nitrogen uptake and assimilation of finger millet genotypes grown under different nitrogen inputs. *The Scientific World Journal*, 10.
11. Hospodarenko, H. M., & Klymowych, P. V. (2006). Reaktsiia sorho zernovoho na udobrennia na chornozemi opidzolenomu [Reaction of grain sorghum to fertilizer on podzolic chernozem]. Collection of scientific works of Luhansk NAU, 69, 20–25 (in Ukrainian).

12. Hu, C., Zheng, C., Sadras, V. O., & Ding, M. (2018). Effect of straw mulch and seeding rate on the harvest index, yield and water use efficiency of winter wheat. *Scientific reports*, 8(1). doi: 10.1038/s41598-018-26615-x
13. Huang, Y., Chen, L., Fu, B., & Huang, Z. (2005). The wheat yields and water-use efficiency in the Loess Plateau: Straw mulch and irrigation effects. *Agricultural Water Management*, 72(3), 209–222. doi: 10.1016/j.agwat.2004.09.012
14. Karazhbei, H. M. (2012). Stan i perspektyvy sorho zernovoho v Ukraini [Status and prospects of grain sorghum in Ukraine]. *Breeding and seed production*, 101, 37–42 (in Ukrainian). doi: 10.30835/2413-7510.2012.59749
15. Kukh, M. V., & Sreda, V. Y. (2014). Vliianie udobrenia na urozhainost sortov sorho zernovoho [Effect of fertilizer on the yield of grain sorghum varieties]. *Grain farming in Russia*, 3, 21–27 (in Russian).
16. Kyzyn, V. V., & Yliuk, E. N. (2006). Ispolzovanie rasteniami i osobenosti transformatsii ammoniynoho i nitratnoho azota raznykh horizontov dernovo-podzolistoi pochvy [Use by plants and features of transformation of ammonium and nitrate nitrogen in different horizons of soddy-podzolic soil]. *Agrochemistry*, 11, 3–9 (in Russian).
17. Lofton, J., Arnall, D. B., Sharma, S., & Nisly, C. (2019). Evaluating Starter Fertilizer Applications in Grain Sorghum Production. *Agrosystems, geosciences and environment*, 2. doi: 10.2134/age2019.01.0004
18. Lu, X. (2020). A meta-analysis of the effects of crop residue return on crop yields and water use efficiency. *PLoS ONE*, 15(4). doi: 10.1371/journal.pone.0231740
19. Lutsko, H. (2014). Sorho zernove: novyi pohliad na znaiomu kulturu [Grain sorghum: a new look at a familiar crop]. *Proposition*, 3, 68–70 (in Ukrainian).
20. Maccarthy, S. D., & Vlek, L. G. (2012). Impact of climate change on sorghum production under different nutrient and crop residue management in semi-arid region of China: modeling perspective. *African Crop Science Journal*, 20(2), 275–291. <https://www.researchgate.net/publication/267748129>
21. Mahama, G. Y., Prasad, P. V., Mengel, D. B., & Tesso, T. T. (2014). Influence of Nitrogen Fertilizer on Growth and Yield of Grain Sorghum Hybrids and Inbred Lines. *Agronomy Journal*, 106(5), 1623–1630. <https://doi.org/10.2134/ajonj14.0092>
22. Maliarchuk, N. P., Maliarchuk, A. S., Luzhanskyi, I. Yu, Markovska, E. E., & Maliarchuk, V. N. (2019). Vplyv system osnovnoho obrobittu ta udobrennia na humusovi stan gruntu i produktyvnist sorho zernovoho u sivozmini ta zroshenni [Influence of basic tillage and fertilization systems on soil humus condition and grain sorghum productivity in crop rotation and irrigation]. *Bioresources and nature management*, 1–2, 98–107 (in Ukrainian). doi: 10.31548/bio2019.01.011
23. Masebo, N., & Menamo, M. (2016). The Effect of Application of Different Rate of N-P Fertilizers Rate on Yield and Yield Components of Sorghum (*Sorghum bicolor*): Case of Derashe Woreda, SNNPR, Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, 6(5), 2224–3186.
24. Maslak, O. (2012). Stan i perspektyvy sorho zernovoho v Ukraini [Status and prospects of grain sorghum in Ukraine]. *Agribusiness today*, 11(234), 14 (in Ukrainian).
25. Melaku, N. D., Bayu, W., & Ziadat, F. (2018). Effect of nitrogen fertilizer rate and timing on sorghum productivity in Ethiopian highland Vertisols. *Arch. Agronomy Soil Science*, 64(4), 480–491. doi: 10.1080/03650340.2017.1362558
26. Pale, S., Mason, S. C., & Taonda, J. B. (2009). Water and fertilizer influence on yield of grain sorghum varieties produced in Burkina Faso. *South African Journal of Plant and Soil*, 26(2), 91–97. doi: 10.1080/02571862.2009.10639939
27. Pale, S., Taonda, S. J. B., Bougouma, B., & Mason, S. C. (2010). Water and fertilizer influence on sorghum grain quality for traditional beer (dolo) production in Burkina Faso. *African Journal of Food Science*, 4(11), 723–734. Access mode: <http://www.academicjournals.org/ajfs>
28. Sebnie, W., Mengesha, M., Girmay, G., Tesfaye, F., Asgedom, B., Beza, G., & Dejene, D. (2020). Evaluation of micro-dosing fertilizer application on sorghum (*Sorghum bicholor* L) production at Wag-Lasta Areas of Amhara Region, Ethiopia. *Scientific Reports*, 10, 6889. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63851-6>
29. Zhang, P., Chen, X., Wei, T., Yang, Z., Jia, Z., Yang, B., Han, Q., & Ren, X. (2016). Effects of straw incorporation on the soil nutrient contents, enzyme activities, and crop yield in a semiarid region of China. *Soil and Tillage Research*, 160, 65–72. doi: 10.1016/j.still.2016.02.006
30. Zhukova, M. P., & Honchar-Zaikyn, P. P. (2002). Vybor i obosnovanie elementov tekhnolohii vozdelevania sorho [Selection and justification of the elements of sorghum cultivation technology]. *Feed production*, 4, 22–24 (in Russian).

Ivanina V. V., Doctor (Agricultural Sciences), Institute Bioenergy Crops and Sugar Beet, Kiev, Ukraine

Pashynska K. L., PhD student, Institute Bioenergy Crops and Sugar Beet, Kiev, Ukraine

Formation of nutritional balance in grain sorghum crops under different fertilizer systems

For the first time in conditions of sufficient moisture of the Forest-Steppe of Ukraine for growing grain sorghum on leached chernozem, an efficient fertilization system was substantiated, which forms a balanced balance of nutrients in the soil and provides grain yield over 8.5 t/ha. It was established that grain sorghum plants with grain yield removed mainly nitrogen from the soil, with by-product – mainly potassium. In the control without fertilizers, the removal of nitrogen with grain yield (6.09 t/ha) was 105 kg/ha, phosphorus – 24, potassium – 27, with stems yield (26.1 t/ha) – 58, 12 and 140 kg/ha, respectively. When cultivating on leached chernozem, grain sorghum responded positively to the application of high doses of mineral fertilizers. Under the alienation of non-commodity part of crop yield from the field, application fertilizer at a dose of N120P120K120 provided grain yield of 7.91 t/ha, stems – 28.3 t/ha with an increase to the control without fertilizers – by 1.82 and 2.2 t/ha, respectively. At this dose of fertilizers grain sorghum plants removed from the soil with biological yield of nitrogen – 207 kg/ha, phosphorus – 46, potassium – 192 with an increase to control without fertilizers – by 40, 10 and 25 kg/ha, respectively. The use of an alternative organic-mineral fertilizer system contributed to further increase in grain sorghum yield. With the application of 4 t/ha straw + N120P120K120, the grain yield was 8.54 t/ha, exceeding the control without fertilizers – by 2.45 t/ha. This fertilizer system ensured high economic efficiency of grain sorghum

cultivation, but did not form a balanced balance of nutrients in the soil. With the application of 4 t/ha straw + N120P120K120 nitrogen deficiency in the soil remained at the level of 74 kg/ha, potassium – 31 kg/ha with a positive phosphorus balance of 79 kg/ha. The most productive and ecologically stable was the fertilizer system, which based on leaving the non-marketable part of grain yield of sorghum crop in the field and provide applying 4 t/ha straw + N120P120K120 under plowing in autumn. Under such conditions, a virtually deficient nitrogen balance was formed (-4 kg/ha) and significant reserves of phosphorus and potassium accumulated in the soil of 94 and 134 kg/ha, respectively. If the non-commodity part of the grain sorghum crop is left in the field, it is rational to apply only nitrogen and phosphorus fertilizers under the alternative organic-mineral fertilizer system – 4 t/ha straw + N120P30. Such a fertilizer system will form a balanced balance of nutrients in the soil and significantly reduce fertilizer costs.

Key words: grain sorghum, nutrients, system of fertilizers, uptake, balance.

РОЗВИТОК СТАЛОГО ЕКОЛОГІЧНО ОРІЄНТОВАНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Коваленко Ігор Миколайович

доктор біологічних наук, професор

Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна

ORCID: 0000-0003-4957-2352

kovalenko_977@ukr.net

Під стійкість розвитку людської цивілізації розуміють такий її розвиток, при якому економічне зростання і соціальний прогрес не супроводжуються деградацією природного середовища та втратою біорізноманіття. Ідея сталого розвитку викликала загальний відгук і розуміння, тому що вона носить комплексний характер і визначає не тільки рух у бік усвідомлення незмінності взаємозв'язку людського суспільства та природного середовища з її обмеженими ресурсами, а й включає принцип рівності та справедливості в отриманні нинішнім і майбутніми поколіннями всіх життєвих благ. До кінця ХХ століття концепція сталого розвитку стала загальноприйнятною і лягла в основу політики та розвитку економіки всіх держав світу.

Вирішувати проблеми сталого розвитку доводиться в умовах глобалізації економіки, що формується, розвитку постіндустріального інформаційного соціуму і безперервного зростання чисельності населення Землі. Головною перешкодою для контрольованого сталого розвитку є прогресуюче використання природних ресурсів. Лідирує у цьому напрямі агропромисловий комплекс. Збільшення потужностей та територіальне розширення у поєднанні з підвищенням урожайності всіх сільськогосподарських культур визначаються демографічними процесами.

Швидке наростання чисельності населення на планеті у поєднанні з активним розвитком промисловості та сільського господарства призвело до розвитку глобальної екологічної кризи. Інтенсивні сільськогосподарські технології стали одним із її важливих джерел.

Інтенсивні агротехнології ведуть до цілого комплексу негативних наслідків: знижується природна родючість ґрунту, розвиваються ерозійні процеси, знижується кількість корисних мікроорганізмів у ґрунті та ін. Органічне землеробство являє собою особливу модифікацію традиційного землеробства, орієнтовану на отримання біологічно безпечних продуктів харчування і максимальне збереження родючості ґрунту.

В цілому, в Україні органічне землеробство знаходиться в стані прогресивного розвитку, зростає число господарств, збільшуються площі посівів. За даними Федерації органічного руху України, станом на 2020 рік площі під органічним землеробством перевищила 400 га. Для успішного ведення органічного господарства дуже важливим є регіональний аспект. Він визначає підбір сортів, характер сівозміни, способи обробки ґрунту, терміни сівби та багато інших агротехнічних елементів.

Ключові слова: органічне землеробство, екологізація, сталий розвиток, продовольча безпека, агроекологічний потенціал, органічна продукція.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.10>

Вступ. Метою публікації став аналіз стратегії та методів збалансованого вирішення проблем продовольчої безпеки та екологізації виробництва рослинницької продукції. Актуальність та практичне значення цієї задачі обумовлене тим, що в Україні створення умов для стійкого використання природних ресурсів і повного забезпечення населення продуктами харчування при зниженні антропогенного навантаження на природне навколишнє середовище є головною метою державної екологічної політики.

Проблеми продовольчої безпеки та екологізації сільськогосподарського виробництва багаторазово ставали предметом наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних фахівців. Однак аналіз основної наукової літератури і характеру діяльності аграрних виробництв показує, що більшість теоретичних і практичних аспектів описаної проблематики залишаються недоопрацьованими в їх інтегральному зв'язку.

Концепція сталого розвитку була сформульована в середині ХХ століття в роботах Д. Медоуса

та Г. Х. Брундтланд (1974) і прийнята на міжнародному рівні в 1992 році на конференції «Порядок денний на ХХІ століття». У 1996 році ООН розробила та опублікувала систему з 132 індикаторів для оцінки рівня сталого розвитку. Два наріжні камені концепції сталого розвитку – це повне забезпечення людини екологічно чистими продуктами харчування та збереження природного середовища (Brundtland, 1987; Martyniuk, 2017; Boiko et al., 2013; Chaika, 2011; Dolzhenchuk & Krupko, 2015; Peigné et al., 2018; Grevtcov, 1991; Hlomba, 1996; Kaminskyi & Boiko, 2013; Myrunko & Remizova, 2011; Veklych, 2003; Litvinov, 2015; Lupenko, 2013; Meadows et al., 1994; Shuvar, 1998).

Вихідною ланкою у виробництві продовольства є рослинництво, яке постачає первинну сировину як для отримання продуктів харчування людини, так і для годування сільськогосподарських тварин (Yeshchenko et al., 2014; Eshchenko, 1988). Одночасно рослинницька галузь постає як найважливіший фактор у процесах антропогенної деградації природного середовища. Промислові

та тваринницькі забруднення біосфери мають «точковий», локальний характер і тому легше контролюються. Сільськогосподарські посіви, навпаки, «континуальні», займають величезні площі і не лише самі по собі є причиною багатьох негативних впливів на біосферу, а й пусковим механізмом знищення лісів, лугів та інших природних екосистем.

Матеріали і методи досліджень. Для оцінки рівня реалізації концепції стійкого розвитку була використана система індикаторів та індексів. Індикатор – це показник стану природного середовища або окремого його параметра, а індекс – кількісна характеристика індикатора (Ekspres-ohliad osnovnykh indyikatoriv..., 2019). Актуальні дані стосовно стану органічного землеробства в Україні були надані Федерацією органічного руху України.

О.Г. Білорус та Ю.М. Мацейко (Bilorus & Matseiko, 2005) справедливо наголошували, що кількість таких індикаторів має бути невеликою, але вони мають бути максимально ефективними. Ці автори пропонують об'єднувати індикатори у чотири групи. При цьому кожна категорія індикаторів повинна включати відповідно до моделі PSR три їх види: перший оцінка впливу (P), другий оцінка стану (S) і третій оцінка відгуку (R). З точки зору завдання екологізації агротехнологій найважливіша група індикаторів, що характеризує стабільність природного середовища та біорізноманіття (Bilorus & Matseiko, 2005).

Оцінка рівня продовольчої безпеки проводиться шляхом обчислення Глобального Індексу продовольчої безпеки (Global Food Security Index – GFSI). Він розраховується за 28 показниками, з яких головними є чотири параметри:

- 1 – економічної доступності продуктів харчування;
- 2 – фізичної доступності;
- 3 – якості і безпеки продуктів харчування;
- 4 – станом природних ресурсів та їх стійкості.

У 2017 році в Глобальний індекс продовольчої безпеки була введена важлива поправка, що враховує рівень охорони природних ресурсів, заходи щодо компенсації збитків від глобального потепління клімату і екологічну безпеку аграрних технологій.

Результати. В Україні сумарний індекс екологічної ефективності та його складові – сільське господарство та біорізноманіття мають позитивну тенденцію (рис. 1). Відповідно загальний ранг України серед інших 180 країн світу покращується – нині Україна посідає 44 місце за загальним рейтингом та за рейтингом сільського господарства. Але за біорізноманіттям місце лише 130-те.

Рух соціуму до сталого розвитку визначається як прийнятими технологічними рішеннями, а значною мірою ментальною орієнтацією широких верств населення. Формуванню екологічного менталітету населення сприяють розроблені калькулятори екологічного сліду, які дозволяють оцінювати розмір споживання людством ресурсів біосфери (Smirnova & Orleanskaya, 2012; Volinchuk, 2017; Zlobin, 1986; Zlobin, 1989; Dospekhov, 1985; Kirichuk & Ryikunova, 2018; Laslo, 2009; Popko, 2019; Ripple et al., 2017; Smith et al., 2019; Sozinov, 2001). Екологічний слід вимірюється у світових гектарах. Глобальний гектар – це площа території (континентів та акваторій), що забезпе-

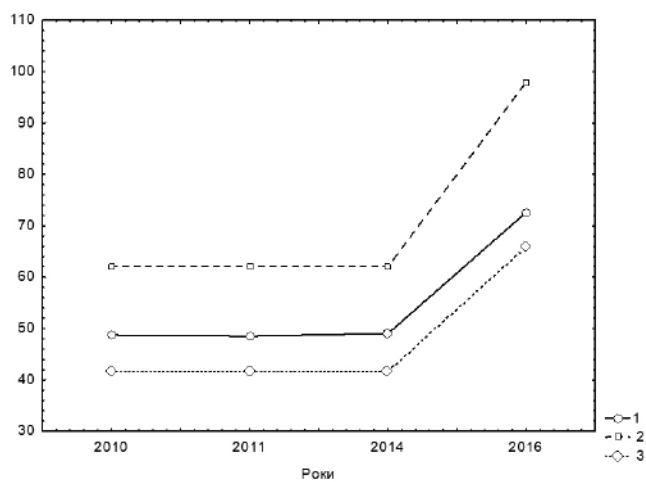


Рис. 1. Три складові індексу екологічної ефективності в Україні за 2010–2016 роки. 1 – загальний індекс, 2 – сільське господарство, 3 – біорізноманіття (Доповідь про зелену трансформацію в Україні на основі показників зеленого зростання ОЕСР, 2016)

чує людину біоресурсами та поглинає відходи. Екологічний слід може вимірюватися також і в одиницях вуглекислого газу, що продукується (Smirnova & Orleanskaya, 2012; Volinchuk, 2017).

Екологічний слід складається з шести основних компонентів: 1 – площа ріллі для отримання необхідної людині рослинницької продукції, 2 – площа пасовищ, необхідна для отримання продукції тваринництва, 3 – площа, лісів, необхідна для отримання потрібної людині деревної продукції, 4 – площа акваторії для отримання морепродуктів і риби, 5 – територія, зайнята під житло та інші споруди, 6 – площа лісу, необхідної для поглинання вуглекислого газу, що продукується.

Глобальний екологічний слід (за даними на 2020 р.) становить 18,2 млрд. га або 2,75 га на особу. В Україні екологічний слід дорівнює 2,84 га на одну особу, тому за витратою природних ресурсів Україна перебуває на 57-му місці серед інших держав світу. Для порівняння екологічний слід США дорівнює 8,22, Франції – 5,14, у Китаї – 3,38 га/чел (World Population Review, 2021).

Центральним завданням, спрямованою на сталий розвиток суспільства, є зниження розміру екологічного сліду. Але поки що розмір екологічного сліду має чітку тенденцію зростати. Його середній приріст оцінюється у 1,5% на рік.

Вирішувати проблеми сталого розвитку доводиться в умовах глобалізації економіки, що формується, розвитку постіндустріального інформаційного соціуму і безперервного зростання чисельності населення Землі. Головною перешкодою для контрольованого сталого розвитку є прогресуюче використання природних ресурсів. Лідирує у цьому напрямі агропромисловий комплекс. Збільшення потужностей та територіальне розширення у поєднанні з підвищенням урожайності всіх сільськогосподарських культур визначаються демографічними процесами. Населення Землі нині щорічно зростає на

75 млн. чоловік і за таких темпів до кінця XXI століття перевищить 10 млрд осіб (Kapitsa, 1996).

Серед факторів, які забезпечують сталий розвиток і економічну стійкість будь-якої держави, на першому місці знаходиться забезпечення населення продуктами харчування. Ще в 1974 році ООН прийняла «Декларацію про ліквідування голоду та недоїдання», в якій була сформульована концепція продовольчої безпеки. Під продовольчою безпекою розуміють здатність всього людського співтовариства і окремих держав задовольняти потреби населення в продуктах харчування в необхідних обсягах, асортименті та якості за рахунок забезпечення ресурсами і створення відповідних економічних умов (Chaikin & Pogosov, 1984).

Відповідно до Закону України «Про державну підтримку сільського господарства України» продовольча безпека визначається як «захищеність життєвих інтересів людини, яка виражається у гарантуванні державою вільного економічного доступу людини до продуктів харчування з метою підтримання її звичайної життєдіяльності» (Закон України «Про державну підтримку...», 2004).

Орієнтація на забезпечення продовольчої безпеки населення України остаточно закріплена Законом України «Про продовольчу безпеку України» від 22 грудня 2011 року (Закон України «Pro prodovolchu bezpeku...», 2011).

Продовольча безпека складається з трьох компонентів: виробництво продуктів харчування, економічна доступність для всіх верств населення і співвідношення імпорту та експорту продовольства. Це означає, що аграрний сектор економіки лежить в основі формування продовольчої безпеки держави (Holykova, 2012; Zelenska, 2012; Lazarieva, 2015; Chaika, 2013; Dudar, 2016; Nemchenko, 2012; Mykhalko, 2019; Onopriienko & Klymenko, 2014; Rybalko, 2019; Shlapak, 2004; Trehobchuk, 2002). В Україні спостерігається великий розрив між агроекологічним потенціалом врожайності культур, що вирощують та його справжньою реалізацією. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) потенційна врожайність країни складає 6,2 т/га, а фактичний збір – тільки 2,5 т/га.

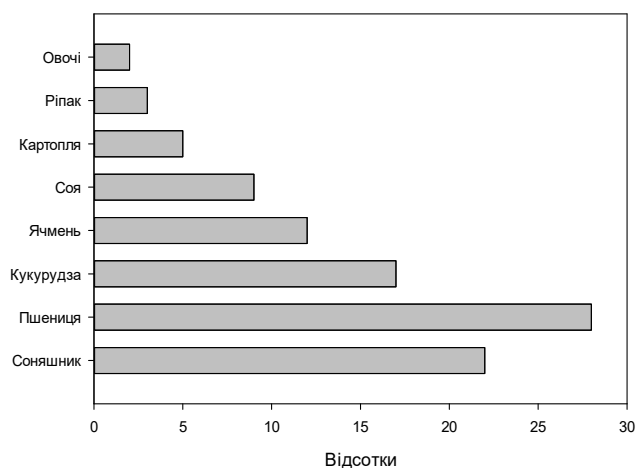


Рис. 2. Структура посівів в Україні в середньому за 2010–2020 роки

Націленість великих сільськогосподарських виробництв на максимальний дохід призводить до того, що площі під окремими культурами значно збільшені. Прикладом таких культур є соняшник, кукурудза, соя та рапс (рис. 2). Їх вирощують у значно більших об'ємах, ніж необхідно для задоволення потреб населення країни (Bezus, 2014).

Інтенсивні агротехнології призводять до цілого комплексу негативних наслідків, серед яких: зниження природної родючості ґрунту, розвиток ерозійних процесів, зменшення кількості корисних мікроорганізмів в ґрунті та ін. Сільськогосподарська продукція виявляється забрудненою залишковими кількостями мінеральних добрив та пестицидів (Bilorus, Matseiko, 2005; Herasymenko, 2015; Sobchuk & Nahorniuk, 2010). Ці процеси стимулювали екологізацію сільського господарства, яка знайшла своє відображення в вигляді органічного землеробства (Bilorus & Matseiko, 2005; Herasymenko, 2015; Burliai & Hutsalenko, 2013; Humeniuk, 2010; Halinskyi, 2014; Mylovanov, 2004, 2011, 2018, 2019; Vovk, 2004; Klymenko et al., 2014; Urban et al., 2013; Kovalchuk & Mulyar, 2013; Kysil, 2013; Latysheva & Klestova, 2017; Mokliachuk, 2020; Mokliak et al., 2017; Moreau, 2013; Palamarchuk et al., 2016; Muller et al., 2017; Tsyliuryk, 2018; Oleksienko, 2012; Orekhivskiy, 2018; Organic Federation of Ukraine, 2015; Poznyak & Romanovskiy, 2009; Pysarenko & Chaika, 2014; Singh, 2021; Pysarenko et al., 2009; Reganold & Wachter, 2016; Smahlii et al., 2006; Seitz et al., 2019; Sokol & Stefanovska, 2008; Tkachenko, 2018).

Органічне землеробство являє собою особливу модифікацію традиційного землеробства, орієнтовану на отримання біологічно безпечних продуктів харчування і максимальне збереження родючості ґрунту. Розвиток органічного землеробства побічно сприяє екологізації природного середовища, зменшуючи продуктивні потужності галузей промисловості, що виробляють мінеральні добрива та пестициди.

В цілому, в Україні органічне землеробство знаходиться в стані прогресивного розвитку, зростає число господарств, збільшуються площі посівів (рис. 3).

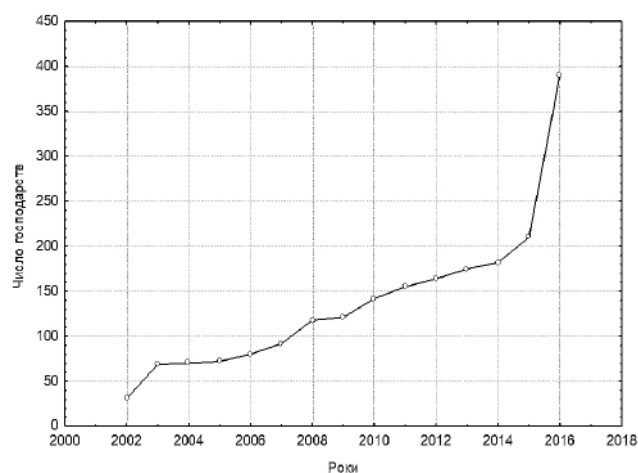


Рис. 3. Число господарств в Україні, сертифікованих як виробники органічної продукції.

Великими центрами органічного землеробства є фірми «Агроекологія» і «Україна» (Полтавська область), Святovit-Еко (Херсонська область), Галекс-Агро (Житомирська область) і ряд інших. За ґрунтово-кліматичними характеристиками найбільш придатними для органічного землеробства є Харківська, Полтавська, Вінницька, Хмельницька, Тернопільська і Чернівецька області (рис. 4). За рівнем розвитку органічного сільського господарства Сумська область знаходиться на одному з останніх місць: 7 зареєстрованих операторів, площа 85 га.

За даними Федерації органічного руху України станом на 2020 рік площі під органічним землеробством перевищила 400 га. На жаль, до 70–90% одержуваної органічної продукції експортується з України в інші країни (Huz & Sobchenko, 2018).

За статистичними даними громадяни України в 2019 році віддавали перевагу таким видам органічної продукції (Informatsiino-analitychnyi portal APK Ukrainy):

- органічного молока було куплено 4 640 т на суму 320 млн грн.;
- круп'яних і зернових виробів, борошна – 1 240 т на 115 млн грн.;
- овочів та фруктів – 990 т на 35 млн грн.;
- соків та напоїв – 120 т на 15 млн грн.;
- м'ясопродуктів – 90 т на 30 млн грн.;
- прянощів, спецій та цукру – 80 т на 10 млн грн.

Перехід до органічного землеробства є міжнародним вектором розвитку. В даний час в світі налічується більше 2,4 млн органічних виробників. Країнами з найбільшим числом виробників є Індія (585200), Ефіопія (203602) та Мексика (200039) (FiBL & IFOAM, 2021; World Population Review, 2021; International Federation of Organic Agriculture Movements, 2015; Kachuriner, 2013). В Європі основними виробниками цих продуктів харчування є Іспанія, Франція та Італія. В цілому, в кінці 2019 року загальна площа під органічними культурами в світі становила 72,3 млн га.

Обговорення. Обсяг продажів органічної продукції в світі швидко зростає. Якщо в 2000 році вона була реалізована на суму 21 млрд доларів, то до 2019 року ця

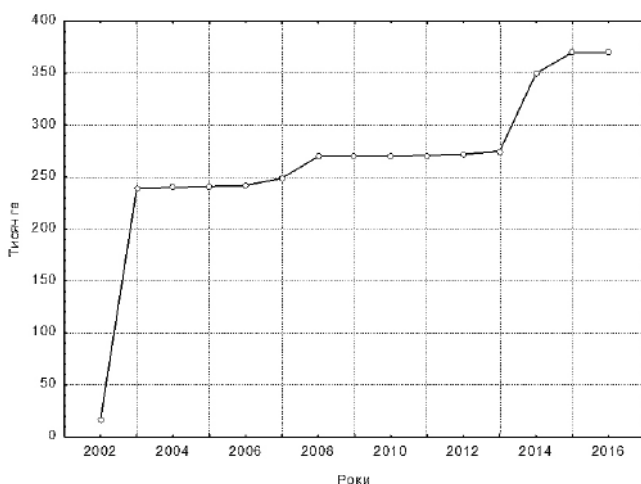


Рис. 4. Площа органічних сільськогосподарських угідь в Україні

цифра зросла до 106 млрд доларів. За обсягом виробленої екологічно чистої продукції в загальносвітовому масштабі на першому місці стоять зерно і зернова продукція, молоко і молочна продукція, яйця, куряче м'ясо, яблука, виноград, томати, овочі (Dyvnych, 2014; Artysch, 2014; Barton, 2018; Antonets, 2020; Bazylevych et al., 2017; Bialik & Walker, 2019; Iashchenko, 2014; Khodakivska & Mohylnyi, 2018; Martyniuk, 2013; Nesterchuk & Nesterchuk, 2015; Tomme, 1964; Spicher, 2007; Statista).

Органічне сільське господарство має свої проблеми. На даному етапі економічного розвитку органічне сільське господарство, в порівнянні з традиційним, більш затратне і дає менший вихід продукції з гектара посіву. При відмові від засобів хімізації урожай зернових культур знижується до 30–40%, технічних – до 60–70% (Holykova, 2012).

Досвід країн ЄС, спочатку Франції, Німеччини, а потім і інших, показує, що проблем екологізації агротехнологій не можуть вирішуватися на рівні окремих фермерських господарств. Акцент переміщений на агроекологічний розвиток сільських територій (Bezus, 2014; Yurkevych et al., 2011). Прикладом такого підходу є пермакультура (довготривале сільське господарство) З. Хольцера (Kholtser, 2008, 2012).

Організаційне сільське господарство має свої проблеми. На даному етапі економічного розвитку органічне сільське господарство, порівняно з традиційним, більш затратним і дає менший вихід продукції з гектара посіву. При відмові від засобів хімізації урожай зернових культур знижується до 30–40%, технічних – до 60–70% (Osypov, 2019; Berezina & Neberia, 2019). Тому цей автор робить висновок: «Виходячи з вимог сталого розвитку сільського господарства, а також з екологічних та економічних причин, повний перехід до органічного землеробства не може бути прийнятним напрямом розвитку сільського господарства». У Німеччині фермери нерідко відмовляються від цієї агротехнічної технології через зростання на полях кількості бур'янів та шкідників (Zikeli et al., 2017). До того ж окремі фахівці вважають, що органічне землеробство переважно сприяє глобальному потеплінню порівняно з традиційним. Великі труднощі для виробників екологічно чистої продукції створює її сертифікація: крім українського центру «Органік Стандарт» в Україні ведуть сертифікацію ще 15 зарубіжних компаній. Гостро потрібне створення єдиного міжнародного центру.

Песимістична оцінка органічного землеробства спростовується економічно і екологічно успішною роботою багатьох аграрних фірм в світі та в Україні. Негативні складові органічного землеробства, безсумнівно, будуть пом'якшені на основі таких інноваційних розробок як EM-технології і LISA-технології, спрямовані на регулювання біологічних процесів в агросистемах і на зниження виробничих витрат.

Органічне землеробство є частиною сільськогосподарського виробництва, тому подальший його успішний розвиток обумовлений концептуальною перебудовою фундаментальних принципів всієї рослинницької галузі.

Висновки. Необхідність задовольняти потреби зростаючого за кількістю населення людства в продуктах

харчування стимулювала в ХХ столітті інтенсифікацію рослинництва шляхом використання важкої техніки, внесення високих доз добрив, пестицидів, хімічних засобів захисту рослин, розширення посівів нових сортів культур. Даний процес дозволив підвищити продуктивність галузі, але одночасно викликав глобальну екологічну кризу. Швидка деградація природного середовища зумовила суспільство затвердити концепцію

сталого розвитку та продовольчої безпеки, яка зорієнтувала сільськогосподарське виробництво на загальну його екологізацію. Одним із найбільш вагомих досягнень в цьому напрямі стала розробка технологій органічного землеробства.

Органічне землеробство дозволяє отримувати екологічно чисту продукцію, покращує стан ґрунту та підземних вод, підвищує рентабельність виробництва.

Бібліографічні посилання

1. Antonets, S.S. (2020). Orhanichne zemlerobstvo: z dosvidu PP «Ahroekolohiia» Shyshatskoho raionu Poltavskoi oblasti: praktychni rekomendatsii [Organic farming: from the experience of PE «Akhroekologiya» of Poltava region: practical recommendations]. Poltava, 212–213 (in Ukrainian).
2. Artysh, V.I. (2014). Vyrobnystvo orhanichnoi produktsii v krainakh Yevropeiskoho Soiuzu [Production of orchanic products in the countries of the European Union]. *Ekonomika APK*, 2, 93–96 (in Ukrainian).
3. Barton, G. (2018). *The global history of organic farming* – Oxford Press, 241.
4. Bazylevych, V., Kupalova, G., Goncharenko, N., Murovana, T. & Grynchuk, Y. (2017). Improvement of the effectiveness of organic farming in Ukraine. *Problems and perspectives in management*, 15(3), 64–75.
5. Berezina, L. M. & Neberia, K. V. (2019). Intensyfikatsiia yak vazhlyvyi napriam pidvyshchennia efektyvnosti vyrobnytstva produktsii roslynnytstva [Infection as an important way to increase the efficiency of crop production]. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Naukove zabezpechennia ekonomichnoho rozvytku, pravovoho rehuliuвання i upravlinnia v ahropro-myslovomu kompleksii»*. Poltava, 3, 6–9 (in Ukrainian).
6. Bezus, R.M. (2014). Orhanizatsiino-ekonomichni zasady efektyvnoho rozvytku orhanichnoho ahrovyrobnytstva [Organizational and economic principles of effective development of organic agricultural production]. Dnipropetrovsk, Lizunov Pres, 379 (in Ukrainian).
7. Bialik, K. & Walker, K. (2019). Organic farming is on the rise in the U.S.. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2019/01/10/organic-farming-is-on-the-rise-in-the-u-s/>
8. Bilorus, O. H. & Matseiko, Yu. M. (2005). Hlobalna perspektyva i stalyy rozvytok [Global perspective and sustainable development]. MAUP, Kyiv, 492 (in Ukrainian).
9. Boiko, P.I., Kovalenko, N.P., Dyshlevyi, V.A. & Shapoval, I.S. (2007). Vzaiemovplyv osnovnykh lanok systemy zemlerobstva na ratsionalne zemlekorystuvannia [Interaction of the main links of the agricultural system on rational land use]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 8, 12–18 (in Ukrainian).
10. Burliai, A.P. & Hutsalenko, O.O. (2013). Rol Ukrainy u formuvanni propozytsii yevropeiskoho rynku orhanichnoi produktsii [The role of Ukraine in the formation of proposals for the European market of organic products]. *Ekonomichni chasopys*, 11(2), 15–19 (in Ukrainian).
11. Brundtland, H. (1987). Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development. [Electronic resource]. Access mode: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
12. Chaika, T. O. (2011). Mistse ekonomichnoi teorii v orhanichnomu vyrobnytstvi. [The place of economic theory in organic production]. *Teoriia ta praktyka rozvytku innovatsiinoi ekonomiky: mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf. Tezy dop.* 29–30 veres. 2011 r., Odesa, 1, 71–74 (in Ukrainian).
13. Chaika, T. O. (2013). Rozvytok vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v ahrarnomu sektori ekonomiky Ukrainy [Development of organic production in the agricultural sector of Ukraine's economy]. *Vydavnytstvo «Noulidzh»* [Publishing house «Noulidzh»], 320 (in Ukrainian).
14. Chaikin, P. & Pogosov, Z. (1984). Otcenka produktivnosti intensivnykh sevooborotiv [Evaluation of the effectiveness of intensive crop rotations]. *Ekonomika selskogo khoziaistva*, 1, 89–90 (in Russian).
15. Dolzhenchuk, V.I. & Krupko, H.D. (2015). Monitoryng protsesiv dehradatsii ta opusteliuvannia zemel Rivnenskoï oblasti [Monitoring of land degradation and desertification processes in Rivne region]. *Ahroekolohichni zhurnal*, 1. Kyiv, 69–75 (in Ukrainian).
16. Dospikhov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Field experiment technique (with basics of statistical processing of research results)]. Moskva: Ahropromyzzdat (in Russian).
17. Dudar, V. (2016). Prodovolcha bezpeka Ukrainy ta skladovi yii zabezpechennia u konteksti ekonomichnoi bezpeky derzhavy [Food security of Ukraine and components of its provision in the context of economic security of the state]. *Visnyk TNEU*, 2, 20–32 (in Ukrainian).
18. Dyvnych, O. D. (2014). Peredumovy ta pryntsyipy perekhodu do orhanichnoho zemlerobstva v silskohospodarskyi pidryemstvakh Ukrainy [Prerequisites and principles of transition to organic farming in agricultural enterprises of Ukraine]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky* [Global and national problems of the economy], 2, 505–509 (in Ukrainian).
19. Ekspres-ohliad osnovnykh indykatoriv prodovolchoi bezpeky v Ukraini u 2019 rotsi [Express review of the main indicators of food security in Ukraine in 2019]. [Electronic resource]. Access mode: http://edclub.com.ua/sites/default/files/food_security_201 (in Ukrainian).
20. Eshchenko, V.E. (1988). Agroekonomicheskoe obosnovanie polevykh sevooborotiv pri kontsentratsii i spetsializatsii selskokhoziaistvennogo proizvodstva v Tsentralnykh raionakh Lesostepi Ukraini [Agro-economic substantiation of field crop rotations with the concentration and specialization of agricultural production in the central regions of the Forest-Steppe of Ukraine]. Extended abstract of Doctor's thesis. Kishinev (in Russian).
21. FiBL-IFOAM (2021). *The World of organic agriculture statistics and emerging trends 2021*, 335–336.

22. Grevtsov, V.D. (1991). Spravochnik po planirovaniu v agropromyshlennom komplekse [Guide to planning in the agro-industrial complex]. Kiev, Urozhai (in Russian).
23. Halinskyi, Ya. V. (2014) Ahroekologichne raionuvannia zemel v orhanichnomu silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Agroecological zoning of lands in organic agricultural production]. Zb. materialiv dop. ushasn. II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Zhytomyr: Polissya, 459–464 (in Ukrainian).
24. Herasymenko, Yu. S. (2015). Stalist rozvytku silskoho hospodarstva yak stratehichniy napriam yoho transformatsiinykh zmin [Sustainability of agricultural development as a strategic direction of its transformational changes]. Naukovyi visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu. Seriya: Ekonomika i menedzhment, 13, 97–100 (in Ukrainian).
25. Hlomba, R.A. (1966). Metodyka ekonomichnoi otsinky struktury ploshch ta sivozminy [Methods of economic assessment of the structure of areas and crop rotation], Kyiv (in Ukrainian).
26. Holykova, K.P. (2012). Prodovolcha bezpeka derzhavy: sutnist, struktura ta osoblyvosti yii zabezpechennia [Food security of the state: essence, structure and features of its preservation]. Naukovi pratsi Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Ekonomichni nauky, 2 (22), 408–412 (in Ukrainian).
27. Humeniuk, H.D. (2010). Orhanichne vyrobnytstvo v sviti – istoriia rozvytku ta suchasnyi stan [Organic production in the world – the history of development and current status]. Bioresursy i pryrodokorystuvannia, 3(4), 56–62 (in Ukrainian).
28. Huz, M. M. & Sobchenko, T. S. (2018). Orhanichne zemlerobstvo: problemy ta oriientyry rozvytku v Ukraini [Organic farming: problems and landmarks of development in Ukraine]. Young Scientist, 6 (58), 196–199 (in Ukrainian).
29. Iashchenko, Yu. A. (2014). Teoretychni zasady rozvytku ahrosfery v konteksti stalosti [Theoretical principles of agrosphere development in the context of sustainable development]. Visnyk Chernihivskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu. Seriya: Ekonomichni nauky, 4, 142–145 (in Ukrainian).
30. Informatsiino-analitychnyi portal APK Ukrainy [Information and analytical portal of the AIC of Ukraine] [Electronic resource]. Access mode: <https://agro.me.gov.ua/ua> (in Ukrainian).
31. International Federation of Organic Agriculture Movements (2015). "Organic Standards and Certification". [Electronic resource]. Access mode: http://www.ifoam.org/about_ifoam/standards/index.htm
32. Kachuriner, V. L. (2013). Printsipyi ekologicheskoy politiki Evropeyskogo Soyuzu [Principles of environmental policy of the European Union]. Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskiy pravovoy zhurnal «Legea si Viata», 12(2), 74–80 (in Russian).
33. Kaminskyi, V.F. & Boiko, P.I. (2013). Rol sivozmin u suchasnomu zemlerobstvi [The role of crop rotations in modern agriculture]. Visnyk aharnoi nauky, 6, 5–9 (in Ukrainian).
34. Kapitsa S.P. (1996). Fenomenologicheskaya teoriya rosta naseleniya Zemli [The Phenomenological Theory of Population Growth]. Uspekhi fizicheskikh nauk. T. 166, № 1. 63–80 (in Russian).
35. Khodakivska, O. & Mohylnyi, O. (2018). The Modern State Agricultural Policy of Ukraine: problems of countries with transition economy. Public policy and administration, 4, 526–538.
36. Kirichuk, I.O. & Rykunova, V.L. (2018). Indikatoryi ustoychivogo razvitiya kak pokazateli ekologo-ekonomicheskoy bezopasnosti [Indicators of sustainable development as indicators of environmental and economic security]. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2(77), 94–101 (in Russian).
37. Kholtsler, Z. (2008). Agrarii-revolutsioner [Agrarian revolutionary]. Orel, 176 (in Russian).
38. Kholtsler Z. (2012). Pustynya ili rai [Desert or paradise] – Kiev: Zerno, 344.
39. Klymenko, M.O., Lyko, D.V., Dolzhenchuk, V.I., Krupko, H.D. & Dolzhenchuk, N.V. (2014). Problemy zastosuvannia orhanichnoho zemlerobstva na terytorii Rivnenskoj oblasti [Problems of application of organic farming in Rivne region]. Visnyk NUVHP. Silskohospodarski nauky: zb. nauk. prats. 1(65). Rivne: NUVHP, 3–8 (in Ukrainian).
40. Kovalchuk, S. Ya. & Mulyar, L. V. (2013). Virobnitstvo organichnoyi produktsiyi – agrarna spetsializatsiya Ukrayini na mizhnarodnomu rinku [Production of organic products is Ukraine's agricultural specialization on the international market]. Zbirnik naukovih prats VNAU [Collection of scientific works of VNAU], 3, 80–81 (in Ukrainian).
41. Kysil, V.I. (2000). Biolohichne zemlerobstvo v Ukraini: problemy i perspektyvy [Organic farming in Ukraine: problems and prospects]. Vydavnytstvo Shtrykh, Kharkiv, 161 (in Ukrainian).
42. Laslo, O.O. (2009). Ahroekologichne raionuvannia uhid za rivnem urozhainosti osnovnykh silskohospodarskykh kultur [Agroecological zoning of lands by yield level]. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii, 3, 12–14 (in Ukrainian).
43. Latsheva, V.V. & Klestova, O.S. (2017). Deiaki aspekty priorytetnosti orhanichnoho silskoho hospodarstva v Ukraini [Some aspects of the priority of organic agriculture in Ukraine]. KhVII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Idei akademika V. I. Vernadskoho ta problemy staloho rozvytku osvity i nauky». Kremenchuk: KrNU, 30–31 (in Ukrainian).
44. Lazarieva, O. V. (2015). Rol aharnoho sektora ekonomiky u formuvanni prodovolchoi bezpeky [The role of the agricultural sector of the economy in the formation of food security]. Hlobalni i natsionalni problemy ekonomiky: elektron. fakhove nauk. vyd. Mykolaivskoho nats. un-tu, 4, 722–727 (in Ukrainian).
45. Litvinov, D.V. (2015). Ahrobiolohichni osnovy pidvyshchennia efektyvnosti korotko rotatsiinykh sivozmin Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Agrobiological bases of increase of efficiency of short-rotation crop rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Extended abstract of Doctor's thesis. Druk. «Kompynt», Kyiv (in Ukrainian).
46. Lupenko, Yu. O. (2013). Formuvannia popytu ta propozyzii na rynku orhanichnoi produktsii [Formation of supply and demand in the market of organic products]. Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka. Zhytomyr: «Polissia», 4, 3–9 (in Ukrainian).
47. Martyniuk, A. (2017). Suchasnyi stan vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini [The current state of organic production in Ukraine]. Agricultural and resource economics: international scientific e-journal, 3(4), 109–123 (in Ukrainian).
48. Martyniuk, M.P. (2017). Derzhavne rehuliuвання orhanichnoho vyrobnytstva: stan ta perspektyvy rozvytku [State regulation of organic production: state and prospects of development]. Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka. Zhytomyr. ZhNAEU, 4–10 (in Ukrainian).

49. Meadows, D.H, Meadows, D.L. & Randers, Y. (1994). *Beyond Growth: A Study Guide*. Ed. Progress group, Pan-gea, Moscow, 304.
50. Mokliachuk, L. I. (2020). Perekhid vid tradytsiinoi do ekobezpechnoi orhanichnoi systemy zemlerobstva v umovakh zmin klimatu: vyklyky ta shliakhy vyrishennia [The transition from a traditional to an environmentally friendly system of agriculture in the context of climate change: challenges and solutions]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 2, 100–109 (in Ukrainian).
51. Mokliak, V. Ya., Novokhatko, O. V. & Kozlovska, T. F. (2017). Rozvytok biolohichnykh ahrotekhnolohii v Ukraini [Development of biological agrotechnologies in Ukraine]. *KhVII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Idei akademika V. I. Vernadskoho ta problemy staloho rozvytku osvity i nauky*. Kremenchuk: KrNU, 85–86 (in Ukrainian).
52. Moreau, C. (2013). *The French Organic Sector*, L'Agence BIO, France, [Electronic resource]. Access mode: http://orgprints.org/22345/13/moreau-2013_Bio-fachODN_french_market_AgenceBio.pdf
53. Muller, A., Schader, C., Scialabba, N., Bruggenann, J., Smith, P., Klocke, P. (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature communications*, 1, 1–13.
54. Mykhalko, O.H. (2019). Zabezpechennia natsionalnoi prodovolchoi bezpeky [Ensuring national food security]. *Zhytomyrskiy NAU*, 1–4 (in Ukrainian).
55. Mylovanov, Ye. (2004). Tendentsii rozvytku rynku ukrainskoi orhanichnoi produktsii [Trends in the market of organic Ukrainian products]. *Materialy naukovo-praktychnoho seminaru «Suchasni tendentsii vyrobnytstva ta marketynhu orhanichnoi produktsii»*, Lviv, 37–42 (in Ukrainian).
56. Mylovanov, Ye. V. (2011). Stanovlennia osnovnoi terminolohii v orhanichnomu sektori ahraimoi haluzi [Formation of basic terminology in the organic sector of the agricultural sector]. *Ekonomika APK*, 6, 83–91 (in Ukrainian).
57. Mylovanov, Ye.V. (2018). Naikrashchi svitovi praktyky derzhavnoi pidtrymky orhanichnogo silskohospodarskoho vyrobnytstva ta perspektyvy dlia Ukrainy [World best practices of state support of organic agricultural production and prospects for Ukraine]. *Mekhanizm rehuliuвання ekonomiky*, 2, 14–33 (in Ukrainian).
58. Mylovanov, Ye. V. (2019). Teoretyko-metodychne obgruntuvannia stratehii rozvytku orhanichnogo sektoru v Ukraini [Theoretical and methodological substantiation of the strategy for the development of the organic sector in Ukraine]. *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi*, 4 (1), 119–126 (in Ukrainian).
59. Myrunko, V. & Remizova, N. (2011). Pestytsydy – mina upovilnenoj dii [Pesticides – slow-acting mine]. *Standartyzatsiia. Sertyfikatsiia. Yakist*, 5, 63 – 66 (in Ukrainian).
60. Nemchenko, V. V. (2012). *Prodovolcha bezpeka Ukrainy [Food security of Ukraine]*. Zbirnyk naukovykh prats VNAU, 4, 179–183 (in Ukrainian).
61. Nesterchuk, Ye. V. & Nesterchuk, Ya. A. (2015). Orhanichne vyrobnytstvo yak skladova staloho rozvytku silskohospodarskykh pidpriemstv [Organic production as a component of sustainable development of agricultural enterprises]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnogo universytetu sadivnytstva*, 87(2), 83–89 (in Ukrainian).
62. Oleksienko, A.O. (2012). Vprovadzhennia pryntsyviv i metodiv orhanichnogo zemlerobstva yak stratehichnyi napriam rozvytku fermerskykh gospodarstv Kirovohradskoi oblasti [Introduction of principles and methods of organic farming as a strategic direction of development of farms of Kirovograd region]. *Naukovi pratsi Kirovohradskoho natsionalnogo tekhnichnogo universytetu. Ekonomichni nauky*, 22, 2–3 (in Ukrainian).
63. Onoprienko, V. P. & Klymenko, H. O. (2014). Kontseptsiiia ekolohichnoi bezpeky i “vrazlyvi tochky” biosfery planety [Concepts of environmental security and vulnerabilities of the planet’s biosphere]. *Nauk. chasopys NPU im. Drahomanova*, 17, 102–107 (in Ukrainian).
64. Orekhivskiy, V. (2018). Stanovlennia naukovoї dumky pro orhanichne zemlerobstvo v Ukraini [Formation of scientific thought about organic farming in Ukraine]. *Etnichna istoriia narodiv Yevropy*, 54, 64–68 (in Ukrainian).
65. Organic Federation of Ukraine (2015). [Electronic resource]. Access mode: <http://www.organic.com.ua>
66. Osypov, A. Y. (2019). Perspektyvy razvytyia orhanycheskoho zemledelyia [Prospects for the development of organic farming]. *Zdorove – osnova chelovecheskoho potentsyala: problemy i puty ykh reshenyia*, 2, 948–958 (in Russian).
67. Palamarchuk, A. O., Rubezhnyak, I. G. & Chayka, V. N. (2016). Organicheskoe zemledelie v Ukraine: dostizheniya, problemy i perspektyvy [Organic farming in Ukraine: achievements, problems and prospects]. *Bloresursi I prirodokorystuvannya*, 5, 45–52 (in Russian).
68. Peigné, J., Vian, J., Payet, V. & Saby, N. (2018). Soil fertility after 10 years of conservation tillage in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 175, 194–204.
69. Popko, O. V. (2019). Vazhlyvist hlobalnoi prodovolchoi problemy dlia Ukrainy [Importance of the global food problem for Ukraine]. *Visnyk ZhDTU: Ekonomika, upravlinnia ta administruvannia*, 2 (88), 46–51 (in Ukrainian).
70. Poznyak, S. S. & Romanovskiy, Ch. A. (2009). *Ekologicheskoe zemledelie: monografiya [Ecological agriculture: monograph]*. MGEU im. A.D. Saharova. Minsk, 327 (in Russian).
71. Pysarenko, P.V. & Chaika, T.O. (2014). Yakist gruntiv v orhanichnomu zemlerobstvi [Soil quality in organic farming]. *Dim, sad, horod*, 9, 22–23 (in Ukrainian).
72. Pysarenko, P.V., Horb, O.O., Nevmyvako, T. V. & Holik, Yu.S. (2009). *Osnovy biolohichnogo ta adaptivnogo zemlerobstva [Fundamentals of biological and adaptive agriculture]*. Oriiana, Poltava, 312 (in Ukrainian).
73. Reganold, J. P. & Wachter, J. M. (2016). Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants*, 2, 1–8.
74. Ripple, W, Wolf, C. & Newsome, T. (2017). *World Scientists Warning to Humanity: A Second Notice*. *BioScience*, 12, 1026–1028.
75. Rybalko, L. (2019). Ekotsentryzm yak kontseptualna ideia osvity staloho rozvytku suspilstva [Ecocentrism as a conceptual idea of education for sustainable development of society]. *Naukovyi ta pedahohichnyi suprovod staloho rozvytku: Dyskurs*, Sumy, 141–162 (in Ukrainian).

76. Seitz, S., Goebes, P., Puerta, V., Wittwer, R. & Six, J. (2019). Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agronomy for Sustainable Development*, 39, 1–10.
77. Shlapak, V.O. (2004). Pro vyroshchuvannia ekolohichno chystoi ovochevoi produktsii v Ukraini [About growing ecologically clean vegetable products in Ukraine]. *Materialy naukovykh-praktychnykh seminaru «Suchasni tendentsii vyrobnytstva ta marketynhu orhanichnoi produktsii»*, Lviv, 4, 30–33 (in Ukrainian).
78. Shuvar, I.A. (1998). Naukovi osnovy sivozmin intensyvno-ekolohichnoho zemlerobstva [Scientific bases of crop rotations of intensive ecological agriculture]. *Kameniar*, Lviv (in Ukrainian).
79. Singh, M. (2021). Organic farming for sustainable agriculture. *Indian Journal of Organic Farming*, 1, 1–8
80. Smahlii, O.F., Kardashov, A.T. & Lytvak, P.V. (2006). *Ahroekolohiia: Navch. Posibnyk [Agroecology: a textbook]*. Vyscha osvita, Kyiv (in Ukraine).
81. Smirnova, E.V. & Orleanskaya, E. S. (2012). Ekologicheskii sled kak indikator ustoychivosti razvitiya tsivilizatsii [Ecological footprint as an indicator of the sustainability of the development of civilization]. *Bezopasnost v tehnosfere*, 2, 13–16 (in Russian).
82. Smith, L. G., Kirk, J.D. & Williams, A. (2019). The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods. *Nature communications*, 10(1), 1–10.
83. Sobchuk, V. & Nahorniuk, O. (2010). Ahrosfera ta ii rol u zabrudnenni navkolyshnoho seredovyscha [Agrosphere and its role in environmental pollution]. *Nauk. dopovidi NUBiP*, 1(17), 1–18 (in Ukrainian).
84. Sokol, L.M. & Stefanovska, T.R. (2008). Ekolohichne (orhanichne) zemlerobstvo – skladova staloho silskoho hospodarstva [Organic farming is a component of sustainable agriculture]. *Ekolohichna bezpeka*, 3, 102–109 (in Ukraine).
85. Sozinov, O.O. (2001). Ahrosfera Ukrainy u XXI stolitti [Agrosphere of Ukraine in the 21st century]. *Visnyk NANU*, 10, 3–5 (in Ukrainian).
86. Spicher, J. (2007). Rohstoff für. Zucker und Treibstoff. *Zuckerrübe*, 3, 15–18.
87. Statista. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.statista.com/>
88. Tkachenko, A. S. (2018). Stan ta perspektyvy orhanichnoho silskoho hospodarstva v rehionakh Ukrainy [Status and prospects of organic agriculture in the regions of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 2, 49–54 (in Ukrainian).
89. Tomme, M. F. (1964). *Korma SSSR. Sostav i pitatelnost [Feed of the USSR. Composition and nutrition]*. Kolos, Moskva, 292–370 (in Russian).
90. Trehobchuk, V. (2002). Kontseptsiiia staloho rozvytku dlia Ukrainy [The concept of steel development for Ukraine]. *Visnyk NAN Ukrainy*, 2, 11 – 13 (in Ukrainian).
91. Tsyliuryk, R. A. (2017). Orhanichne zemlerobstvo yak element orhanichnoho silsko-hospodarskoho vyrobnytstva: teoretyko-pravovi zasady [Organic farming as an element of organic agricultural farming]. *Porivnialno-analitychne pravo*, 6, 180–183 (in Ukrainian).
92. Urban, I., Khuber, B. & Dmytrova, K. (2013). Mozhlyvosti derzhavnoi pidtrymky dlia rozvytku orhanichnoho silskoho hospodarstva [Possibility of sovereign support for the development of an organic rural state]. *Dosvid inshykh krain. Kyiv: Doslid. in-t orhan. zemlerobstva (FiBL, Shveitsariia), Bioinstytut (Cheska Respublika)*, 122 (in Ukrainian).
93. Veklych, O.O. (2003). Current status and effectiveness of the economic mechanism of environmental regulation. *Ekonomika Ukrainy*, 10, 7–8.
94. Volinchuk, Yu.V. (2017). Ekolohichniy slid yak indykator staloho rozvytku [Ecological trace as an indicator of steel development]. *Zbirnyk materiliv Kh Vseukrainskoi naukovykh-praktychnoi konferentsii, Odesa*, 256–257 (in Ukrainian).
95. Vovk, V.I. (2004). Sertyfikatsiia orhanichnoho silskoho hospodarstva v Ukraini: suchasnyi stan, perspektyvy, stratehiia na maibutnie [Certification of organic agriculture in Ukraine: current status, prospects, strategies for the future]. *Materialy Mizhnarodnoho seminaru «Orhanichni produkty kharchuvannia»*, Lviv, 3–7 (in Ukrainian).
96. *World Population Review* (2021). [Electronic resource]. Access mode: <https://worldpopulationreview.com/>
97. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Kostohryz, P. V. & Opryshko, V. P. (2014). Basic research in agronomy [Fundamentals of research in agronomy]. *Vynnytsia: PP «TD «Edelweis i K»* (in Ukraine).
98. Yurkevych, Ye.O., Kovalenko, N.P. & Bakuma, A.V. (2011). Ahrobiolohichni osnovy sivozmin Pivdennoho Stepu Ukrainy [Agrobiological bases of crop rotations of the Southern steppe of Ukraine]. *Monohrafiia. Odesa, Odeske vyrobnytstvo «VMV»* (in Ukrainian).
99. *Zakon Ukrainy «Pro derzhavnu pidtrymku silskoho hospodarstva Ukrainy»* [About the state support of agriculture of Ukraine], 2004. [Electronic resource]. Access mode: www.zakon.rada.gov.ua/pls/webproc12id.rtf (in Ukrainian).
100. *Zakon Ukrainy «Pro prodovolchu bezpeku Ukrainy» vid 22 hrudnia 2011 ro-ku № 4227-VI* [Law of Ukraine on Food Security] [Electronic resource]. Access mode: www.zakon.rada.gov.ua/pls/webproc34id.rtf (in Ukrainian).
101. Zelenska, O.O. (2012). Systema prodovolchoi bezpeky: sutnist ta iierarkhichni rivni [Food security system: essence and hierarchies are equal]. *VISNYK ZhDTU*, 1(59), 108–112 (in Ukrainian).
102. Zikeli, S. & Gruber, S. (2017). Reduced tillage and no-till in organic farming systems, Germany – Status quo, potentials and challenges. *Agriculture*, 7(4), 35–51.
103. Zlobin, Yu.A. (1986). *Agrofitocenologiya [Agrophytocenology]*, Harkov, 74–75 (in Russian).
104. Zlobin, Yu.A. (1989). *Ekologiya sel'skohozyaystvennogo proizvodstva [Ecology of agricultural production]*. *Sbornik «Problemy ekologicheskogo vospitaniya naseleniya Sumshhiny»*, Sumy, 47–48 (in Russian).

SUSTAINABLE DEVELOPMENT ECOLOGICALLY ORIENTED AGRICULTURAL PRODUCTION IN THE CONDITIONS OF GLOBALIZATION

Sustainability of human civilization is understood as its development in which economic growth and social progress are not accompanied by environmental degradation and loss of biodiversity. The idea of sustainable development has caused a general response and understanding, because it is comprehensive and determines not only the movement towards awareness of the invariability of the relationship between human society and the environment with its limited resources, but also includes the principle of equality and justice for present and future generations. All the benefits of life. By the end of the twentieth century, the concept of sustainable development had become commonplace and formed the basis of policy and economic development of all countries.

The problems of sustainable development have to be solved in the conditions of globalization of the emerging economy, development of the post-industrial information society and continuous growth of the Earth's population. The main obstacle to controlled sustainable development is the progressive use of natural resources. The agro-industrial complex is a leader in this direction. Increased capacity and territorial expansion combined with increased yields of all crops are determined by demographic processes.

Rapid population growth on the planet combined with the active development of industry and agriculture has led to the development of the global environmental crisis. Intensive agricultural technology has become one of its important sources.

Intensive agricultural technologies lead to a whole range of negative consequences: natural soil fertility decreases, erosion processes develop, the number of earthworms and beneficial microorganisms in the soil decreases, etc. Organic farming is a special modification of traditional agriculture, focused on obtaining biologically safe food products and maximizing fertility preservation soil. In general, organic farming in Ukraine is in a state of progressive development, the number of farms is growing, and the area under crops is increasing. According to the Federation of Organic Movement of Ukraine, as of 2020, the area under organic farming exceeded 400 hectares. The regional aspect is very important for the successful management of organic farming. It determines the selection of varieties, the nature of crop rotation, tillage methods, sowing dates and many other agronomic elements.

Keywords: *organic farming, greening, sustainable development, food security, agri-environmental potential, organic products.*

НАПРЯМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМАХ-ЗАПИЛЮВАЧІВ ДЛЯ БІОІНДИКАЦІЇ СТАНУ ЕКОСИСТЕМ ТА ЗМІН КЛІМАТУ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Лавренко Сергій Олегович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна
ORCID: 0000-0003-3491-1438
lavrenko.sr@gmail.com

Соболь Ольга Михайлівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна
ORCID: 0000-0001-7607-7758
sobolalex1986@gmail.com

Корбич Наталія Миколаївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна
ORCID: 0000-0002-0266-8181
nkorbich1@ukr.net

Кривий Владислав Валерійович

асистент
Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, Україна
ORCID 0000-0001-6050-9923
kvv.tvpt.ksau@gmail.com

В умовах глобальних екологічних змін використання біоіндикаторів для моніторингу стану екосистем набуває популярності завдяки чисельним перевагам організмів – біоіндикаторів. Серед цих організмів одним з найбільш розповсюджених таксонів є комахи (Insecta). При використанні комах для оцінки впливу антропогенних факторів на природне середовище, визначення екологічного стану наземних та водних екосистем у якості критеріїв використовують зміни розмірів, пропорцій, покривів, забарвлення, потворності, особливості онтогенезу, популяційні характеристики.

*Особливо багатогранним є використання у якості біоіндикаторів комах-запилювачів. Вони є важливою складовою біогеоценозів, сприяють природному відтворенню та збагаченню рослинного світу. Одним з найбільш цінних біоіндикаторів стану екосистем серед комах-запилювачів є медоносна бджола (*Apis mellifera* L.), широко розповсюджена в світі. Запилення бджолами ентомофільних культур в умовах України призводить до збільшення врожайності до 30 %, а прибутки від збільшення урожайності значно перевищують вартість всієї продукції бджільництва.*

Використання медоносною бджолою її як біологічного індикатора дає можливість оперувати якості критерія досконало вивченими морфологічними, екологічними та поведінковими характеристиками популяції цього виду, включаючи їх продуктивність, яка залежить від факторів навколишнього середовища. Так, зниження температури повітря, порівняно з оптимальними, впродовж цвітіння ріпаку озимого, незалежно від тривалості перебування його в цій фазі, приводило до зниження виробництва меду до 76 %; бджолоного обніжжя до 56 %.

Окремою перевагою цього виду є відносна стійкість бджолиних сімей до стресових факторів навколишнього середовища, їх здатність накопичувати забруднювачі та стереотипно реагувати на них. Це дозволяє використовувати популяції медоносних бджіл для моніторингу нових загроз, включаючи зміни клімату. Ця проблема особливо актуальна для Півдня України, де в останні десятиліття почастишали жорстокі посухи та істотно підвищилися літні температури, весняний період переходу середньодобової температури повітря через 0° і 15°, скоротився до 2 місяців та характеризується різким наростанням тепла.

*Кліматичні зміни негативно впливають на стан популяцій комах-запилювачів через погіршення їх кормової бази (зменшення біорізноманіття та продуктивності рослин-медоносів); збільшують ризики зникнення цих видів. Фактор змін клімату впливав, зокрема, на показники динаміки чисельності популяцій медоносною бджолою в Україні, за період 2005–2019 років кількість бджолиних сімей зменшилася з 3369,0 тис. до 2633,2 тис. Отже, використання як біологічного індикатора комах-запилювачів на прикладі моніторингу популяцій медоносною бджолою (*Apis mellifera* L.), підтверджує доцільність цього методу вивчення стану елементів екосистем та кліматичних змін.*

***Ключові слова:** моніторинг стану екосистем, організми-біоіндикатори, комахи-запилювачі, кліматичні зміни, медоносна бджола.*

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.11>

Вступ. Біоіндикація – це оцінка стану середовища за допомогою живих об'єктів-індикаторів (клітин, організмів, популяцій, угруповань). За їх допомогою проводиться оцінка як абіотичних факторів (температура, вологість, кислотність, солоність, вміст політантів тощо), так і біотичних (життєва здатність організмів, їх популяцій і угруповань). Біоіндикація базується на спостереженні за складом та чисельністю живих організмів, які належать до видів-індикаторів (Tibcherani, 2018). Живий індикатор, або біоіндикатор – це група особин одного виду або угруповання, за наявності, станом і поведінкою якої/яких проводять оцінку змін у середовищі, у тому числі щодо присутності і концентрації забруднювачів. Такі індикатори мають низку переваг: в умовах хронічних антропогенних впливів вони реагують навіть на відносно слабкі впливи екологічних факторів внаслідок кумулятивного ефекту; дозволяють робити висновки про ступінь шкідливості будь-яких речовин, що синтезуються людиною, як для живої природи, так і для неї самої.; дають можливість контролювати їх вплив на живе та інші. Тварини-біоіндикатори є зручними для використання завдяки ряду особливостей: знаходяться на різних трофічних рівнях екосистем і акумулюють через харчові ланцюги забруднені речовини; мають активний обмін речовин; мають особливі пристосування до умов середовища і чіткі поведінкові реакції; використання для проведення тривалих спостережень тварин з коротким циклом розвитку дозволить прослідкувати вплив чинників на наступні покоління; обрати чутливі тести для тривало живучих тварин відповідно до особливо вразливих етапів онтогенезу (Holt & Miller, 2010). Розрізняють принаймні 3 випадки, коли біоіндикація стає незамінною: 1) чинник може бути вимірним; 2) важко виміряти та 3) легко виміряти, але важко інтерпретувати. Є більш чутливі види, і вони можуть стати ключовими для підтримки екосистем (Esyakova & Voronin, 2020; Józwiak & Józwiak, 2014).

Придатність видів-біоіндикаторів має великий розмах, оскільки чутливість організмів до різних забруднювачів помітно різниться (Cane & Payne, 1988; Fontaine et al., 2006; Guo et al., 2001). Широко використовувани модельні організми є гарними біоіндикаторними видами лише тоді, коли вони поширені в досліджуваному природному середовищі. Біомаркери впливу вказують на те, що вид зазнав впливу токсичної речовини. Відповіді ефект-біомаркерів перетворюються на ефекти екосистеми, якщо вимірний параметр впливає на придатність досліджуваного організму (Nikinmaa, 2014). В цілому, основною метою досліджень біоіндикаторів є визначення видів, які б достовірно вказували на порушення в навколишньому середовищі, а також демонстрували вплив цих порушень на інші види або загальне біорізноманіття. Комахи особливо корисні для оцінки впливу антропогенної діяльності на наземні та водні екосистеми, оскільки вони знаходяться в тісному контакті з токсичними елементами, присутніми в ґрунті, воді та повітрі. Вони чутливі навіть до незначних змін у навколишньому середовищі і можуть використовуватися для моніторингу вмісту різних забруднюючих речовин (Parikh et al., 2021; Amin et al., 2021; Solomon & Rao, 2002; Stone et al., 1999; Stone

et al., 2002; Tandon et al., 2001; Tyrbik, 1993; Heinrich & Raven, 1972).

Сучасна екологічна ситуація характеризується глобальною деградацією природних і скороченням кількості непорушених екосистем, тому питанням використання методів біоіндикації для встановлення впливу антропогенних факторів на природу, визначення екологічного стану наземних і водних екосистем приділяється досить велика увага (Ryndevich et al., 2020; Huang & Guo, 2000; Woodell, 1978; Zhang et al., 2006). Наприклад, жорсткокрилі є найбільшою групою, яка використовується як біоіндикатори забруднення ґрунту та металічних домішок. Види-біоіндикатори листвяного покриву включають мурах, хризомелідних листоїдів та арктиїдних метеликів (Nareem, 2020; Hickman, 1974). У комах можна спостерігати ряд зовнішніх змін на забруднених ділянках: зміни розмірів, пропорцій, покривів, забарвлення, потворності. Наприклад, у ряду попелиць (*Aphidoidea*) чітко вирізняють морфологічні зміни – ширини голови, довжини стегна та гомілки, вусиків, хвостика та сифона, кількості личинок. У особин двокрапкового сонечка (*Adalia bipunctata*) частка чорних форм зазвичай 2–3 %, а в забруднених районах набагато вище; у гусениць соснової п'ядениці (*Bupalus piniaria*) у зоні забруднення сірчистим газом кількість гемоцитів знижується вдвічі, натомість, кількість фагоцитів зростає з 5 до 32 %. Добре розрізняються також показники розмноження. Зазвичай, плодючість падає, але у саранових (*Acrotylus patruelis*, *Aiolopus thalassinus*) під дією хлориду ртуті у цих видів зростає кількість яєць у кладці, однак при дії сечовини (>0,055 г/кг ґрунту) їх кількість зменшується.

У якості критерію також можуть використовуватися особливості онтогенезу. При забрудненні у метеликів знижується частка гусениць, що заляльковуються, і відсоток вильоту імаго; у совки озимої (*Scotia segetum*) при інтоксикації міддю личинкова стадія подовжується, при додаванні хлориду кадмію ($CdCl_2$) – скорочується. Як правило, скорочується і термін життя, але у дроздофілі при додаванні 0,3 % антиоксиданту пропілгаллата термін життя зростає на третину (Wilson et al., 2014; McGeoch, 2014). З урахуванням досить високої експресності та простоти застосування біоіндикації, яка не вимагає залучення фахівців високої кваліфікації для її практичної реалізації, її можна розглядати як найкращу доступну технологію біомоніторингу якості води рекреаційних акваторій, ефективно використовувати для вирішення завдань ранньої діагностики стану прибережних водних екосистем та інформаційною основою для вироблення науково-обґрунтованих природоохоронних управлінських рішень (Kholodkevich et al., 2020).

Отже, саме біоіндикація дозволяє отримати інформацію про біологічні наслідки зміни середовища та зробити лише непрямі висновки про особливості самого фактора. Актуальність біоіндикації обумовлена також простотою, швидкістю та дешевизною визначення якості середовища, а питання оцінки стану навколишнього середовища живими організмами стали дуже важливою галуззю контролю навколишнього природного середовища.

Метою роботи був аналіз та узагальнення відомостей з наукових, публіцистичних джерел і статистичних даних щодо особливостей використання комах для біоіндикації різних середовищ; зокрема, медоносної бджоли (*Apis mellifera* L.). В завдання досліджень входило проаналізувати наукові публікації за наступними напрямками: 1) охарактеризувати сутність й актуальність біоіндикації; особливості використання комах-індикаторів; визначення переваг, напрямків та перспектив використання медоносної бджоли як біологічного індикатору; 2) оцінити значення та перспективи використання медоносної бджоли у якості біоіндикатору стану екосистем у зв'язку із глобальними кліматичними змінами.

Результати. За даним багатьох вчених та наукових установ світу, щорічно чисельність та біорізноманіття запилювачів знижується, що пов'язано з антропогенним впливом людини та інтенсифікації виробництва (Burkle et al., 2013; Marshall & Moonen, 2002; Morandin & Kremen, 2013; Kells et al., 2001; Ollerton et al., 2014; Potts et al., 2009; Robinson & Sutherland, 2002; Goulson et al., 2015; MacDonald & Johnson, 2000).

Асиміляційний апарат живих організмів є дуже надійним інструментом для оцінки повітряного середовища через високу чутливість до забруднюючих речовин і можливість проведення щорічних спостережень. Досить надійною вважається система оцінки аерогенного забруднення за відхиленнями біохімічних показників. Методи біоіндикації також є надійним джерелом для визначення інтегрального показника біосферної сумісності міських територій (Vorobyov et al., 2022). Наприклад, у країнах Європейського Союзу такі дослідження проводяться у рамках Програми осадження важких металів. Відзначено, що після 1995 року вплив місцевих джерел викидів став більш помітним. Порівняно з іншими європейськими країнами, лідируючі позиції серед найбільш забруднених територій Європи щодо свинцю займають країни з порівняно невисоким рівнем економічного розвитку: Румунія, Словаччина, Болгарія, Косово та Україна (рис. 1).

Найбільш промислово розвинені центри цих країн все ще залишаються найбільшими джерелами забруднення (Caruso, 2000; Wyatt, 1981). Просторова структура розподілу районів, найбільш завантажених металами, пов'язана з рудними шахтами та металургійними підприємствами (Karusta et al., 2014; Harmens et al., 2013). Звертає на себе увагу і той факт, що за п'ятирічний проміжок часу більшість країн у різному ступені знизили викиди свинцю, у той час як Румунія та Косово значно підвищили показники забрудненості.

Перспективним напрямком використання біоіндикації є вивчення тих елементів, які зараз переважають у промислових викидах або виникають у результаті збільшення автомобільного руху (Godzik, 2020). Доведено, що методи біоіндикації можуть бути використані в Україні для моніторингу стану атмосферного повітря в зоні впливу міських сміттєзвалищ та для формування баз даних про сміттєзвалища, що дозволить розробити стратегію поводження з ними як об'єктом підвищеної екологічної небезпеки (Malovanu et al., 2021). Оскільки комахи

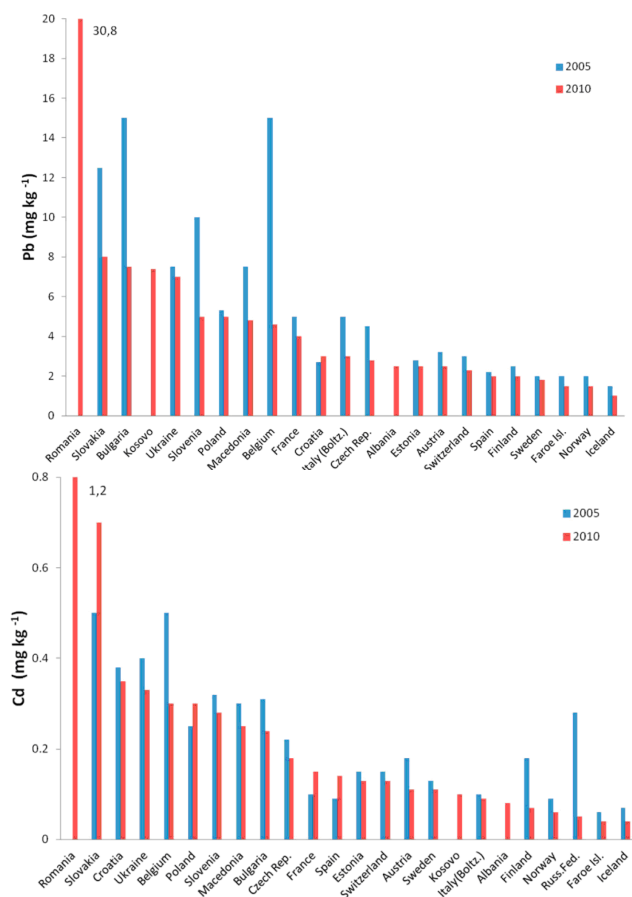


Рис. 1. Порівняння концентрацій свинцю (медіана) та кадмію у країнах Європи (адаптовано з Godzik, 2020).

дуже чутливі до змін навколишнього середовища, вони можуть бути використані як безцінні біоіндикатори для оцінки якості сільськогосподарських полів (Ghazoul, 2006; Goldblatt & Manning, 2000; Harder, 1983; Johnson et al., 2003; Somanathan & Borges, 2001). Результати моніторингу в районі Госан-гун, Чхунчон-Пукто (Південна Корея) показали, що кількість видів, зібраних у місцях, де ведеться органічне землеробство, була більшою за звичайне землеробство як на рисових полях – 573 проти 387 видів, так і на гірських полях – 472 проти 365 видів (Kim et al., 2020).

Використання комах-біоіндикаторів дозволяє оцінювати ефективність компенсації втрати біорізноманіття та підтримки стану екосистеми при відновленні тропічних лісів. Під час оцінки успіху активного відновлення тропічних лісів з використанням гнйових жуків (*Coleoptera: Scarabaeinae*) як біоіндикаторів видовий склад на відновлювальних ділянках чітко просувався до збережених лісів і відхилявся від пасовищ із збільшенням віку відновлення (Dorneles et al., 2014). Не менш ефективним було використання комах для оцінки успішності рекультиваци – повернення екосистеми до її вихідного стану, до порушення її людиною, шляхом відтворення ландшафту.

Дослідження на постгірничих меліоративних територіях в Бінунгані, показали, що мурахи є найбільш корисним потенційним біоіндикатором для оцінки успіху

рекультивації в районах після видобутку корисних копалин (Buchori et al., 2018). Дослідження мурах як біоіндикаторів в умовах бразильської савани показали зміни у видовому багатстві та складі по відношенню до потенційної біоіндикації, визначені як біоіндикатори 167 видів бразильської савани, пов'язані з конкретними місцями існування. Це дозволило скорегувати визначення індикаційних характеристик збережених або деградованих територій (Tibcherani et al., 2018).

Успішним було і використання рівнокрилих (*Heteroptera*) у міському середовищі, оскільки вони мають чітку закономірність реакції на фактори зовнішнього середовища, серед яких найбільш впливовими були світло і вологість (Kunakh & Fedya, 2020).

При використанні в якості біоіндикатора червоноклопа червоного (*Pyrrhocoris apterus*) встановлено, що найбільша концентрація їх спостерігалася у парковій зоні, а також на вулицях із широкими смугами зелених насаджень та незначним автомобільним навантаженням. Встановлено відмінності морфометричних показників клопів як для досліджених міст, так і різних районів м. Запоріжжя (табл. 1).

Найбільша маса та морфометричні показники клопів спостерігалися в м. Рівне, а в межах Запоріжжя на о. Хортиця. За масою тіла комах показники м. Рівне мають статистично значущі відмінності від м. Запоріжжя на 32,1–52,7 %; за довжиною тіла клопів відмінність становить 1,02–14,7 %. Спостерігалася не просто зменшення розмірів клопів унаслідок антропогенного навантаження, а зміна пропорцій їхнього тіла, оскільки за шириною комах жодних відмінностей серед досліджених популяцій не відзначено.

При використанні метода біоіндикації для оцінки якості води визначено різноманітність впливу факторів навколишнього середовища на сезонну чисельність і різноманітність видів-біоіндикаторів, при цьому найважливішими є такі фізичні фактори як температура та інтенсивність світла. Хімічні фактори (вміст розчиненого кисню, рН, солоність, твердість, електропровідність і рівень поживних речовин) є менш важливими. Наприклад, для оцінки стану водосховища Насарава (Нігерія), різноманітність і чисельність біоіндикаторів показала погіршення його стану протягом сухого сезону та дозволила впровадити план сталого управління для збереження екосистеми водойм (Yusuf, 2020).

Забруднення в прісноводних водних об'єктах – це складна система проблем і методів їх вирішення, використання біоіндикації має відповідати складу біоценозів,

параметрам біотопів, класифікація яких може являти собою безперервно єдину систему. Оскільки передові системи біоіндикації базуються на обчисленні індексів забруднення, необхідно приділяти більше уваги розрахунку кількості кожного виду (Varipova, 2017). На прикладі оцінки екологічної цілісності та якості води річки Дамієтта (Єгипет) визначена значущість водних комах як біоіндикаторів, на видове багатство яких впливали характер субстрату, макрофіти та антропогенна діяльність у водному потоці (Mahmoud & Riad, 2020). Здебільшого біоіндикація використовується при оцінці якості води; однак іноді цей метод використовується для оцінки впливу важких металів, водних генотоксинів і токсичності, а також для визначення гідрологічних умов, місць проживання та специфічного забруднення, для чого використовують близько 8,5 тис. видів-біоіндикаторів (табл. 2).

Кожна група організмів як біологічний індикатор має свої переваги та недоліки, які визначають межі її використання при вирішенні задач біоіндикації, проведення біологічних досліджень має свої особливості у стоячих та проточних водоймах.

Біологічне дослідження стоячих водойм, як правило, інтерпретується легше і демонструє чутливість і простоту застосування методів біоіндикації в аналізі водної екосистеми для оцінки стану екосистеми, а також для тимчасової динаміки основних індикативних змінних досліджуваного водного об'єкта. Ці системи біоіндикації можуть бути пов'язані з основними системами класифікації змінних водних екосистем та якості води поверхневих вод (Varipova, 2017). Таким чином, системи біоіндикації відображають основні водні показники на основі організмів, що живуть у водоймі (табл. 3).

З іншого боку, можна припустити, який тип організмів може вижити у водах певної якості, що відображено у класифікації основних параметрів водних екосистем з екологічної точки зору.

Для вивчення накопичення та забруднення важкими металами у ґрунті, повітрі та воді поблизу промислової зони Гуджрат Пенджабу, Пакистан використовувалися як біоіндикатори промислового забруднення бабка-лібеллупід (*Crocothemis servilia*), їдкий коник (*Oxya hyla hyla*) та німфалідний метелик (*Danaus chrysippus*). Найвищим було накопичення Cd у комах, потім Cu, Cr, Zn та Ni. Порівняно з *Odonata* і *Lepidoptera* відносно вищі концентрації металів були виявлені у прямокрилих (Chong et al., 2015).

Конкретизація біоіндикаторів ентомофауни якості водного середовища водно-болотного угіддя Наама (ПВ

Таблиця 1

Морфометричні особливості червоноклопа червоного (*Pyrrhocoris apterus*) у районах з високим та низьким рівнем забрудненості (адаптовано з Korzh, 2013)

Місце збору	Кількість, гол.	Маса, мг	Довжина, мм	Ширина, мм
Райони м. Запоріжжя	–	–	–	–
Заводський	30	29,06 ± 1,00	10,59 ± 0,18	4,09 ± 0,08
Жовтневий	30	24,16 ± 1,19	9,12 ± 0,10	4,06 ± 0,06
Комунарський	30	26,98 ± 1,17	9,54 ± 0,13	4,17 ± 0,09
о. Хортиця	30	34,70 ± 0,48	10,34 ± 0,15	4,10 ± 0,07
м. Рівне	30	51,16 ± 1,01	10,70 ± 0,08	4,68 ± 0,05

Таблиця 2

Основні групи біоіндикаторів та кількість індикаторних таксонів для прісноводних екосистем (адаптовано з Varinova, 2017)

Екологічна група показників	Кількість індикаторних таксонів
Уподобання до середовища проживання (субстрату)	6308
Температура	413
Реофільність (переміщення води) і оксигенація	1953
pH води	2898
Діапазон pH	480
Галобіт (солоність)	2615
Органічне забруднення згідно Ватанабе	764
Зона самоочищення	5644
Індекс сапробності S	5678
Трофічний стан	2440
Тип живлення (автотрофний/гетеротрофний)	491
H ₂ S (сульфіди)	13
Загальна кількість індикаторних таксонів	8475

запахів і орієнтації у просторі. Це заважає збирати їжу, знижує чисельність і кількість бджолиних сімей, що у довгостроковій перспективі може знизити врожайність сільськогосподарських культур і стати причиною продовольчої кризи (Mikheev, 2021; Bargańska et al., 2016; Cresswell et al., 2012; Desneux et al., 2007; Whitehorn et al., 2012; Gill et al., 2012; Palmer et al., 2013).

З 1962 року бджола все частіше використовується для моніторингу забруднення навколишнього середовища – вона діє двома способами: сигналізує або через високі показники смертності про наявність токсичних молекул, або через залишки у меді, пилку та личинках про наявність важких металів, фунгіцидів і гербіцидів, які нешкідливі для цього виду (Celli & Massagnani, 2003). Так, при їх використанні повне забруднення по залишкам пестицидів становило 24 %, а домінуючі пестициди належали до хлорорганічних і фосфорорганічних груп (Asmaa & Abdel Rahman, 2020).

Властивості медоносної бджоли дозволяють проводити довгостроковий моніторинг, картування забруднень у географічній зоні та вивчення градієнтів екотоксикології в просторі та часі, використовувати медоносних бджіл для моніторингу нових загроз, таких як зміна клімату та стійкість до протимікробних препаратів (Tran et al., 2022; McGeoch, 2014; Tennekes & Sánchez-Bayo, 2013; Maxim & van der Sluijs, 2013).

Різноманітні прості, недорогі процедури, які можна застосувати у вуликах медоносних бджіл дозволяють отримувати узагальнюючу інформацію про якість екосистеми у різних масштабах та визначати потенціал системи медоносних бджіл в екологічній біоіндикації (Quigley et al., 2019; Cunningham et al., 2022).

Хоча бджоли, як і інші комахи диверсифікувалися через більш ніж 450 млн років мінливого клімату Землі, швидкі зміни температури та опадів тепер створюють

Таблиця 3

Шкала забруднень за індикаторними таксонами (адаптовано з Varinova, 2017)

Індикаторні таксони	Еколого-біологічна повноцінність, клас якості води, використання
Личинки веснянок, поденок, волохокрилець-ріакофіла	Дуже чиста. Повноцінна. Питне, рекреаційне, рибогосподарське
Плаваючі та повзаючі волохокрильці-нейрекліпсици, виловістки, водяний клоп	Чиста. Повноцінна. Питне, рекреаційне, рибогосподарське, зрошення, технічне
Риучі личинки поденок, волохокрильці, без реакофіли, личинки бабок-пласконіжки та красунь, мошки	Задовільно-чиста. Повноцінна. Питне з очищенням, рекреаційне рибництво, технічне зрошення
Шаровки, дрейсена, личинки бабок, без пласконіжки та красунь, водяний віслик	Забруднена. Неблагополучна. Обмежене рибництво, обмежене зрошення
Маса трубочника, мотіля, щуриків, мокреців	Брудна. Неблагополучна. Технічне
Макробезхребетних немає	Дуже брудна. Неблагополучна. Технічне з очищенням

Алжир) показала, що біорізноманіття включало 51 вид, які належать до 9 порядків, найбільше представлений був ряд-твердокрилик (*Coleoptera*) з 11 видами, далі йшли бабки (*Odonata*) з шістьма видами, лускокрилі (*Lepidoptera*) посідали третє місце (5 видів), за якими йдуть двокрилі (*Diptera*), що включав 3 види. Питоме багатство (51 вид), індекс Шеннона (1,01 біт) точно відзначали ступінь забруднення водно-болотного угіддя та були вірогідними для біомоніторингу екологічної якості вод водно-болотного угіддя (Djamel et al., 2021).

Медоносна бджола (*A. mellifera* L.) – вид, що відповідає вище вказаним критеріям (є типовим для різних умов досліджень; має чисельність у більшості досліджуваних екотопів; мешкає в ареалі досліджень протягом періоду, що дає можливість простежити динаміку популяції та дії різних факторів; надає можливість зручного відбору проб для визначення зміни розмірів, пропорцій, покриттів, забарвлення, потворності, особливості онтогенезу, популяційні характеристики тощо).

Бджола все частіше використовується для моніторингу забруднення навколишнього середовища металами у сільських і міських дослідженнях, а під час перебування бджіл на території, забрудненої важкими металами, вони значною мірою накопичують частину домішок у своєму організмі (Skorbiłowicz et al., 2018).

В організмі бджоли найбільше накопичується хрому і нікелю, а цинку і кобальту дуже мало. Водночас важкі метали не потрапляють в мед, якщо їх вміст не перевищує 30 мг/кг. Масове застосування інсектицидів у сільському господарстві є серйозною загрозою для бджіл та інших запилювачів, наприклад, інсектициди-неонікотиноїди вражають нервову систему, впливають на здатність бджіл до навчання, їх здатність до розпізнавання

нові проблеми, оскільки вони поєднуються з іншими антропогенними стресовими факторами, включаючи перетворення та деградацію земель. Результати сучасних досліджень свідчать про те, що вплив змін клімату на комах може бути значним, навіть порівняно зі змінами у землекористуванні (Christopher et al., 2021; Williams, 1961; Thomson, 2016).

Процеси кліматичної адаптації комах, що сприяють стійкості видів до змін клімату, матимуть першочергове значення для успішного управління біорізноманіттям, ведення сільського господарства та збереження здоров'я людини (Kellermann & van Heerwaarden, 2019).

Багато комах мають складні життєві цикли з різними етапами життя, на кожному з яких вони мають різні екологічні потреби, що впливає на екологічні та еволюційні реакції організмів у відповідь на зміну клімату. Наприклад, на життєвих етапах бражника тютюнового (*Manduca sexta*) спостерігаються різні моделі теплової і водної мінливості, які відрізняються стійкістю до високих температур, а у жовтюхів (*Colias*) личинки різних географічних популяцій і видів пристосовуються до місцевого клімату через відмінності в оптимальних і максимальних температурах для харчування та росту, тоді як дорослі особини адаптуються через відмінності у меланіні крил та інших морфологічних ознаках (Giannini et al., 2017).

Такі особливості комах, зокрема, медоносною бджолою, роблять цей вид виключно привабливим для використання в якості біоіндикатора в умовах України – батьківщини культурного бджільництва та одного з найбільших виробників меду в світі. Продуктивна діяльність бджолиних сімей суттєво впливає на підвищення врожайності плодів і насіння ентомофільних сільськогосподарських культур (Kryvyi & Reuta, 2021; Satti & Bilal, 2012; Vidal, et al., 2010).

Запилення бджолами ентомофільних культур призводить до збільшення врожаю до 30 %. Завдяки перехресному запиленню яблуневих садів число зав'язей збільшується майже у шість разів, при цьому вага яблука зростає до 30 %, а врожайність на 60 %. У Причорноморському соціально-економічному регіоні в 2000 році нараховувалося 4,043 млн бджолиних колоній, у 2018 році лише 3,235 млн, що свідчить про їх значне зменшення (на 17,6 %) (Chmil, 2020). Якщо розглядати у розрізі категорій господарств, то зменшення спостерігалось як у сільськогосподарських підприємствах (на 92 %), так і в особистих селянських господарствах (на 12 %).

Розвиток і спеціалізація бджільництва в Україні сформувалися історично під впливом кліматичних і природних умов. В останні роки спостерігаються глобальні зміни клімату, що мають негативний вплив на розвиток бджіл як в усьому світі, так і в Україні. Порівняно теплі, безсніжні зими з температурними гойдалками від мінусових до плюсових температур вкрай негативно впливають на зимівлю бджіл. Не менш небезпечна і зтяжна холодна весна: бджоли вилітають з вулика при температурі не менше 14 °C, а якщо йде дощ – то взагалі не вилітають, незалежно від температури повітря. Стандартні терміни початку і закінчення медозбору, сам медозбір перерива-

ється раптовими похолоднаннями або тривалою спекою і суховіями (Korbych, 2021).

Наприклад, в умовах Правобережного Лісостепу доведено вплив температури зовнішнього середовища та тривалості періоду цвітіння ріпаку озимого на виробництво товарного меду та бджолиного обніжжя (пилку). За зниження температури повітря від оптимальної (22 °C) впродовж цвітіння ріпаку озимого, незалежно від тривалості перебування його в цій фазі, спостерігалось зниження виробництва меду від 23,8 до 76,2 % та бджолиного обніжжя від 33,3 до 55,5 % (Razanov та інші, 2020).

В цілому, розуміння взаємодії всіх факторів життя має вирішальне значення для прогнозування та управління популяціями запилювачів, а також для забезпечення належних послуг із запилення. Реакція багатьох рослин на екологічні стресові умови обумовлені стерилізацією пилка, і як наслідок, неможливістю отримання репродуктивного матеріалу та нектару. Найбільша роль в цьому відводиться температурі повітря та його вологості (Radović et al., 2020; Beltrán et al., 2019; Lavrenko et al., 2021). В Меріленді (США) для угруповань диких бджіл навесні та влітку/восени температура й опади були важливішими провісниками, ніж особливості ландшафту чи рельєфу. На північному сході США прогнози на майбутнє показують зміну клімату з теплішою зимою, більш інтенсивними опадами взимку та навесні, а також тривалішими вегетаційними сезонами з вищими максимальними температурами. Майже в усіх дослідженнях за цих умов спостерігалась менша чисельністю диких бджіл, що свідчить про те, що у цьому регіоні зміна клімату становить значну загрозу для угруповань диких бджіл (Kammerer et al., 2021).

В Україні в останні десятиліття почастишали посухи й істотно підвищилися літні температури і вже найближчим часом очікується субтропічний клімат. Його основними рисами є зміни у вегетаційному періоді. Так, весняний період буде обмежений стійкими переходами середньодобової температури повітря через 0 °C і 15 °C, коротким, не більше двох місяців, з різким наростанням тепла. Вже зараз у кінці березня середньодобова температура повітря сягає +5 °C, а на початку третьої декади квітня вдень вона перевищує +20 – +24 °C, а ґрунт на глибині 10 см прогрівається до 8–10 °C.

Літній період настає у кінці першої – середині другої декад травня, літо звичайно жарке, посушливе, його тривалість приблизно 5 місяців. Такі зміни клімату збільшують ризики зникнення видів комах, оскільки температура й кількість опадів починають перевищувати історично спостережувані допуски допустимі значення для видів комах. В Північній Америці та Європі зростання температури призвели до повсюдного скорочення видів джмелів, у напівзасушливому регіоні північно-східної Бразилії, де основним місцевим запилювачем дикорослих і сільськогосподарських рослин, які також використовуються для виробництва меду, популяціям безжалі бджоли (*Melipona subnitida* Duce) загрожують зміни клімату, внаслідок чого виникає проблема пошуку безжалі бджолами кліматично придатних місць проживання (Sarro et al., 2021; Zhuykov et al., 2020).

Динаміка кількості бджолиних сімей, тис. (за Ovdienko et al., 2020)

Показник	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Бджолині сім'ї, тис., всього	2849,3	3369,0	2921,5	2590,0	2487,1	2642,2	2601,0	2633,2
За категоріями господарств								
Підприємства	334,0	184,3	95,4	49,9	47,1	43,6	48,2	40,7
у т. ч. фермерські господарства	7,2	10,0	8,8	5,6	5,3	5,1	5,0	4,6
Господарства населення	2515,3	3184,7	2826,1	2540,1	2440,0	2598,6	2552,8	2592,5

В основі зниження кількості комах-запилювачів через зміну клімату, як правило, знаходиться інтерактивний вплив температурного та водного стресу на кількість і якість квіткового нектару та ресурсів пилку. При підвищенні температури (+ 3 і + 6 °C) та водного стресу (вологість ґрунту нижче 15 %) при запиленні огірочника лікарського (*Borago officinalis* L.) об'єм нектару зменшувався як при підвищенні температури, так і при водному стресі (6,1 ± 0,5 мкл на квітку в контрольних умовах, 0,8 ± 0,1 мкл на квітку в умовах високої температури та водного стресу), що призвело до зменшення загальної кількості цукрів нектару на 60 %. Підвищення температури без водного стресу викликало зниження ваги пилку на квітку на 50 %, але збільшення концентрації поліпептиду пилку на 65 % (Descamps et al., 2021). Означені умови змін клімату впливають і на популяційні показники бджіл в Україні, найбільша кількість була зафіксована у 2005 році 3369 тис. сімей, через п'ять років їх кількість зменшилася на 447,5 тис. сімей, що становило 13,3 % (Ovdienko et al., 2020). Зменшення кількості сімей спостерігалось протягом наступних шести років (у 2015 році на 23,1 %, у 2016 на 26,3%, порівняно із 2005 роком) (табл. 4).

У 2018 році українські бджолярі втратили не менше 120 млн грн. через загибель близько 40 тис. бджолиних сімей в результаті отруєння пестицидами. Останніми трьома роками (2017–2019 роки) спостерігається змен-

шення бджолиних сімей із 6,2 до 5,9 %, порівняно із 2016 роком.

Висновки. Біоіндикація – оцінка стану середовища за допомогою живих об'єктів-індикаторів дозволяє з високою вірогідністю проводити оцінку змін навколишнього середовища під впливом як абіотичних, так і біотичних факторів. Використання організмів-біоіндикаторів у багатьох випадках є незамінним, але придатність видів як біоіндикаторів має великий розмах. Особливою увагою у якості біоіндикаторів користуються комахи (Insecta), які є зручними об'єктами досліджень та мають різноманітні критерії біоіндикації (зміни розмірів, пропорцій, покривів, забарвлення, потворності, особливості онтогенезу, популяційні характеристики).

Серед них особливу роль відіграють комахи-запилювачі, які безпосередньо беруть участь у відтворенні та видовому збагаченні фітоценозу, що надає можливість використовувати їх популяції для моніторингу впливів кліматичних змін на екосистеми.

Одним з найбільш цінних видів-біоіндикаторів серед цих комах є медоносна бджола (*Apis mellifera* L.), яка завдяки своїм морфологічним, екологічним та поведінковим особливостям має велике значення як модельна система біологічної реакції на кліматичні зміни, що доведено на прикладі досліджень популяцій цього виду в умовах Херсонської області.

Бібліографічні посилання:

- Amin, Md.R., Nahid, S. & Suh S. Jae (2021). Pollinating insects for bioindication of the ecosystem. *Agricultural Science Digest*. Vol. 41. Iss. 4. P. 615-619. doi: 10.18805/ag. D-290
- Asmaa E., & Abdel Rahman, T. (2020). Assessment of pesticide Residues in honey and their prospective Risk to Consumers in Egypt. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute*, 3. 1028–1034. https://www.researchgate.net/publication/354611121_Assessment_of_pesticide_Residues_in_honey_and_their_prospective_Risk_to_Consumers_in_Egypt
- Bargańska, Z., Ślebioda M., & Namieśnik, J. (2016) Honey bees and their products: Bioindicators of environmental contamination, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46:3, 235–248. doi: 10.1080/10643389.2015.1078220
- Barinova, S. (2017). How to Align and Unify the Cell Counting of Organisms for Bioindication. *International Journal of Environmental Sciences*. 2(2): 555–585. doi: 10.19080/IJESNR.2017.02.555585
- Barinova, S. (2017). Essential and Practical Bioindication Methods and Systems for the Water Quality Assessment. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*; 2(3): 555–588. doi: 10.19080/IJESNR.2017.02.555588.08
- Beltrán, R., Valls, A., Cebrián, N., Zornoza, C., García Breijo, F., Reig Armiñana, J., Garmendia, A. & Merle H. (2019). Effect of temperature on pollen germination for several Rosaceae species: influence of freezing conservation time on germination patterns. *Peer J* 7: e8195 <https://doi.org/10.7717/peerj.8195>
- Buchori, D., Rizali, A., Rahayu, G.A., & Mansur, I. (2018). Insect diversity in post-mining areas: Investigating their potential role as bioindicator of reclamation success. *Biodiversitas* 19: 1696–1702. doi:10.13057/biodiv/d190515
- Burkle, L.A., Marlin, J.C. & Knight, T.M. (2013). Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function. *Science*. 339. P. 1611–1615.
- Cane, J.H. & Panye, J.A. (1988). Foraging ecology of the bee *Habropoda laboriosa* (Hymenoptera: Anthophoridae), an oligocele of blueberries (Ericaceae: Vaccinium) in the southeastern United States. *Annals of the Entomological Society of America*. 81. P. 419–427.

10. Caruso, C.M. (2000). Competition for pollination influences selection on floral traits of *Ipomopsis aggregate*. *Evolution*. 54. P. 1546–1557.
11. Celli, G., & Maccagnani, B. (2003). Honey bees as bioindicators of environmental pollution., *Bulletin of Insectology*, 137–139. Access mode: <https://cutt.ly/2OYHk98>
12. Chmil, A.S. (2020). Analiz stanu ta tendentsii rozvytku haluzi bdzhilnytstva Prychornomorskoho rehionu. Prychornomorski ekonomichni studii [Analysis of the state and trends in the development of the beekeeping industry of the Black Sea region]. *Prychornomorski ekonomichni studii*, 51, 172–175. doi: 10.32843/bses.51-27.
13. Chong, T., Azam J., Afsheen I., Zia S., Javed A., Saeed M., Sarwar, R., Kaleem M. (2015). Evaluating Insects as Bioindicators of Heavy Metal Contamination and Accumulation near Industrial Area of Gujrat, Pakistan. 2015. doi: 10.1155/2015/942751
14. Christopher, A.H., Shapiro, A.M., Jame, A.F., Nice, C.C., James, H.T., David, P.W., & Matthew L.F. (2021). Insects and recent climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118 (2) e2002543117; doi: 10.1073/pnas.2002543117
15. Cresswell, J.E., Page, C.J., Uygun, M.B., Holmbergh, M., Li, Y. & Wheeler, J.G. (2012). Differential sensitivity of honey bees and bumble bees to a dietary insecticide (imidacloprid). *Zoology (Jena)*, 115, 365–71. doi: 10.1016/j.zool.2012.05.003
16. Cunningham, M.M., Tran, L., McKee, C.G., Polo, R.O., Newman, T., Lansing, L., Griffiths, J.S., Bilodeau, G.J., Rott, M.I. & Guarna, M.M. (2022). Honey bees as biomonitors of environmental contaminants, pathogens, and climate change. *Ecological Indicators*, 134, doi: 10.1016/j.ecolind.2021.108457.
17. Descamps, Ch., Quinet, M., & Jacquemart, A.L. (2021). Climate Change–Induced Stress Reduce Quantity and Alter Composition of Nectar and Pollen from a Bee-Pollinated Species (*Borago officinalis*, Boraginaceae). *Frontiers in Plant Science*, 12, e. 755843. doi: 10.3389/fpls.2021.755843
18. Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu Rev Entomol*. 52. P. 81–106. doi: 10.1146/annurev.ento.52.110405.091440
19. Djamel, B., Abdelkader, R., Abdelghani, B., & Lotfi, M. (2021). Evaluating Insects as Bioindicators of the Wetland Environment Quality (Arid Region of Algeria). In D. E. Cano, D. R. Quinto, D. A. Cano, & D. C. Maria (Eds.), *Vegetation Index and Dynamics*. Intech Open. doi: org/10.5772/intechopen.97700
20. Dorneles, A., Louzada, J., & Comita, L. (2014). Dung beetles as indicators of tropical forest restoration success: Is it possible to recover species and functional diversity? *Biological Conservation*. 169, 248–257. doi:10.1016/j.biocon.2013.11.023
21. Esyakova, O. A., & Voronin, V. M. (2020). Bioindication methods in environmental engineering. *OP Conference Series: Materials Science and Engineering: Volume 862, Chemical, Ecological and Power Engineering*. doi: 10.1088/1757-899X/862/6/062009
22. Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J. & Loreau, M. (2006). Functional diversity of plant–pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS Biology*, 4, 129–135.
23. Ghazoul, J. (2006). Floral diversity and the facilitation of pollination. *Journal of Ecology*. 94. P. 295–304.
24. Giannini, T. C., Maia-Silva, C., Acosta, A. L., Celso F. Martins, F. C. V. Zanella, C. A. L. Carvalho, M. H., Saraiva A. M., Siqueira J. O. & Vera L. I. F. (2017). Protecting a managed bee pollinator against climate change: strategies for an area with extreme climatic conditions and socioeconomic vulnerability. *Apidologie*, 48, 784–794. doi: 10.1007/s13592-017-0523-5
25. Gill, R.J., Ramos-Rodriguez, O. & Raine, N.E. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature*, 491, 105–108. <http://dx.doi.org/10.1038/nature11585>
26. Godzik, B. (2020) Use of Bioindication Methods in National, Regional and Local Monitoring in Poland-Changes in the Air Pollution Level over Several Decades. *Atmosphere*, 11, 143. doi:10.3390/atmos11020143
27. Goldblatt, P. & Manning, J.C. (2000). The long-proboscid fly pollination system in southern Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 87, 146–170.
28. Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C. & Rotheray, E.L. (2015). Beedeclines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*. 347. 1255957.
29. Guo, B.S., Yang, J.M. & Xu, Y.B. (2001). Problems and research advance of the pollination insects. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*. 14(4), 102–108.
30. Harder, L.D. (1983). Flower handling efficiency of bumble bees: morphological aspects of probing time. *Oecologia*, 57, 274–280.
31. Hareem, S. (2020). Terrestrial Insects as Bioindicators of Environmental Pollution: A Review. *University of Wah Journal of Science and Technology (UWJST)*, 4, 21–25. <https://uwjst.org.pk/index.php/uwjst/article/view/39>
32. Harmens, H.; Norris, D., & Mills, G.(2013). Heavy Metals and Nitrogen in Mosses: Spatial Patterns in 2010/2011 and Long-Term Temporal Trends in Europe; Centre for Ecology & Hydrology: Bangor, UK, 2013; <https://www.researchgate.net/profile/Trajce-Stafilov/publication/inlnk.ru/ZDz KM.pdf>
33. Heinrich, B. & Raven, P.H. (1972). Energetics and pollination ecology. *Science*. 176, 597–602.
34. Hickman, J.C. (1974). Pollination by ants: a low-energy system. *Science*. 184, 1290–1292.
35. Holt, E. A., & Miller, S. W. (2010). Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 8. Access mode: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/bioindicators-using-organisms-to-measure-environmental-impacts-16821310/>
36. Huang, S.Q. & Guo, Y.H. (2000). New advances in pollination biology. *Chinese Science Bulletin*. 45, 225–237.
37. Johnson, SD, Peter, C.I., Nilsson, L.A. & Agren, J. (2003). Pollination success in a deceptive orchid is enhanced by co-occurring rewarding magnet plants. *Ecology*. 84, 2919–2927.

38. Józwiak, M. A. & Józwiak, M. (2014). Bioindication as challenge in modern environmental Protection. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 21 (4), 577–591. doi: 10.1515/eces-2014-0041
39. Kammerer, M., Goslee, S. C., Douglas, M. R., Tooker, J. F. and Grozinger, C. M. (2021). Wild bees as winners and losers: Relative impacts of landscape composition, quality, and climate. *Global Change Biology*, 27, 1250–1265. doi: 10.1111/gcb.15485
40. Kapusta, P., Szarek-Łukaszewska, G., & Godzik, B. (2014). Present and Past Deposition of Heavy Metals in Poland as Determined by Moss Monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(6), 2047–2053. doi:10.15244/pjoes/27812
41. Kellermann, V., & van Heerwaarden, B. (2019). Terrestrial insects and climate change: adaptive responses in key traits. *Physiological Entomology*, 44(2), 99–115. doi: 10.1111/phen.12282
42. Kells, A.R., Holland, J.M. & Goulson, D. (2001). The value of uncropped field margins for foraging bumblebees. *Journal of Insect Conservation*. 5. P. 283–291.
43. Kholodkevich, S. V., Kuznetsova, T. V., Kirin, M. P., Smirnov I. S., Rudakova O. A., Lyubimtsev V. A., Manvelova A. B., Susloparova O. N., Perelygin V. V., & Sakharova O. A. (2020) Bioindication of the ecological state (health) of coastal waters based on the use of automatic bioelectronic systems. *Pharmacy Formulas*, 2(3), 64–73. doi: 10.17816/phf46438
44. Kim, H., Sun, Y., Kim, T.-Y. & Moon, M.-J. (2020). Biodiversity monitoring for selection of insect and spider bioindicators at local organic agricultural habitats in South Korea. *Entomological Research*, 50, 493–505. doi: 10.1111/1748-5967.12469
45. Korbych, N.M. Vplyv zminy klimatu na rozvytok haluzi bdzhilnytstva [Impact of climate change on the development of the beekeeping industry]. *Ekolohichni problemy navkolyshnoho seredovyscha ta ratsionalnoho pryrodokorystuvannia v konteksti staloho rozvytku : materialy IV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii do dnia pamiaty doktora silskohospodarskykh nauk, profesora Pylypenka Yurii Volodymyrovycha, October 21-22, 2021, Kherson, 2021, 141–143. Access mode: <http://dSPACE.ksau.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/7731/>*
46. Korzh, A. P. (2013). *Pyrrhocoris apterus* as a bioindicator of the environmental state. *The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series: biology*, 17(1056), 110–114.
47. Kryvyi, V. & Reuta, N. (2011). *Ekolohichni aspekty pidvyshchennia vrozhaivosti entomofilnykh kultur z vykorystanniam peretynchastokrylykh komakh [Ecological aspects of increasing the yield of entomophilic crops using hymenoptera insects]. Stan ta perspektyvy vyrobnytstva, pererobky i vykorystannia produktiv tvarynnytstva: materialy VIII mizhnarodnoi naukovo konferentsii studentskoi ta uchnivskoi molodi, Kamyanets-Podilsky, November 23, 2021 Podolsky DATU. <http://dSPACE.ksau.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/7286/>*
48. Kryvyi, V. V. (2021). *Vykorystannia komakh porody ruda osmiia, yak pryrodnoho opyliuvacha sadiv v umovakh fermerskykh hospodarstvakh [Use of ore insects Osmiya as a natural pollinator of gardens in farms]. Suchasna nauka: stan ta perspektyvy rozvytku: materialy IV Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh z nahody Dnia pratsivnyka silskoho hospodarstva (Kherson, November 17, 2021). Kherson, 168–169.*
49. Kunakh, O. M., & Fedyay, I. O. (2020). Are Heteroptera communities able to be bioindicators of urban environments? *Biosystems Diversity*. 28, 2. doi: 10.15421/012025
50. Lavrenko, S. O., Lavrenko, N.M., Maksymov, D. O., Maksymov, M. V., Didenko, N. O. & Islam, K. R. (2021). Variable tillage depth and chemical fertilization impact on irrigated common beans and soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 212, August 2021, 105024.
51. MacDonald, D.W. & Johnson, P.J. (2000). Farmers and the custody of the countryside: trends in loss and conservation of non-productive habitats 1981-1998. *Biological Conservation*. 94. P. 221–234.
52. Mahmoud, A. M., & Riad, A. S., (2020). Ecological studies on some aquatic insects in the Damietta branch, River Nile of Egypt as bioindicators of pollution. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(4), 57–76. doi: 10.21608/ejabf.2020.95322
53. Malovanyy, M., Korbut, M., Davydova, I., & Tymchuk, I. (2021). Monitoring of the Influence of Landfills on the Atmospheric Air Using Bioindication Methods on the Example of the Zhytomyr Landfill, Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 36–49. doi:10.12911/22998993/137446
54. Marshall, E.J.P. & Moonen, A.C. (2002). Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 89. P. 5–21.
55. Maxim, L. & van der Sluijs, J.P. (2013). Seed-dressing systemic insecticides and honeybees. In: European Environment Agency, ed. *Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation*. 1. Copenhagen: European Environment Agency (EEA),. P. 401–438. <http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2/late-lessons-chapters/late-lessons-ii-chapter-16/view>
56. McGeoch, M. A. (2014) *Insects and bioindication: theory and progress*. 128-144. /McGeoch, M. A. *Insect conservation biology*. Edited by Stewart, A. J. A., New, T. R., Lewis, O. T. Centre for Invasion Biology, Department of Conservation Ecology and Entomology, University of Stellenbosch, Matieland, South Africa. doi: 10.1079/9781845932541.0144
57. Mikheev, A. O. *Bdzholy yak indykatory chystoty dovkillia [Bees as indicators of environmental cleanliness]* Bukovynskyi derzhavnyi medychnyi universytet, 20.05.2021. <https://www.bsmu.edu.ua/blog/bdzholy-yak-indykatory-chystoty-dovkillia/>
58. Morandin, L.A. & Kremen, C. (2013). Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Ecological Applications*. 23. P. 829–839.
59. Nikinmaa, M. (2014). *Bioindicators and Biomarkers. An Introduction to Aquatic Toxicology*, Academic Press, Oxford. 147–155. doi: 10.1016/B978-0-12-411574-3.00012-8
60. Ollerton, J., Erenler, H., Edwards, M. & Crockett, R. (2014). Extinctions of aculeate pollinators in Britain and the role of large-scale agricultural changes. *Science*. 346. P. 360–362.

61. Ovdienko, A. M., Ovdienko, K. T., & Korbych, N. M. (2020). Bdzhilnytstvo Ukrainy: vyrobnytstvo ta eksport [Beekeeping of Ukraine: production and export] Tavriyskiy naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky, 116(2), 123–129. doi: 10.32851/2226-0099.2020.116.2.18
62. Palmer, M.J., Moffat, C., Saranzewa, N., Harvey, J., Wright, G.A. & Connolly, C.N. (2013). Cholinergic pesticides cause mushroom body neuronal inactivation in honeybees. *Nat Commun.* 4. 1634. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms2648>
63. Parikh, G., Rawtani, D., & Khatri N. (2021) Insects as an Indicator for Environmental Pollution, *Environmental Claims Journal*, 33(2), 161–181, doi: 10.1080/10406026.2020.1780698
64. Potts, S.G., Roberts, S.P.M. & Dean, R. (2009). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research.* 49. P. 15–22.
65. Quigley, T. P., Amdam, G. V., & Harwood, G. H. (2019). Honey bees as bioindicators of changing global agricultural landscapes. *Current Opinion in Insect Science*, 35, 132–137. doi: 10.1016/j.cois.2019.08.012
66. Radović, A., Nikolić, D., Cerović, R., Milatović, D., Rakonjac, V. and Bakić, I. (2020). The effect of temperature on pollen germination and pollen tube growth of quince cultivars. *Acta Hort.* 1289, 67–72.
67. Razanov, S. F., Nedashkivsky, V. M., & Verheli, S. I. (2020). Vplyv temperaturnykh parametriv i tryvalosti tsvitinnia ripaku ozymoho na produktyvnist bdzholynykh simei [The influence of temperature parameters and the duration of flowering of winter rape on the productivity of bee colonies] *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva: zb. nauk. prats. Bila Tserkva*, 2, 97–102. doi: 10.33245/2310-9289-2020-158-2-97-102
68. Robinson, R.A. & Sutherland, W.J. (2002). Post-war changes in arable farming and biodiversity in great Britain. *Journal of Applied Ecology.* 39, 157–176.
69. Ryndevich, S. K., Lukashuk, A. O., Zemoglyadchuk, A. V., Tokarchuk, O. V. & Baitchorov, V. M. (2020). Nasekomye bioindikatory (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) i kriterii nenarushennykh vodnykh jekosistem Belarusi [Insects-Bioindicators (Insecta: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Coleoptera, Megaloptera, Trichoptera) And Criteria For Intact Of Water Ecosystems Of Belarus] *Vestn. BarGU. Ser. Biologicheskie nauki. Sel'skokhozyaystvennyye nauki.*, 8, 99–117. Access mode: <http://rep.brsu.by:80/handle/123456789/6736>
70. Sarro, E., Penglin Sun, K., Mauck Damaris, R.-A., Naoki, Y. S., & Hollis, W. (2021). An organizing feature of bumble bee life history: worker emergence promotes queen reproduction and survival in young nests, *Conservation Physiology*, 9, 1, 685–688. doi:10.1093/conphys/coab047
71. Satti, A.A. & Bilal, N.A. (2012). The major predators associated with lucerne crop at El-Gorair scheme in Northern Sudan. *International Journal of Science Innovations and Discoveries.* 2. 567–572.
72. Skorbilowicz E., Skorbilowicz M., & Cieśluk, I. (2018). Bees as Bioindicators of Environmental Pollution with Metals in an Urban Area. *Journal of Ecological Engineering.* 19(3), 229–234. doi:10.12911/22998993/85738
73. Sobol, O. M. Klimatychni zminy ta problemy vedennia koniarstva v umovakh pivdnia Ukrainy na prykladi Khersonskoi oblasti [Climatic changes and problems of horse breeding in the south of Ukraine on the example of Kherson region] *Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vykylyk dlia ahrarynoy nauky ta osvity: zbirnyk tez IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Kyiv, April 21, 2021)*, 59–62. <http://dspace.ksau.kherson.ua/handle/123456789/6276>
74. Solomon, R.A.J. & Rao, P.S. (2002). Pollination Ecology and Fruiting behaviour in *Acacia sinuate* (Lour.) Merr. (Mimosaceae) a valuable non-timber forest plant species. *Current Science.* 82(12). 1466–1471.
75. Somanathan, H. & Borges, R.M. (2001). Nocturnal pollination by the carpenter bee *Xylocopa tenuiscapa* (Apida) and the effect of floral display on fruit set of *Heterophragma quadriloculare* (Bignoniaceae) in India. *Biotropica.* 33. P. 78-89.
76. Stone, G.N., Raine, N.E., Prescott, M. & Willmer, P.G. (2002). Pollination ecology of Acacias (Fabaceae, Mimosoideae). *Australian Systematic Botany.* 16. 103–118.
77. Stone, G.N., Wilmer, P.G., Rowe, J.A., Nyundo, B. & Abdallah, R. (1999). The pollination ecology of Mkomazi Acacia species. In 'Mkomazi, the ecology, biodiversity and conservation of a Tanzanian savanna'. (Eds MJ Coe, N McWilliam, GN Stone, M Packer). P. 337–360. (The Royal Geographical Society: London).
78. Tandon, R., Shivanna, K.R. & Ram, M.H.Y. (2001). Pollination biology and breeding system of *Acacia Senegal*. *Botanical J. Linnean Society.* 135. 251–262.
79. Tennekes, HA & Sánchez-Bayo, F. (2013). The molecular basis of simple relationships between exposure concentration and toxic effects with time. *Toxicology.* 309. P. 39–51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tox.2013.04.007>
80. Thomson, D.M. (2016). Local bumble bee decline linked to recovery of honey bees, drought effects on floral resources. *Ecology Letters.* 19. 1247–1255.
81. Tibcherani, M., Nacagava, V. A. F., Aranda, R., & Mello, R. L. (2018). Review of Ants (Hymenoptera: Formicidae) as bioindicators in the Brazilian Savanna. *Sociobiology*, 65(2), 112–129. doi: 10.13102/sociobiology.v65i2.2048
82. Tran, L., McKee, Ch. G., Ortega Polo, R., Newman, T., Lansing, L., Griffiths, J. S., Bilodeau, G. J., Rott, M., & Guarna, M. M. (2022). Honey bees as biomonitors of environmental contaminants, pathogens, and climate change. *Ecological Indicators*, 134. doi: 10.1016/j.ecolind.2021.108457
83. Tyrbik, K. (1993). Pollination, breeding system and seed abortion in some African *Acacia* species. *Botanic. J. Linnean Society.* 112. 107–137.
84. Vidal, M.G., Dejon, D., Wien, H.C. & Morse, R.A. (2010). Pollination and fruit set in pumpkin (*Cucurbita pepo*) by honey bees. *Review of Brasil Botany.* 33, 107–113.
85. Vorobyov, N., Bakaeva, T., Poturaeva, D., & Kozlov T. (2022). The determination of the integral biosphere compatibility indicator of urban areas by bioindication's methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 698, 7. doi:10.1088/1757-899X/698/7/077055

86. Whitehorn, P.R., O'Connor, S., Wackers, F.L. & Goulson, D. (2012). Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science*. 336. 351–352. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1215025>
87. Williams, C.B. (1961). Studies in the effect of weather conditions on the activity and abundance of insect populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 244. P. 331–378.
88. Wilson, R. J., Davies, Z. G. & Thomas, C. D. (2014) Insects and climate change: processes, patterns and implications for conservation. 227-245. /McGeoch, M. A. *Insect conservation biology*. Edited by Stewart, A. J. A., New, T. R., Lewis, O. T. Centre for Invasion Biology, Department of Conservation Ecology and Entomology, University of Stellenbosch, Matieland, South Africa. DOI 10.1079/9781845932541.0144
89. Woodell, S.R.J. (1978). Directionality in bumblebees in relation to environmental factors. In: *The Pollination of Flowers by Insects* (ed. Richards AJ), P. 31–39. Academic Press, London.
90. Wyatt, R. (1981). The reproductive biology of *Asclepias tuberosa*. II. Factors determining fruit-set. *New Phytologist*. 86. P. 375–385.
91. Yusuf, Z. H. (2020). Phytoplankton as bioindicators of water quality in Nasarawa reservoir, Katsina State Nigeria. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 32, e4. doi:10.1590/S2179-975X3319
92. Zhang, T.F., Duan, Y.W. & Liu, J.Q. (2006). Pollination ecology of *Aconitum gymnantrum* (Ranunculaceae) at two sites with different altitudes. *Acta Phytotaxonomica Sinica*. 44. P. 362–370.
93. Zhuykov, O., Burdiug, O., Ushkarenko, V., Lavrenko, S. & Lavrenko, N. (2020). Photosynthetic activity and productivity of sunflower hybrids in organic and traditional cultivation technologies. *AgroLife Scientific Journal*. Journal, 9(1), 374-381. P. 374-381.

Lavrenko S. O., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Kherson State agrarian and economic University, Kherson, Ukraine

Sobol O. M., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, State agrarian and economic University, Kherson, Ukraine

Korbych N. M., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, State agrarian and economic University, Kherson, Ukraine

Kryvyi V. V., Assistant, State agrarian and economic University, Kherson, Ukraine

Directions and prospects for the use of pollinating insects for bioindication of the ecosystems and climate change situation under the south of Ukraine conditions

Under the global environmental changes, the use of bioindicators to monitor the state of ecosystems is gaining popularity due to the numerous advantages of organisms – bioindicators. Among these organisms, one of the most common taxa is Insects (Insecta). When insects are using for the impact of anthropogenic factors on the environment the determination of the ecological status of terrestrial and aquatic ecosystems is used. changes in size, proportions, coverings, color, ugliness, features of ontogenesis, population characteristics are using as criteria.

*The use of pollinating insects as bioindicators is especially multifaceted. Its are an important component of biogeocenoses, contribute to the natural reproduction and enrichment of flora. One of the most valuable bioindicators of the ecosystem state among pollinating insects is the honey bee (*Apis mellifera* L.), widespread in the world. Bee pollination of entomophytic crops in Ukraine leads to an increase in yield of up to 30%, and profits from increased yields significantly exceed the cost of all beekeeping products.*

The use of honey bees as a biological indicator allows to use as a criterion well-studied morphological, ecological and behavioral characteristic of the honey bee populations, including their productivity. Thus, with a decrease in air temperature compared to optimal, during the flowering of winter oilseed rape, regardless of the length of its stay in this phase, there was a decrease in honey production from 23.8 to 76.2% and bee pollen – from 33.3 to 55.5%.

A particular advantage of this species is the relative resistance of bee colonies to environmental stressors, their ability to accumulate pollutants and stereotypically respond to them. This allows the use of honey bee populations to monitor new threats, including climate changes, which is especially true in Southern Ukraine, where severe droughts have become more frequent in recent decades and summer temperatures have risen significantly. The spring period of the average daily air temperature transition through 0° and 15,0° and 15°C, decreased to 2 months and was characterized by a sharp increase in heat.

*Climate change has a negative impact on the state of pollinator insect populations due to the deterioration of their forage base (reduction of biodiversity and productivity of honey plants); increase the risk of extinction of these species. The climate change factor, in particular, affected the productivity dynamics of the honey bee population in Ukraine, for the period 2005-2019 the number of bee families decreased from 3369.0 thousand to 2633.2 thousand. Thus, use as a biological indicator of pollinating insects by example of the honey bee (*A. Mellifera* L.) populations confirms the expediency of this method for studying the state of ecosystem elements and climate change.*

Key words: state of ecosystem monitoring, organisms-bioindicators, pollinating insects, climate change, honey bee.

ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОЇ ЗА РІЗНИХ РІВНІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ

Молдован Жанна Андріївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент, директор
Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів
та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України
с. Самчики, Хмельницький р-н, Хмельницька обл., Україна
ORCID: 0000-0002-1180-5969
moldovan.zh@ukr.net

Молдован Віктор Григорович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
провідний науковий співробітник
Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України
с. Самчики, Хмельницький р-н, Хмельницька обл., Україна
ORCID: 0000-0002-3145-1686
hdsgds@ukr.net

Одним із важливих аспектів вирощування сої є забезпечення її не тільки макроелементами азотом, фосфором, калієм, кальцієм та сіркою, а також і мікроелементами бором, молібденом, міддю, цинком, залізом, марганцем, кобальтом та магнієм. Нестача їх знижує врожайність, викликає ураження хворобами, погіршує якість насіння.

У статті наведено результати досліджень щодо вивчення впливу стимулятора росту Вимпел і рідких концентрованих мікродобрив Оракул на ростові процеси та формування показників індивідуальної продуктивності рослин за різних рівнів мінерального живлення. При проведенні досліджень нами використовувалися наступні методи: польовий, морфологічні, фізичні, порівняльно-розрахункові.

На основі проведених обліків і спостережень встановлено, що в умовах Лісостепу західного на чорноземах опідзолених позакореневі підживлення сої у фазу 2–3 листків та початку бутонізації мали безпосередній вплив на наростання вегетативної маси, формування кількості бобів на рослині, насінин у бобі та масу 1000 насінин. Зокрема, проведення позакореневого підживлення стимулятором росту та рідкими концентрованими мікродобривами, за різних рівнів мінерального живлення, зумовлювало зростання висоти рослин на 3,4–16,9 %, тоді як висота прикріплення нижнього бобу зменшувалася на 3,3–20,7 %. Відмічена тенденція збільшення кількості бобів на рослині, у середньому, на 6,1–48,5 % порівняно з контролем, тоді як коливання кількості насінин у бобі було незначним і, у середньому за роки досліджень, цей показник становив 2,2–2,4 шт. Позакореневі підживлення забезпечували зростання маси 1000 насінин, за різних рівнів мінерального живлення, з 124,0–128,3 г на контролі до 131,1–137,8 г – за обробки посівів у фазу 2–3 листків стимулятором росту Вимпел та 141,3–148,8 г – за дворазової обробки посівів у фазу 2–3 листків і початку бутонізації комплексом препаратів.

Найвищі показники індивідуальної продуктивності (кількість бобів на рослині, насінин у бобі та масу 1000 насінин) на всіх рівнях основного мінерального живлення, в середньому за роки досліджень, отримали на варіанті, де передбачалась обробка посівів у фазу 2–3 справжніх листків: Вимпел, 0,5 л/га + обробка посівів у фазу початку бутонізації: Вимпел, 0,5 л/га + Оракул бор, 1,0 л/га + Оракул сірка, 2,0 л/га + Оракул цинк, 1,0 л/га. Максимальну кількість бобів на одній рослині (49 шт), насінин у бобі (2,3 шт) з масою 1000 насінин 148,7 г сформували рослини сої за рівня основного мінерального живлення $N_{48}P_{48}K_{48}$.

Ключові слова: соя, підживлення, стимулятор росту, мікродобрива, продуктивність, індекс урожаю.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.12>

Вступ. Сучасні інтенсивні сорти сої, за розробки та удосконалення адаптивних технологій їх вирощування, здатні формувати стабільно високі врожаї якісного насіння. Одним із способів впливу на врожайність сої є покращення умов її живлення шляхом внесення макро- та мікроелементів у ґрунт або позакоренево, адже мінеральне живлення – один із основних регульованих чинників, які використовують для цілеспрямованого управління ростом і розвитком рослин у процесі вегетації з метою одержання максимального урожаю високої якості (Bakhmat & Fedoruk, 2017; Vyshnivskyi & Furman, 2020).

Найчастіше посіви забезпечують лише трьома основними макроелементами – азотом, фосфором і калієм, хоча відомо, що соя потребує ще й кальцію, магнію та сірки. Мікроелементи поглинаються соєю в менших кількостях, ніж вищезгадані макроелементи. Однак, їх роль є не менш важливою, адже нестача будь-якого елемента може бути фактором, який призводить до значного сповільнення темпів росту та лімітує отримання високих урожаїв (Lykhochvor et al., 2016; Nahorny, 2014).

Варто зазначити, що через несприятливі погодні умови навколишнього середовища внесення повного

мінерального добрива у ґрунт, обробка насіння бактеріальними препаратами, макро- та мікроелементами не вирішує повністю проблему повного забезпечення потреби рослин у необхідних елементах мінерального живлення впродовж вегетаційного періоду. Їх нестача, особливо, загострюється в період формування генеративних органів, оскільки в ці періоди відбувається інтенсивний ріст рослин і плодоеlementів. Тому в даний період зростає роль позакоренових підживлень, як допоміжного способу, який дає змогу оптимізувати умови мінерального живлення рослин, підвищити інтенсивність фотосинтезу та покращити якісні показники насіння (Bakhmat & Fedoruk, 2017; Shevnikov, 2010).

Зокрема, дослідженнями, проведеними вітчизняними науково-дослідними установами, встановлено, що найбільш ефективним способом підвищення урожайності насіння сої є поєднання мікробних препаратів з регуляторами росту рослин для обробки насіння та вегетаційних обприскувань посівів сої. Відмічено, що формування та розвиток бульбочок на корінні сої проходить активно за використання інокуляції насіння (Hadzovskyi et al., 2020; Novokhatskyi et al., 2021; Tsyhanskyi, 2021), а також підсилюється при обробці посівів розчинами хелатованих мікроелементів та стимулятором росту рослин і забезпечує збільшення врожайності сої (Hryhorieva et al., 2019; Didora & Stupnitska, 2016; Didora, 2018).

Дослідженнями у різних ґрунтово-кліматичних зонах встановлено, що поліпшення умов живлення рослин за рахунок удобрення та позакоренового підживлення комплексними хелатними мікродобривами є ефективним засобом впливу на густоту стояння та виживаність рослин сої (Zabarna, 2019; Nahorni, 2014), біосинтез хлорофілу в рослинах сої, площу листової поверхні та фотосинтетичний потенціал (Baida, 2021; Zabolotnyi & Tsyhanska, 2015; Kalenska et al., 2016; Lykhochvor et al., 2016; Nazarchuk, 2015; Shovkova, 2015), сприяє покращенню показників симбіотичної (Didora, 2018; Kulyk, 2016; Temriien-ko, 2018) та індивідуальної продуктивності (Shepilova et al., 2021), збільшенню урожайності сої (Didora et al., 2019; Nahorni & Murach, 2011; Novytska & Dzemesiuk, 2017) та покращенню якості насіння (Khudiakov, 2011; Tsyhanska, 2018; Shevchuk et al., 2021; Shepilova et al., 2019).

Разом з тим, варто наголосити, що окрім підвищення врожайності та поліпшення якості, мікродобрива з вмістом природних і органічних кислот, на відміну від синтетичних, не чинять токсичної дії на рослини, мікроорганізми та комах, сприяють засвоєнню мікроелементів із ґрунту та покращують процес фотосинтезу (Zabarna, 2020; Pavlenko, 2012; Shevnikov, 2010).

Матеріали і методи досліджень. Польові дослідження проводилися на Хмельницькій ДСГДС ІКСГП НААН упродовж 2016–2018 рр. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений, середньо суглинковий, слабо змитий, малогумусний на лесоподібному суглинку бурувато-палевого забарвлення, має дрібно-горіхову структуру. Ґрунт достатньо насичений основами – 39,8–42,0 мг екв. на 100 г, має гідролітичну кислотність 1,8–2,7 мг екв. на 100 г ґрунту. Вміст гумусу (за Тюрнімом) – 3,2 %. Формами

поживних речовин середньо забезпечений: вміст азоту, що легко гідролізується, – 14,4–16,6 мг, фосфору рухомого – 11,0–12,0 мг, калію обмінного – 7,8–8,0 мг на 100 г ґрунту.

Облікова площа ділянки – 18 м², загальна – 24 м². Повторність досліду – триразова. Розміщення варіантів у досліді – послідовне. Технологія вирощування сої – загальноприйнята для зони західного Лісостепу.

Схема досліду включала варіанти:

– основне живлення: без добрив (контроль), N₃₂P₃₂K₃₂, N₄₈P₄₈K₄₈;

– позакореневе підживлення: без обробки посівів (контроль), Вимпел – у фазу 2–3 листки; Вимпел + Оракул бор + Оракул сірка + Оракул цинк – у фазу початку бутонізації; Вимпел – у фазу 2–3 листки + Вимпел + Оракул бор + Оракул сірка + Оракул цинк – у фазу початку бутонізації.

Статистичну обробку отриманих результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу за Б. О. Доспеховим із використанням комп'ютерних програм Microsoft Office Excel, Statistica 5.0.

Погодні умови в роки проведення досліджень мали істотні відхилення від середньо багаторічних показників, що, безумовно, впливало на ріст і розвиток рослин сої, утворення бобів, формування показників індивідуальної продуктивності та урожайності насіння загалом.

Результати. За результатами проведених нами досліджень встановлено, що позакореневе підживлення посівів сої стимулятором росту Вимпел і рідкими концентрованими мікродобривами Оракул позитивно впливають на ріст і розвиток рослин сої, формування показників індивідуальної продуктивності. Зокрема, висота рослин, за різних рівнів мінерального живлення, збільшувалася до 83,0–96,0 см або на 3,4–16,9 %, тоді як висота прикріплення нижнього бобу зменшувалася до 9,6–12,9 см або на 3,3–20,7 %. Найбільші показники висоти рослин (87,0–96,0 см) та найнижчі показники прикріплення нижнього бобу (9,6–12,1 см) відмічено за внесення N₄₈P₄₈K₄₈, тоді як на фоні природної родючості вони становили, відповідно, 77,0–90,0 см та 11,6–14,0 см.

Відмічено, що покращення мінерального живлення сприяло збільшенню висоти рослин сої, у середньому, на 4,0 см або 4,8 % – за внесення N₃₂P₃₂K₃₂ та на 7,5 см або 9,0 % – за внесення N₄₈P₄₈K₄₈. Однак, зумовлювало зменшення висоти прикріплення нижнього бобу на 0,9 см або 7,0 % та 1,6 см або 12,5 % відповідно (табл. 1).

У більшості випадків зміна урожайності під впливом зовнішніх умов пов'язана із зміною кількості бобів і насінин у бобі, оскільки саме вона, насамперед, визначається процесом формування урожаю і, як наслідок, являє собою першу можливість для рослини регулювати елементи продуктивності з урахуванням навколишнього середовища.

Проведення позакоренового підживлення стимулятором росту та мікродобривами, за різних рівнів мінерального живлення, зумовлювало зростання кількості бобів на рослині, у середньому, на 2–16 шт. або 6,1–48,5 % порівняно до контролю. Разом з тим, кількість бобів на

Висота рослин сої та прикріплення нижнього бобу залежно від способів удобрення та позакореневого підживлення, см (середнє за 2016–2018 рр.)

Позакореневе підживлення (В)	Основне живлення (А)					
	без добрив		N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂		N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	
	1	2	1	2	1	2
Контроль (без обробки)	77,0	14,0	84,0	13,2	87,0	12,1
Вимпел – у фазу 2–3 листки	83,0	12,9	87,0	12,2	90,0	11,7
Вимпел + Оракул бор + Оракул сірка + Оракул цинк – у фазу початку бутонізації	85,0	12,6	87,0	12,0	92,0	11,4
Вимпел – у фазу 2–3 листки + Вимпел + Оракул бор + Оракул сірка + Оракул цинк – у фазу початку бутонізації	90,0	11,6	93,0	10,3	96,0	9,6
Середнє за фактором А	83,7	12,8	87,7	11,9	91,2	11,2
НІР ₀₅ за роки досліджень:	А		В		АВ	
висота рослин сої, см	1,4–1,6		1,6–1,8		2,8–3,2	
висота прикріплення нижнього бобу, см	0,2–0,4		0,2–0,4		0,5–0,7	

Примітка: 1 – висота рослин сої, см; 2 – висота прикріплення нижнього бобу, см.

1 рослині збільшувалася, у середньому, за внесення N₃₂ P₃₂ K₃₂ на 4 шт. або 12,1 %, за внесення N₄₈ P₄₈ K₄₈ – на 7 шт. або 21,2 % порівняно з варіантами без внесення основного мінерального добрива (табл. 2). Разом з тим, варто зазначити, що коливання кількості насінин у бобі за досліджуваними варіантами було незначним і, у середньому за три роки досліджень, цей показник становив 2,2–2,4 шт.

Маса 1000 насінин, серед показників індивідуальної продуктивності, є другим за вагомістю, що впливають на формування індивідуальної продуктивності окремо взятої рослини та урожайності насіння сої загалом. У наших дослідженнях маса 1000 насінин також мала здатність змінюватися, як за способами позакореневого підживлення, так і за рівнем мінерального живлення та коливалася від 124,0 г до 148,7 г (табл. 3). Позакореневі підживлення забезпечували зростання маси 1000 насінин з 131,1–137,8 г за обробки посівів у фазу 2–3 листків стимулятором росту Вимпел до 141,3–148,8 г – за дворазової обробки посівів у фазу 2–3 листків та початку бутонізації комплексом препаратів. Покращення рівня мінерального живлення підвищувало ефективність

позакореневого підживлення та зумовлювало зростання маси 1000 насінин, у середньому, на 3,2 г або 2,4 % – за внесення N₃₂ P₃₂ K₃₂ та на 6,4 г або 4,8 % – за внесення N₄₈ P₄₈ K₄₈ порівняно до контролю.

Відомо, що оптимальне значення індексу урожаю, який розраховується як відношення маси насіння до загальної маси врожаю (вегетативна маса + репродуктивна маса) становить, у середньому, 0,50 ум. од., змінюючись у діапазоні від 0,35 ум. од. до 0,65 ум. од. За нашими розрахунками, у середньому за роки досліджень, показники індексу урожаю варіювали від 0,46 ум. од. до 0,51 ум. од.

Так, за досліджуваними способами позакореневого підживлення індекс урожаю зростав від 0,47–0,49 ум. од. – за умови позакореневого підживлення у фазу 2–3 листків стимулятором росту Вимпел до 0,49–0,51 ум. од. – за комбінованої обробки посівів у фазу 2–3 листків та початку бутонізації, тоді як на контролі цей показник становив 0,46–0,47 ум. од. Зміна показників індексу урожаю спостерігалася і за рівнями мінерального живлення: від 0,46–0,49 ум. од. – на контролі без добрив до 0,47–0,51 ум. од. – за внесення N₄₈ P₄₈ K₄₈.

Таблиця 2

Кількість продуктивних бобів на рослині та насінин у бобі залежно від способів позакореневого підживлення, шт (середнє за 2016–2018 рр.)

Позакореневе підживлення (В)	Основне живлення (А)					
	без добрив		N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂		N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	
	1	2	1	2	1	2
Контроль (без обробки)	29	2,2	32	2,2	33	2,2
Вимпел – у фазу 2–3 листки	32	2,2	35	2,2	35	2,3
Вимпел + Оракул бор + Оракул сірка + Оракул цинк – у фазу початку бутонізації	32	2,2	35	2,2	42	2,3
Вимпел – у фазу 2–3 листки + Вимпел + Оракул бор + Оракул сірка + Оракул цинк – у фазу початку бутонізації	41	2,4	45	2,3	49	2,3
Середнє за фактором А	33	2,2	37	2,2	40	2,3
НІР ₀₅ за роки досліджень:	А		В		АВ	
кількість продуктивних бобів, шт	1,7–1,9		1,9–2,1		3,4–3,7	

Примітка: 1 – кількість продуктивних бобів на 1 рослині, шт.; 2 – кількість насінин у бобі, шт.

Маса 1000 насінин та індекс урожаю залежно від способів удобрення та позакореневого підживлення (середнє за 2016–2018 рр.)

Позакореневе підживлення (В)	Основне живлення (А)					
	без добрив		N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂		N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	
	1	2	1	2	1	2
Контроль (без обробки)	124,0	0,46	125,9	0,46	128,3	0,47
Вимпел – у фазу 2–3 листки	131,1	0,47	134,8	0,48	137,8	0,49
Вимпел + Оракул бор + Оракул сірка + Оракул цинк – у фазу початку бутонізації	133,8	0,47	137,4	0,49	141,0	0,50
Вимпел – у фазу 2–3 листки + Вимпел + Оракул бор + Оракул сірка + Оракул цинк – у фазу початку бутонізації	141,3	0,49	144,8	0,51	148,7	0,51
Середнє за фактором А	132,5	0,47	135,7	0,48	138,9	0,49
НІР ₀₅ за роки досліджень:	А		В		АВ	
маса 1000 насінин сої, г	2,0–2,3		2,5–2,7		4,3–4,7	

Примітка: 1 – маса 1000 насінин сої, г; 2 – індекс урожаю, ум. од.

Обговорення. У різних ґрунтово-кліматичних зонах України науковими дослідженнями доведена ефективність використання у позакореновому підживленні стимуляторів росту рослин і концентрованих макро- та мікродобрив. Зокрема, в умовах Полісся (Didora et al., 2019) приріст урожаю сої лише за оброблення насіння інокулянтами становить 0,47–0,54 т/га, а додаткове проведення позакореневого підживлення комплексним препаратом на халатній основі (ЕДТА) Нановіт супер сприяє приросту урожаю зерна 0,67 т/га.

За результатами досліджень Національного університету біоресурсів та природокористування (Kalenska et al., 2020) в умовах Лісостепу Правобережного встановлено, що найвищу ефективність нанодобрива проявили за інокуляції та обробки насіння Аватаром за сумісного підживленням Аватар+ Nano Chelate fertilizer Super Micro Plus, забезпечуючи формування 52,4 тис. м²/га площі листової поверхні посівів сої сорту Хорол, 69,7 шт./рослину бульбочок на кореневій системі, 785 мг/рослину їхньої маси та врожайність на рівні 2,79 т/га.

В умовах Північного Степу України на чорноземах звичайних малогумусних застосування мікродобрив сприяло збільшенню висоти рослин до контрольного варіанту на 1,3–3,3 %, кількості бобів за вне-

сення N₁₅ P₁₅ K₁₅ на 5,0–10,2 %, на фоні без мінеральних добрив – на 4,7–9,3 %. Мікродобрива сприяли збільшенню маси насіння з 1 рослини до контролю на 4,2–7,3 %. На фоні мінеральних добрив дія мікродобрив посилювалась і маса насіння збільшувалася на 5,2–8,9 % (Shepilova et al., 2021).

Висновки. Таким чином, узагальнюючи вищевикладене, можна підсумувати, що позакореневе підживлення стимуляторами росту та комплексними мікродобривами, за різних рівнів мінерального живлення, позитивно впливає на ріст і розвиток рослин сої впродовж усього періоду вегетації, формування показників індивідуальної продуктивності. Найвищі показники індивідуальної продуктивності (кількість бобів на рослині, насінин у бобі та масу 1000 насінин) на всіх рівнях основного мінерального живлення, в середньому за роки досліджень, отримали на варіанті, де передбачалась обробка посівів у фазу 2–3 справжніх листки: Вимпел, 0,5 л/га + обробка посівів у фазу початку бутонізації: Вимпел, 0,5 л/га + Оракул бор, 1,0 л/га + Оракул сірка, 2,0 л/га + Оракул цинк, 1,0 л/га. Максимальну кількість бобів на одній рослині (49 шт), насінин у бобі (2,3 шт) з масою 1000 насінин 148,7 г сформували рослини сої за рівня основного мінерального живлення N₄₈ P₄₈ K₄₈.

Бібліографічні посилання:

- Baida, M. P. (2021). Efektyvnist fotosyntezy soi zalezno vid vplyvu elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Efficiency of soybean photosynthesis depending on the influence of elements of cultivation technology]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*, 29, 129–138 (in Ukrainian). doi: 10.47414/np.29.2021.249934
- Bakhmat O. M., Fedoruk I. V. (2017). Formuvannia urozhainosti zerna soi zalezno vid zakhodiv adaptivnoi tekhnolohii v umovakh Lisostepu Zakhidnoho. [Formation of soybean grain yield depending on adaptive technology measures in the conditions of the Western forest-steppe]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 26, 9–16 (in Ukrainian).
- Didora, V. H., Stupnitska, O. S. (2016). Produktivnist soi zalezno vid inokuliatii ta udobrennia v umovakh Polissia Ukrainy. [Soybean productivity depending on inoculation and fertilizer in the conditions of Polesie of Ukraine]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 4, 33–37 (in Ukrainian).
- Didora V. H. (2018). Symbiotychna produktivnist soi zalezno vid inokuliatii nasinnia ta udobrennia. [Symbiotic productivity of soybeans depending on seed inoculation and fertilization]. *Naukovi horyzonty*, 1 (64), 23–28 (in Ukrainian).
- Didora, V. H., Bondar, O. Ye., Vlasiuk, M. V. (2019). Produktivnist soi zalezno vid biolohichnykh preparativ ta mineralnykh dobryv u Polissi Ukrainy. [Soybean productivity depending on biological preparations and mineral fertilizers in Polesie of Ukraine]. *Naukovi horyzonty*. 1 (74). 33–39 (in Ukrainian). doi: 10.33249/2663-2144-2019-74-1-33-39
- Hadzovskiy H. L., Novytska N. V., Martynov O. M. (2020). Fotosyntychna diialnist posiviv soi na dernovo-podzolystrykh gruntakh Zakhidnoho Polissia. [Photosynthetic activity of soybean crops on sod-podzolic soils of Western Polesie]. *Roslynystvo ta gruntoznavstvo*, 11(1), 5–12 (in Ukrainian). doi: 10.31548/agr2020.01.005

7. Hryhorieva, O. M., Dimova, S. B., Almaieva, T. M. (2019). Efektyvnist biopreparativ u tekhnologii vyroshchuvannia soi na chornozemi zvychainomu vazhko suhlynkovomu Pravoberezhnogo Stepu Ukrainy. [Effectiveness of biologics in the technology of growing soybeans on ordinary hard loamy chernozem of the Right-Bank steppe of Ukraine]. *Silskohospodarska mikrobiologiya*, 29, 46–55 (in Ukrainian). doi: 10.35868/1997-3004.29.46-55
8. Kalenska, S. M., Novytska, N. V., Dzemesiuk, O. V. (2016). Formuvannia ploshchi lystkovoï poverkhni soi pid vplyvom inokuliatcii ta pidzhyvlennia. [Formation of the soybean leaf surface area under the influence of inoculation and top dressing]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii*, 3, 6–10 (in Ukrainian).
9. Kalenska, S. M., Novytska, N. V. (2020). Efektyvnist nanopreparativ u tekhnologii vyroshchuvannia soi. [Effectiveness of nanopreparations in soybean cultivation technology]. *Roslynnystvo ta gruntoznavstvo*, 11 (3), 7–21 (in Ukrainian). doi: 10.31548/agr2020.03.007
10. Khudiakov, O. I. (2011). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia rikym dobryvom na yakist soi. [Influence of foliar fertilization with liquid fertilizer on soybean quality]. *Visnyk aharnoi nauky*, 9, 49–50 (in Ukrainian).
11. Kulyk, S. M. (2016). Formuvannia symbiotychnoho aparatu ta zernova produktyvnist soi zalezho vid udobrennia v umovakh Zakhidnogo Polissia. [Formation of a symbiotic apparatus and grain productivity of soybeans depending on fertilizer in the conditions of Western Polesie]. *Ahroekologichnyi zhurnal*, 4, 149–153 (in Ukrainian).
12. Lykhochvor, V. V., Shcherbachuk, V. M., Panasiuk, R. M., Panasiuk, O. V. (2016). Vplyv udobrennia na formuvannia fotosyntetychnoi ta zernovoi produktyvnosti soi v umovakh Zakhidnogo Lisostepu. [Influence of fertilizer on the formation of photosynthetic and grain productivity of soybeans in the western forest-steppe]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynytstvo*, 60, 88–95 (in Ukrainian).
13. Nahornyi, V. I. (2014). Posivni yakosti ta vrozhaïni vlastyvoli soi zalezho vid zastosuvannia rehulatoriv rostu i mikrodoz. [Sowing qualities and yield properties of soybeans depending on the use of growth regulators and microfertilizers]. *Visnyk Sumskoho natsionalno-aharnoho universytetu. Seriya «Ahronomiia i biologiia»*, 3, 123–127 (in Ukrainian).
14. Nahornyi, V. I., Murach, O. M. (2011). Vplyv azotfiksuïuchoho preparatu, stymulatoru rostu i molibdenu na produktyvnist soi v pivnichno-skhidnomu Lisostepu Ukrainy. [Effect of nitrogen-fixing agent, growth stimulator and molybdenum on soybean productivity in the north-eastern forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalno-aharnoho universytetu. Seriya «Ahronomiia i biologiia»*, 4(21), 77–81 (in Ukrainian).
15. Nazarchuk, A. A. (2015). Fotosyntetychnyi potentsial soi zalezho vid inokuliatcii nasinnia, fonu zhyvlennia ta sortu v umovakh Stepu Ukrainy. [Photosynthetic potential of soybeans depending on seed inoculation, nutrition background and variety in the steppe of Ukraine]. *Visnyk aharnoi nauky Prychornomia*, 1, 144–151 (in Ukrainian).
16. Novokhatskyi, M., Bondarenko, O., Maidanovych, N. (2021). Efektyvnist zastosuvannia nanodispersnoho poroshku oksydu zaliza u vyroshchuvanni yachmeniu yarohto ta soi. [Efficiency of nanodispersed iron oxide powder in spring barley and soybean cultivation]. *Novitni tekhnologii v APK: doslidzhennia ta upravlinnia*, 28 (42), 192–202 (in Ukrainian). doi: 10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-16
17. Novytska N. V., Dzemesiuk O. V. (2017). Formuvannia urozhaïnosti soi pid vplyvom inokuliatcii ta pidzhyvlennia. [Formation of soybean yield under the influence of inoculation and top dressing]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii*. 1–2. 43–47 (in Ukrainian).
18. Pavlenko, H. V. (2012). Efektyvnist mineralnykh dozivkiv ta biopreparativ u tekhnologii vyroshchuvannia soi v Lisostepu [Efficiency of mineral fertilizers and biological products in the technology of soybean cultivation in the Forest-Steppe]. *Visnyk aharnoi nauky*, 11, 68–69 (in Ukrainian).
19. Shepilova, T. P. (2019). Vplyv rehulatoriv rostu na produktyvnist soi v umovakh Pivnichnogo Stepu Ukrainy. [Influence of growth regulators on soybean productivity in the Northern Steppe of Ukraine.]. *VISNYK Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii*, 3, 80–84 (in Ukrainian).
20. Shepilova T. P., Petrenko D. I., Leshchenko S. M., Skrynnik I. O., Artemenko D. Yu. (2021). Efektyvnist zastosuvannia dozivkiv na posivakh soi v umovakh Pivnichnogo Stepu Ukrainy. [Efficiency of fertilizer application on soybean crops in the Northern Steppe of Ukraine]. *VISNYK Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii*. 1. 37–42 (in Ukrainian). doi: 10.31210/visnyk2021.01.04
21. Shevchuk, V. V., Khodanitska, O. O., Tkachuk, O. O., Shevchuk, O. A., Polyvani, S. V. (2021). Produktyvnist soi kulturnoi za vykorystannia preparativ rist rehuliuïuchoho typu. [Productivity of soybean culture with the use of drugs of growth regulatory type]. *The scientific heritage*, 61, 6–10 (in Ukrainian).
22. Shevnikov, M. Ya. (2010). Zastosuvannia dozivkiv ta biopreparativ pry vyroshchuvanni soi v umovakh nestiikoho zvolozhennia Lisostepu Ukrainy. [Application of fertilizers and biological products in soybean cultivation in conditions of unstable moisture of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk KhNAU. Ser.: "Hruntovoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekologiia hruntiv"*, 5, 117–12 (in Ukrainian).
23. Shovkova, O. V. (2015). Vplyv elementiv tekhnologii vyroshchuvannia na fotosyntetychnu ta nasinnievu produktyvnist posiviv soi. [Influence of elements of cultivation technology on photosynthetic and seed productivity of soybean crops]. *Visnyk ZhNAEU*, 2 (50), 1. 464–471 (in Ukrainian).
24. Temriienko, O. O. (2018). Symbiotychna produktyvnist ta urozhaïnist nasinnia soi zalezho vid inokuliatcii ta pozakorenevnykh pidzhyvlen v umovakh Lisostepu Pravoberezhnogo. [Symbiotic productivity and yield of soybean seeds depending on inoculation and foliar feeding in the conditions of the Forest-Steppe of the Right Bank]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 9, 68–80 (in Ukrainian).
25. Tsyhanska, O. I. (2018). Vplyv mineralnykh dozivkiv, peredposivnoi obroby nasinnia ta pozakorenevoho pidzhyvlennia mikroelementamy na yakisni pokaznyky zerna sortiv soi. [Influence of mineral fertilizers, presowing seed treatment and foliar feeding with microelements on grain quality indicators of soybean varieties]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 8, 82–89 (in Ukrainian).

26. Tsyhanskyi, V. I. (2021). Optymizatsiia systemy udobrennia soi na osnovi vykorystannia preparativ biolohichnoho pokhodzhennia v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. [Optimization of the soybean fertilization system based on the use of drugs of biological origin in the conditions of the Forest-Steppe of the Right Bank]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo, 21, 69–81 (in Ukrainian). doi: 0.37128/2707-5826-2021-2-6

27. Vyshnivskiy, P. S. & Furman, O. V. (2020). Produktyvnist soi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. [Soybean productivity depending on the elements of cultivation technology in the conditions of the Right-Bank forest-steppe of Ukraine]. Roslynnnytstvo ta gruntoznavstvo. 11(1). 13–22 (in Ukrainian). doi: 10.31548/agr2020.01.013

28. Zabarna, T. A. (2019). Dynamika hustoty stoiannia ta vyzhyvanist soi zalezno vid pozakorenyvkh pidzhyvlen v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu. [Dynamics of standing density and survival of soybeans depending on foliar top dressing in the conditions of the Right-Bank forest-steppe]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo, 14, 88–94 (in Ukrainian). doi: 10.37128/2707-5826-2019-3-7

29. Zabarna, T. A. (2020). The formation of soybean phytocenosis and seeds quality depending on the intensification factors. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo, 19, 98–109 (in Ukrainian). DOI: 10.37128/2707-5826-2020-4-9

30. Zabolotnyi, H. M., Tsyhanska, O. I. (2015). Rol mineralnoho zhyvlennia u formuvanni fotosyntetychnoho potentsialu soi v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. [The role of mineral nutrition in the formation of the photosynthetic potential of soybeans in the forest-steppe of the Right Bank]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnnytstvo, 58 (II), 56–62 (in Ukrainian).

Moldovan Zh. A., PhD (Agricultural Sciences), Director, Khmelnytskyi State Agricultural Research Station of the Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS, Samchyky, Khmelnytskyi district, Khmelnytskyi region, Ukraine

Moldovan V. H., PhD (Agricultural Sciences), Leading Researcher, Khmelnytskyi State Agricultural Research Station of the Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS, Samchyky, Khmelnytskyi district, Khmelnytskyi region, Ukraine

Influence of foliar top dressing on the formation of biometric indicators of soybeans at different levels mineral nutrition

One of the important aspects of soybean cultivation is to provide it with not only macronutrients nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and sulfur, but also trace elements boron, molybdenum, copper, zinc, iron, manganese, cobalt and magnesium. Lack of them reduces yields, causes disease, impairs seed quality.

The article presents the results of research on the effect of growth stimulator Vimpel and liquid fertilizers Oracle on growth processes and the formation of indicators of individual productivity of plants at different levels of mineral nutrition. The following methods were used in the research: field, morphological, physical, comparative and computational. Based on the calculations and observations, it was found that in the Western Forest-Steppe on podzolic chernozems foliar soybean fertilization in the phase of 2–3 leaves and the beginning of budding had a direct impact on the growth of vegetative mass, formation of beans per plant, bean seeds and weight of 1000 seeds. In particular, foliar fertilization with growth stimulants and microfertilizers, at different levels of mineral nutrition, led to an increase in plant height by 3.4–16.9%, while the height of attachment of the lower bean decreased by 3.3–20.7%. There was a tendency to increase the number of beans per plant, on average, by 6.1–48.5% compared to the control, while fluctuations in the number of seeds in beans were insignificant and, on average over the years, this figure was 2.2–2.4 pcs. Foliar fertilization provided an increase in the mass of 1000 seeds, at different levels of mineral nutrition, from 124.0–128.3 g in the control to 131.1–137.8 g – for treatment of crops in the phase of 2–3 leaves growth stimulator Vimpel and 141.3–148.8 g – for double treatment of crops in the phase of 2–3 leaves and the beginning of budding with a complex of drugs.

The highest indicators of individual productivity (number of beans per plant, seeds per bean and weight of 1000 seeds) at all levels of basic mineral nutrition, on average over the years of research, were obtained in the variant where : Vimpel, 0.5 l/ha + crop treatment in the budding phase: Vimpel, 0.5 l/ha + Oracle boron, 1.0 l / ha + Oracle sulfur, 2.0 l/ha + Oracle zinc, 1.0 l/ha. The maximum number of beans per plant (49 pieces), seeds in beans (2.3 pieces) with a weight of 1000 seeds 148.7 g was formed by soybean plants at the level of basic mineral nutrition N_{48}, P_{48}, K_{48} .

Key words: soybean, fertilization, growth stimulant, fertilizers, productivity, yield index.

ВПЛИВ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА УРОЖАЙНІСТЬ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ ТА ФЕРМЕНТАТИВНУ ДІЯЛЬНІСТЬ РОСЛИН

Овчарук Василь Іванович

доктор сільськогосподарських наук, професор
Подільський державний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна
ORCID: 0000-0003-2115-0916
plspeg@pdatu.edu.ua

Ткач Олег Васильович

доктор сільськогосподарських наук, доцент
Подільський державний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна
ORCID: 0000-0002-1368-673X
oleg.v.tkach@gmail.com

Овчарук Олег Васильович

доктор сільськогосподарських наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування, м. Київ, Україна
ORCID: 0000-0002-1117-962X
ovcharuk.oleh@gmail.com

Вивчення впливу органо-мінеральних добрив на урожайність коренеплодів цикорію та на активність основних ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази) в умовах Правобережного Лісо-степу України. Аналіз, синтез, узагальнення, лабораторний і польовий дослід. Накопичення ЧПФ у рослин цикорію значно залежить від довжини міжфазних періодів. У межах сортів, однотипних за вегетаційним періодом розвитку, найбільший коефіцієнт ЧПФ у досліді був у сорту Уманський-99 в порівнянні з сортом Уманський-97. Найвища ЧПФ була у сорту Уманський-99 на 04.08 на варіанті внесення органо-мінеральних добрив (10 т гною + N₃₀P₃₀K₃₀) – 10,14 г/м² за добу, дещо менше значення ЧПФ було відмічено при внесенні окремо мінеральних та органічних добрив. Активність біологічних процесів, особливо ЧПФ, у даних варіантах зростала в порівнянні з контролем, проте зменшувалася інтенсивність дихання вегетативної маси і становила у сорту Уманський-97 – 0,143 мг/г за 1 годину, а у сорту Уманський-99 – 0,144 мг/г за 1 годину, відповідно.

Забезпечуючи сприятливі умови для інтенсивного розвитку мікроорганізмів, створюються кращі умови для живлення рослин цикорію коренеплідного. Так, від внесення органо-мінеральних добрив 10 т/га гною + N₃₀P₃₀K₃₀ урожайність коренеплодів була найвищою у сорту Уманський-97 – 35,4 т/га та у сорту Уманський-99 – 35,8 т/га. На даних варіантах було відмічено і найвищу активність каталази у сорту Уманський-97 367 мл/(г×хв) та 378 мл/(г×хв) у сорту Уманський-99, адже чим вища каталазна активність, тим вища стійкість рослин до несприятливих умов середовища.

Таким чином, оптимальні норми органічних і мінеральних добрив підвищують урожайність коренеплодів цикорію і активізують біологічні показники порівняно з подвійною нормою окремо взятих мінеральних і органічних добрив. Зменшення норм мінеральних добрив при сумісному їх внесенні з органічними, дозволяє поширити їх на більшу площу та підвищити ефективність використання органо-мінеральних добрив.

Слід зазначити, що відповідними агротехнічними заходами можливо спрямовувати розвиток рослин в напрямку підвищення врожайності коренеплодів, а також змінювати хімічний склад їх та фізіолого-біохімічні показники рослин.

Ключові слова: цикорій коренеплідний, живлення, біологічні процеси, мікроорганізми, добрива, продуктивність фотосинтезу, урожайність.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.13>

Вступ. Основним критерієм доступності елементів живлення для рослин є розчинність їх сполук в ґрунтового розчині, так як надходження поживних речовин в рослину проходить в іонному вигляді, а дисоціація цих сполук на іони тільки ефективна у водному середовищі. Для того, щоб така велика кількість елементів в ґрунті була використана рослинами в процесі їх живлення, потрібно перевести їх в легкодоступні форми за наявності органічних і мінеральних добрив та з допомогою мікроорганізмів безпосередньо в ґрунті (Zubkov & Maidebura, 2004; Mykolaiko, 2017).

Метою досліджень було вивчення впливу органо-мінеральних добрив на урожайність коренеплодів цикорію та на активність основних ферментів класу оксидоредуктаз (каталази, пероксидази, поліфенолоксидази).

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні завдання:

- вплив внесення органо-мінеральної суміші добрив на розвиток рослин цикорію кореневого;
- визначення чистої продуктивності фотосинтезу рослин сортів цикорію в міжфазні періоди росту і розвитку;

– оцінити інтенсивність дихання вегетативної маси рослин залежно від внесення мінеральних добрив і сорту.

При виробництві мінеральних добрив із мінералів і різних сполук, а також із атмосферного повітря азоту отримують із хімічних солей та інших сполук, вміст тих чи інших елементів живлення, які добре розчинні у воді і придатні для засвоювання рослинами. Ці речовини і використовуються в якості мінеральних добрив (Likhochvor, V.V., 2008; Gospodarenko, G.M., 2003).

За рахунок нерозчинних у воді поживних речовин, які містяться в ґрунті, рослини живляться безпосередньо з ґрунтовими мікроорганізмами. Внесені в ґрунт органічні добрива – гній, торф, сидерати, компости та інші – підлягають розкладанню ґрунтовою мікрофлорою, і в подальшому основних елементів живлення (Ovcharuk & Tkach, 2020; Tkach, 2020; Mykolaiko, 2016).

Кожен вид рослин має в прикореневому шарі ґрунту властиві, доступні йому види ґрунтової мікрофлори. Видовий склад мікрофлори у різних рослин, як правило, відрізняється між собою. На цій основі створені різні види бактеріальних добрив, які знайшли своє широке застосування в сільськогосподарському виробництві (Tkach, 2020; Horodnii, 2003; Bakhmat et al., 2021).

Для повного забезпечення рослин ґрунтовим живленням, і одержання високого врожаю цикорію коренеплідного, необхідний підвищений вміст в ґрунті поживних речовин, добре розчинних у воді солей, що сприяє інтенсивному розвитку ґрунтових мікроорганізмів, які переходять із важкодоступних сполук до легкодоступних форм (Rinkis et al., 1989; Ivanova, 2010).

Інтенсивність життєдіяльності мікроорганізмів залежить від умов середовища, особливо, від наявності в ґрунті поживних речовин. Одним із факторів підвищення родючості ґрунту є активізація біологічних процесів, що дає можливість краще розкласти запаси поживних речовин, які містяться в ґрунті із недоступних для рослин хімічних сполук в легко доступні.

Мікроорганізми в цілому мають велику активну поверхню, і містяться в ґрунті, їх налічується близько 5 млн/м². Вони виділяють різносторонні ферменти, які мають високу фізіологічну активність, а також інші продукти життєдіяльності, стимулюючи ріст і розвиток рослин (Tkach, 2019; Dryncha et al., 2010; Tkach & Ovcharuk, 2020).

Органічні добрива і післяжнивні рештки є кращим середовищем для розвитку мікроорганізмів, поповнює комплекс поживними елементами необхідними для рослини (Bakhmat & Tkach, 2018; Hospodarenko, 2003).

Висока ефективність органо-мінеральних добрив значною мірою обумовлена і тим, що в цьому випадку забезпечується розміщення добрив і в інших шарах ґрунту, в яких при наявності достатньої кількості вологи і повітря проходить найбільш інтенсивний процес мінералізації ґрунтовими мікроорганізмами елементів живлення для рослин.

При розкладанні органічних добрив і післяжнивних решток мікроорганізми тим самим забезпечують для

живлення рослин як макро- так і мікроелементи (Tkach et al., 2013; Zub & Kuzmich, 1986; Zubok, 1952).

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводились на дослідному полі Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції інституту кормів та сільського господарства Поділля НААНУ впродовж 2014–2016 років. Вона розміщена в північно–східній частині Хмельницької області в межах Старокостянтинівського району.

Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений крупнопилувато-середньо суглинковий на лесовидних суглинках. Вміст гумусу (за Тюрнімом) в шарі ґрунту 0–30 см становить 2,8–3,6 %. Вміст сполук азоту, що легко гідролізуються (за Корнфілдом) становить 11,8 мг на 100 г ґрунту, рухомого фосфору (за Чіріковим) – 6,2 мг на 100 г ґрунту і обмінного калію (за Чіріковим) – 12,9 мг на 100 г ґрунту.

Як об'єкти досліджень використовували цикорій коренеплідний сортів: Уманський-97, Уманський-99. Площа посівної ділянки – 450 м², облікової – 50 м², повторність – чотириразова.

Чисту продуктивність фотосинтезу визначали за методикою Н. Н. Власової та А. П. Шунтової (Velychko, L. N. Merkuslyna, A. S., Chorna, L. V., 2006), інтенсивність дихання рослин – за методом Бойсен-Ієнсена (Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., Karpenko, V. P., 2003).

Аналізи ферментативної активності виконували в лабораторних умовах у відібраних зразках рослин польових дослідів у період інтенсивного росту (04.08). Активність каталази (КФ. 1.11.1.6), пероксидази (КФ. 1.11.1.7) і поліфенолоксидази (КФ. 1.14.18.1) визначали за методикою, викладеною Х. М. Починком (Pochinok, N. N., 1976), зокрема активність каталази – за різницею результатів контрольного досліді і досліді із зразком (за кількістю розкладеного перекису водню шляхом титрування тіосульфатом натрію); пероксидази – спектрофотометричним методом за довжини хвилі 440 нм; поліфенолоксидази – за залишком аскорбінової кислоти шляхом титрування 0,01 н. розчином йодату калію в присутності 0,5 % розчину крохмалю до появи стійкого синього забарвлення.

Фенологічні спостереження і біометричні дослідження проводили за методиками Б.А. Доспехова, В.Ф. Мойсейченка (Moisejchenko, V. F., Trifonova, M. F., Zaviřuha, A. N., 1996; Dospëhov, B. A., 1979).

Результати. Результатами досліджень встановлено, що при достатньому внесенні органічних добрив в ґрунт разом із мінеральними добривами, при активній дії мікроорганізмів можна повністю забезпечити біологічну потребу в живленні цикорію коренеплідного. Також, дослідженнями підтверджено, що такий агротехнічний захід, як живлення рослин найбільш економічно обґрунтований і надає повну можливість підвищення урожайності цикорію коренеплідного.

У наших дослідженнях органо-мінеральні добрива в повній нормі сприяють більш інтенсивному росту і розвитку рослин, збільшенню урожайності коренеплодів цикорію та вмісту інуліну у сорту Уманський-97 і Уманський-99 (табл. 1).

Показники впливу органо-мінеральних добрив на активність біологічних процесів і урожайність коренеплодів цикорію (середнє за 2014-2016 рр.)

Показники	Норма добрив (фактор А)								НІР ₀₅
	без добрив (контроль)		N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		20 т гною		10 т гною + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀		
	Сорт насіння (фактор В)								
	Уманський-97	Уманський-99	Уманський-97	Уманський-99	Уманський-97	Уманський-99	Уманський-97	Уманський-99	
Урожайність, т/га	23,2	24,5	31,4	32,2	33,9	34,5	35,4	35,8	2,46
Чиста продуктивність фотосинтезу на 04.08 (г/м ² за добу)	8,22	8,35	9,48	9,63	9,61	9,84	9,92	10,14	0,24
Інтенсивність дихання вегетативної маси на 04.08 (СО ₂ , мг/г за 1 годину)	0,151	0,152	0,143	0,144	0,136	0,138	0,141	0,142	0,009
Активність каталази на 04.08 (мл/(г×хв))	228	235	329	336	355	362	367	378	34
Активність поліфенолоксидази (мл 0,01 К ₂ О на г маси)	155	159	143	146	130	134	133	136	18
Активність пероксидази (мг кобальту на 1 мл)	17,9	18,0	17,2	17,2	16,3	16,4	16,3	16,5	0,8

Так, під впливом внесення органо-мінеральної суміші добрив розвиток рослин цикорію коренеплідного відбувався більш інтенсивно, активізувалася ферментативна діяльність, особливо підвищувалася активність каталази.

Накопичення ЧПФ у рослин цикорію значно залежить від довжини міжфазних періодів. У межах сортів, однотипних за вегетаційним періодом розвитку, найбільший коефіцієнт ЧПФ у досліді був у сорту Уманський-99 в порівнянні з сортом Уманський-97. ЧПФ сорту Уманський-99 на 04.08 у варіанті без внесення добрив становила 8,35 г/м² за добу, тоді як при внесенні органо-мінеральних добрив (10 т гною + N₃₀P₃₀K₃₀) – 10,14 г/м² за добу, дещо менше значення ЧПФ було відмічено при внесенні окремо мінеральних та органічних добрив. Так, у варіанті із застосування N₆₀P₆₀K₆₀ активність біологічних процесів була вищою в порівнянні із варіантом без внесення добрив, при цьому ЧПФ становила 9,48 г/м² за добу у сорту Уманський-97 та 9,63 г/м² за добу у сорту Уманський-99.

Від внесення мінеральних добрив N₆₀P₆₀K₆₀ урожайність становила у сорту Уманський-97 – 31,4 т/га, а у сорту Уманський-99 – 32,2 т/га. Активність біологічних процесів, особливо ЧПФ, у даних варіантах зростала в порівнянні з контролем, проте зменшувалася інтенсивність дихання вегетативної маси і становила у сорту Уманський-97 – 0,143 мг/г за 1 годину, а у сорту Уманський-99 – 0,144 мг/г за 1 годину, відповідно. Підвищувалася також активність каталази від внесення мінеральних добрив N₆₀P₆₀K₆₀ у сорту Уманський-97 вона становила 329 мл/(г×хв), а у сорту Уманський-99 – 336 мл/(г×хв). Низькі значення каталазної активності вказують на малу адаптивну здатність рослин до несприятливих умов середовища. Від внесення органо-мінеральних добрив 10 т/га гною + N₃₀P₃₀K₃₀ урожайність підвищувалась до 35,4 т/га у сорту

Уманський-97 та 35,8 т/га у сорту Уманський-99. Аналогічні показники активності біологічних процесів відмічені на даних варіантах, зокрема активність каталази у сорту Уманський-97 367 мл/(г×хв) та 378 мл/(г×хв) у сорту Уманський-99. Чим вища каталазна активність, тим вища стійкість рослин до несприятливих умов середовища, а рівень її залежить від вмісту вуглеводів у коренеплодах.

Обговорення. Для того, щоб велика кількість елементів в ґрунті була використана рослинами в процесі їх живлення, потрібно перевести їх в легкодоступні форми за наявності органічних і мінеральних добрив та з допомогою мікроорганізмів безпосередньо в ґрунті. Оптимальні норми органічних і мінеральних добрив підвищують урожайність коренеплодів цикорію і активізують біологічні показники порівняно з подвійною нормою окремо взятих мінеральних і органічних добрив. Зменшення норм мінеральних добрив при сумісному їх внесенні з органічними, дозволяє поширити їх на більшу площу та підвищити ефективність використання органо-мінеральних добрив.

Висновки. Результати досліджень стверджують, що забезпечуючи сприятливі умови для інтенсивного розвитку мікроорганізмів, створюються кращі умови для живлення рослин цикорію коренеплідного. Так, від внесення органо-мінеральних добрив 10 т/га гною + N₃₀P₃₀K₃₀ урожайність коренеплодів була найвищою у сорту Уманський-97 – 35,4 т/га та у сорту Уманський-99 – 35,8 т/га. Також за інтенсивністю чиста продуктивність фотосинтезу на 04.08 була найвищою і у сорту Уманський 97 становила 9,92 г/м² за добу, Уманський 99 – 10,14 г/м² за добу, аналогічно на даних варіантах було відмічено і найвищу активність каталази у сорту Уманський-97 367 мл/(г×хв) та 378 мл/(г×хв) у сорту Уманський-99, адже чим вища каталазна активність, тим вища стійкість рослин до несприятливих умов середовища.

Бібліографічні посилання:

1. Bakhmat, M.I., Tkach, O.V. Bakhmat, O.M. (2021). Formation of seed productivity of chicory root depending on the method and scheme of plant placement. Coll. Science. Proceedings of the Bulletin of Uman NUS. Scientific journal. Uman., 1. 8–14.
2. Bakhmat, M.I. & Tkach, O.V. (2018). Growing chicory root with combined rows. Innovatsiini tekhnolohii v roslynnystvi: materialy Vseukrainskoi naukovoï internet-konferentsii [Innovative technologies in crop production: materials of the All-Ukrainian scientific Internet conference.]. Kamianets-Podilskyi, 23–26 (in Ukrainian).
3. Dospheov, B. A. (1979). Metodika polevogo opyta [Method of field experiment]. Moskva, Kolos, 416.
4. Dryncha, V.M., Tsyndendorzhiev, B.D. & Kubeev, E.I. (2010). Predposevnaja himicheskaja obrabotka semjan: problemy i perspektivy [Pre-sowing chemical treatment of seeds: problems and prospects]. Hranenie i pererabotka zerna [Grain storage and processing]. 3, 19–22.
5. Gospodarenko, G.M. (2003). Ahrokhimiia mineralnykh dobryv [Agrochemistry of mineral fertilizers]. Kyiv, Scientific World, 132.
6. Horodnii, M. M. (2003). Ahrokhimiia: Pidruchnyk. [Agrochemistry: Kyiv, Textbook] LLC "Alefa", 778.
7. Hospodarenko, G.M. (2003). Agrochemistry of mineral fertilizers. Scientific World, K., 132 p.
8. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O. & Karpenko, V. P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzen roslin i gruntiv [Methods of biological and agrochemical research of plants and soils]. CJSC "NICHILAVA", Kyiv, 320 p.
9. Ivanova, S.S. (2010). Influence of precursors and fertilizers on the yield and quality of root chicory. Agriculture. 1, 37–39.
10. Likhochvor, V.V. (2008). Mineralni dobryva ta yikh zastosuvannia [Mineral fertilizers and their application]. Scientific and Production Enterprise "Ukrainian Technologies", Lviv, 312.
11. Moisejchenko, V. F., Trifonova, M. F., Zavrjuha, A. H. (1996). Osnovy nauchnykh issledovanij v agronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Kolos, Moskva, 336.
12. Mykolaiko, V.P. (2016). Features of growth and development of root chicory seeds depending on mineral nutrition. Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy. Poltava. 4. pp. 66–71.
13. Mykolaiko, V.P. (2017). Osoblyvosti formuvannia nasinnia tsykoriuu koreneplidnogo zalezno vid mineralnogo zhyvlennia v umovakh zroshennia [Peculiarities of root chicory seed formation depending on mineral nutrition under irrigation conditions]. Tavriiskyi naukovyi visnyk Khersonskoho DAU [Tavriya Scientific Bulletin of Kherson State Agrarian University]. 97, 80–89.
14. Ovcharuk, V.I & Tkach O.V. (2020). Water consumption during the formation of the chicory root crop. Sovremennye tehnologii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva. Sbornik nauchnykh statej po materialam HHIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferentsii [Modern technologies of agricultural production. Collection of scientific articles on the materials of the XXIII International scientific-practical conference]. Grodno, 122–123.
15. Pochinok, H. N. (1976). Metody biohimicheskogo analiza rastenij [Methods of biochemical analysis of plants]. Kiev, Naukova dumka, 165–178.
16. Rinkis, G.Ya., Ramane, H.K. & Paegle, G.V. (1989). Sistema optimizatsii i metody diagnostirovanija mineral'nogo pitania rastenij [Optimization system and methods of diagnosing mineral nutrition of plants]. Riga, Zinatne, 196 p.
17. Tkach, O.V., Ovcharuk, V.I. (2020). Water consumption by chicory root plants in the agrophytocenosis for the formation of its mass. Coll. Science. works "Agrobiologia" Bila Tserkva NAU. White Church. 1. P. 175–180.
18. Tkach, O.V. (2017). Botanical and biological features of chicory root. The latest agricultural technologies: theory and practice: mater. Intern. scientific-practical conf. (Vinnytsia: NAASU). Nilan-LTD. Vinnytsia . 153–54.
19. Tkach, O.V. (2019). Crop rotation in the cultivation of chicory root. Agricultural science and education in the context of European integration. Coll. Science. works: int. scientific-practical conf. (Ternopil, March 20–21, 2019). Ternopil : Krok. P. 155–157.
20. Tkach O.V. (2020). Features of the water regime of chicory root crops in ensuring high productivity. Scientific journal «Almanahul SWorld» 4, Balti, Moldova. 113–118.
21. Tkach, O.V. (2020). Photosynthetic activity of chicory root plants. Scientific reports of NULES of Ukraine. Kyiv. 2. Access mode: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/13686/12107>.
22. Tkach, O.V. (2020). The role of microorganisms in the root nutrition of chicory plants. The VI International scientific and practical conference "Dynamics of the development of world science" (February 19–21, 2020) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 1145–1149.
23. Tkach, O.V. (2019). Osoblyvosti formuvannia masy koreneplodiv tsykoriuu zalezno vid mineralnogo zhyvlennia [Features of the formation of the mass of chicory roots depending on mineral nutrition]. Zb. nauk. prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovkykh buriakiv [Coll. Science. Proceedings of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets]. 27. 55–67.
24. Tkach, O.V. (2020). Osoblyvosti rostu i rozvytku roslin tsykoriuu koreneplidnogo do i pislia perezymivli [Features of growth and development of root chicory plants before and after overwintering]. Naukovo-vyrobnychiy fakhovyj zhurnal Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii [Research and production professional journal Visnyk of Poltava State Agrarian Academy]. 1, 74–80.
25. Tkach, O.V. (2020). Role of micronutrients in increasing crop yields chicory root. International periods scientific journal. Modern scientific researches. 11, 3, 60–65.
26. Tkach, O.V., Kurilo, V.L. & Derevyansky, V.P. (2013). Rekomendatsii z tekhnolohii vyroshchuvannia tsykoriuu koreneplidnogo [Recommendations for the technology of growing chicory root]. Kamianets-Podilskyi, Axioma, 70.

27. Velychko, L. N. Merkusyhna, A. C. & Chorna, L. V. (2006). Praktykum z fiziologii roslyn [Workshop on plant physiology]. Uman, 108 p.
28. Zub, P.M., Kuzmich, N.K. (1986). Improved technology of chicory cultivation. Technique in agriculture. 4. 76–83.
29. Zubkov, N.V & Maidebura N.M (2004). Vlihanie predshestvennikov i udobrenij na urozhajnost' cikoriya kornevogo [Influence of precursors and fertilizers on the chicory root yield]. Vestnik RGAZU. Agronomija [RGAZU newspaper. Agronomy]. 146–148.
30. Zubok, P.M. (1952). Influence of various forms of potash fertilizers on the yield and coke and chicory quality. Bulletin of agricultural science. Minsk. 5.

Ovcharuk O. I., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Podilskyi State University, Kamianets-Podilskyi, Ukraine

Tkach O. V., Doctor (Agricultural Sciences), Associate Professor, Podilskyi State University, Kamianets-Podilskyi, Ukraine

Ovcharuk O. I., Doctor (Agricultural Sciences), Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The significance of the role of organic-mineral fertilizers in the root nutrition of plants chicory

Study of the influence of organo-mineral fertilizers on the yield of chicory roots and on the activity of the main enzymes of the class of oxidoreductases (catalase, peroxidase, polyphenol oxidase) in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Analysis, synthesis, generalization, laboratory and field experiment. The accumulation of NPP in chicory plants significantly depends on the length of the interphase periods. Within the varieties of the same type in the vegetation period of development, the highest coefficient of NPP in the experiments was in the variety 'Umanskyi-99' in comparison with the variety 'Umanskyi-97'. The highest NPP was in the variety 'Umanskyi-99' on 04.08 on the variant of application of organo-mineral fertilizers (10 tons of manure + $N_{30}P_{30}K_{30}$) – 10.14 g / m² per day, slightly lower value of NPP was observed when applying separately mineral and organic fertilizers. The activity of biological processes, especially NPP, in these variants increased compared to the control, but decreased the intensity of respiration of the vegetative mass and was in the variety 'Umanskyi-97' – 0.143 mg / g for 1 hour, and in the variety 'Umanskyi-99' – 0.144 mg / g for 1 hour, respectively.

Providing favorable conditions for intensive development of microorganisms, the best conditions for feeding chicory root plants are created. Thus, from the application of organo-mineral fertilizers 10 t / ha of manure + $N_{30}P_{30}K_{30}$ the yield of root crops was the highest in the variety 'Umanskyi-97' – 35.4 t / ha and in the variety 'Umanskyi-99' – 35.8 t / ha. These variants also showed the highest catalase activity in the variety 'Umanskyi-97' 367 ml / (g × min) and 378 ml / (g × min) in the variety 'Umanskyi-99', because the higher the catalase activity, the higher the resistance of plants to adverse conditions environment.

Thus, the optimal rates of organic and mineral fertilizers increase the yield of chicory roots and activate biological indicators compared to twice the rate of individual mineral and organic fertilizers. Reducing the rates of mineral fertilizers when combined with organic fertilizers, allows them to spread over a larger area and increase the efficiency of organo-mineral fertilizers.

It should be noted that appropriate agronomic measures can guide the development of plants in the direction of increasing the yield of roots, as well as change their chemical composition and physiological and biochemical parameters of plants.

Key words: root chicory, nutrition, biological processes, microorganisms, fertilizers, productivity of photosynthesis, productivity.

ПОРІВНЯЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ СОРТІВ ТА ГІБРИДІВ МОРКВИ СТОЛОВОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Паламарчук Інна Іванівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
ORCID: 0000-0001-8582-3855
palamar-inna86@ukr.net

У статті представлено результати вивчення впливу сортів і гібридів моркви столової на її врожайність в умовах правобережного Лісостепу України. Виявлено вплив сортових особливостей на тривалість міжфазних періодів моркви столової. Встановлено, що у гібриду Ньюкасл F_1 (контроль) міжфазний період сієва – масові сходи був коротший порівняно з сортом Нантська Харківська (контроль) на 2 доби. Найкоротший період від першого листка до формування розетки відмічено у гібриду Харізма F_1 – 16 діб, що на 1 добу коротший порівняно з контролем та на 2 доби коротший порівняно з гібридом Бриліянс F_1 . Період формування розетки – формування коренеплоду тривав 14 – 16 діб і залежав від досліджуваного сорту та гібриду. Міжфазний період формування коренеплоду – технічна стиглість тривав 89 – 93 доби. Найкоротший даний період відмічено у гібриду Бриліянс F_1 – 88 діб. Найбільшу тривалість вегетаційного періоду мали рослини сорту Мазурка – 128 діб, що на 5 діб триваліший за контроль та на 6 діб триваліший порівняно з гібридом Харізма F_1 , у якого даний період тривав 122 доби.

Врожайність залежала від особливостей досліджуваного сортименту. В середньому за роки досліджень найбільшу врожайність отримано серед сортів у сорту Шантане КЛ, де приріст відносно контролю склав 1,6 т/га. Порівнюючи досліджувані гібриди, визначено, що найбільшу врожайність забезпечив гібрид Бриліянс F_1 , де приріст відносно контрольного варіанту склав 6,1 т/га. Найвищу товарність отримано у досліджуваних гібридів, яка була на рівні 80,5 – 81,3 %. Показник товарності у досліджуваних сортів був на рівні 78,3 – 79,1 %. Найбільший даний показник отримано у гібриду Бриліянс F_1 – 81,3 %, що на 0,8 % більше за контроль.

Важливим в оцінці сортів та гібридів є показники біометричних параметрів продукції. Маса коренеплоду за проведені роки досліджень становила 99,0 – 124,5 г. Найбільшу масу мали коренеплоди моркви столової сорту Шантане КЛ – 105,5 г та гібриду Бриліянс F_1 – 124,5 г, де прирости відносно контроль склала 6,2 та 10,1 г. Діаметр коренеплоду моркви столової був у межах 4,0 – 5,4 см. Найбільший показник відмічено у сорту Шантане КЛ та гібриду Ньюкасл F_1 (контроль) – 4,9 та 5,4 см. Найменшим цей показник був у сорту Мазурка та гібриду Харізма F_1 – 4,0 та 4,7 см. Найбільшу довжину коренеплоду відмічено у сорту Мазурка – 20,9 см, що більше за контроль на 6,4 см та гібриду Бриліянс F_1 – 16,4 г, де приріст відносно контролю становив 1,5 см.

Ключові слова: сорт, гібрид, біометричні показники, фенологічні спостереження, врожайність.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.14>

Вступ. Морква займає одне із основних місць у загальних посівах овочевих культур, зокрема і серед коренеплідних рослин, а також має широке поширення у світі. Цілорічне споживання моркви столової забезпечується за рахунок поживності, великому різноманіттю сортів та гібридів, доброму пристосуванню до умов вирощування, а також за рахунок високої лежкості та транспортабельності продукції. Враховуючи добове споживання овочів морква займає друге місце після капусти. Морква має, також, лікувальними властивостями і є ефективною проти ряду хвороб (Pazyuk, 2017; Vdovenko, 2018).

Морква є однією з основних сільськогосподарських культур овочевої групи і використовується у більшості в харчовій промисловості, але має місце використання і у фармацевтичній при виготовленні ліків, а також як компонент при виготовленні парфумів. Вона володіє високими смаковими характеристиками, багатим хімічним складом з великою кількістю вітамінів, зокрема, вмістом поживних речовин, який не є постійним і змінюється залежно вирощуваного сорту та гібриду, а також умов у яких ростуть рослини. Якісні коренеплоди характеризуються високим вмістом каротину та цукру, клітковини, мінеральних речовин, ефірної олії (Andreev, 2002; Vasin, 2016).

Світові площі моркви столової становлять 1,16 млн га, валовий збір при цьому складає 33,8 млн т. Найбільшим виробником моркви столової у світі є Китай, який щороку забезпечує вирощування 15,9 млн т валового збору на площі 452,5 тис га, що становить майже 50 % усіх площ вирощуваних у світі. Проте, лідером за врожайністю моркви є Велика Британія, де середня урожайність становить 63,7 т/га. Лідерами з виробництва продукції моркви столової є: Сполучені Штати Америки – 1,342 млн т, Росія – 1,303 млн т, Узбекистан – 1,107 млн т, Польща – 815 тис. т, Великобританія – 736 тис т. (Andreev, 2002; Malishev, 2013; Arscott et al., 2010).

Дані Міністерства аграрної політики України свідчать про те, що Україна посідає п'яте місце в світі за виробництвом моркви столової. Площі вирощування моркви щороку варіюють, проте вони в середньому становлять 44,2 тис. га. У останні роки відмічено тенденцію щодо зменшення структури посівних площ моркви столової майже на 20 %. Причиною цього є низька врожайність та якість продукції, що не задовольняє потреби внутрішнього і зовнішнього ринку (Varabash, 2003; Vikin, 2006, 6; Bobos', 2009). Тому, вивчення сортименту моркви столової, зокрема з врахуванням змін клімату є одним із методів підвищення урожайності.

Головним завданням овочівництва є збільшення виробництва овочів для повного задоволення потреб населення. Збільшення виробництва високоякісної продукції можливе за рахунок використання сучасних високопродуктивних сортів та гібридів (Lihac'kij, 2013; Palamarchuk, 2018; Palamarchuk, 2020).

Селерові представляють велику ботанічну родину, чисельність якої близько 250 родів і до 3000 видів. Серед коренеплідних рослин родини Селерових морква (*Daucus carota* L.) – найбільш цінний ботанічний вид, що набула поширення в усьому світі (Кус, 2018; Hornero-Méndez, 2007).

Одна із найбільш цінних продовольчих культур є морква, яка походить із Середземномор'я. В Україні та за її межами моркву столову споживають у свіжому, відвареному та замороженому вигляді. Також, морква входить до печених рибних та м'ясних страв, а також до суміші печених овочів. Перевагою моркви, також, є те, що коренеплоди її можуть тривалий час зберігатись без втрат якісних показників та смакових якостей (Кус, 2018).

За нормами Інституту харчування України одна людина в рік повинна споживати коренеплодів моркви 15,5 кг. Коренеплоди моркви столової багаті на поживні речовини, мінеральні солі та вітаміни. Морква столова у своєму складі містить багато каротину, чим підвищує стійкість організму людини проти інфекційних хвороб. У 100 г коренеплодів міститься близько 10-25 мг каротину (провітаміну А) за рахунок того, що морква каротинова в Україні займає понад 15 % посівних площ зайнятих під овочами (Palamarchuk, 2019; Palamarchuk, 2020; Palamarchuk, 2013).

За показниками хімічного складу коренеплодів моркви столової до її складу входять : 18 % сухої речовини, 6–9 % цукру, 1,2 % білків, 1,2 % мінеральних солей, а також мікроелементи, органічні кислоти, ефірні олії, а також вітаміни: В₁, В₂, РР, С.

Метою наших досліджень було провести порівняльну оцінку сортів та гібридів моркви столової в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для реалізації поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання: підібрати високоврожайні, адаптовані до умов Правобережного Лісостепу України сорти і гібриди моркви столової, дослідити особливості їх росту і розвитку, формування високого рівня урожайності та якості продукції.

Матеріали і методи досліджень. Досліди по вивченню продуктивності сортів моркви столової проводили у 2019–2021 рр. в умовах дослідного поля ВНАУ. Згідно методичних вказівок розробляли схему досліду та проводили спостереження за фенологічними фазами, обліки та визначення біометричних параметрів і врожаю (Bondarenko, Yakovenko, 2001). Попередником моркви столової були огірки. Дослід включав 6 варіантів з триразовою повторністю. Варіантами досліду були: сорти – Нантська Харківська (контроль), Шантане КЛ, Мазурка; гібриди – Ньюкасл F₁ (контроль), Бриліанс F₁, Харізма F₁.

Площа облікової ділянки складала 5 м², а кількість облікових рослин на одному варіанті 10. Сівбу прово-

дили у першій декаді квітня. Насіння висівали вручну з міжряддям 45 см.

Протягом вегетації проводили фенологічні спостереження і біометричні вимірювання. Згідно методики дослідної справи відмічали такі фази росту та розвитку моркви столової: поодинокі та масові сходи, формування першого листка, формування коренеплоду, фази технічної стиглості. Вимірювали масу коренеплоду у динаміці (Bondarenko, Yakovenko, 2001).

Облік врожаю проводили в технічній стиглості рослин згідно вимог чинного стандарту (DST України. 7035: 2009, 2010). Масу коренеплодів з кожної ділянки окремо визначали методом зважування, діаметр плодів – за допомогою штангенциркуля, довжину – за допомогою мірної лінійки. Одержані в досліді показники обробляли статистично, методом дисперсійного аналізу (Moiseichenko V. F., 1992).

Результати. Проведені дослідження показали, що залежно від досліджуваних сортів та гібридів тривалість міжфазних періодів була різною (табл. 1). Міжфазний період сівба – масові сходи коротший був у гібриду Ньюкасл F₁ (контроль) – 32 доби, що на 2 доби коротший порівняно з сортом Нантська Харківська. Найтриваліший цей період був у сорту Мазурка – 35 дб, що на 1 добу триваліший за контроль та на 3 доби триваліший за гібрид Ньюкасл F₁.

Міжфазний період масові сходи – перший листок різнився лише між сортами та гібридами. Так, у досліджуваних сортів він тривав 3 доби, у досліджуваних гібридів – 4 доби.

Найкоротший період від першого листка до формування розетки відмічено у гібриду Харізма F₁ – 16 дб, що на 1 добу коротший порівняно з контролем та на 2 доби коротший порівняно з гібридом Бриліанс F₁. Найтриваліший даний період відмічено у гібриду Бриліанс F₁ – 18 дб.

Період формування розетки – формування коренеплоду тривав 14–16 дб і залежав від досліджуваного сорту та гібриду. Проте, найтривалішим він був у сорту Мазурка – 16 дб, що на 1 добу коротший за контроль.

На формування коренеплоду здійснюють вплив умов вирощування, технологія вирощування та сортимент. Міжфазний період формування коренеплоду – технічна стиглість тривав 89 – 93 доби. Найтривалішим даний період зафіксовано у сорту Мазурка – 93 доби, що триваліший від контролю на 4 доби. Найкоротший даний період відмічено у гібриду Бриліанс F₁ – 88 дб.

На тривалість вегетаційного періоду впливають сортові особливості та умови вирощування. Істотно більшу тривалість вегетаційного періоду мали рослини сорту Мазурка – 128 дб, що на 5 дб триваліший за контроль та на 6 дб триваліший порівняно з гібридом Харізма F₁, у якого даний період тривав 122 доби. Істотність даної різниці підтверджено результатами дисперсійного аналізу.

Під час проведення досліджень проводили біометричні вимірювання, зокрема, ріст коренеплодів в динаміці (табл. 2). Вимірювання маси коренеплоду в динаміці показало, що вона змінювалась залежно від сорту чи гібриду та змінювалась по періодах вимірювання.

Міжфазні періоди рослин моркви столової залежно від сортових особливостей, діб, 2019-2021 рр.

Сорт, гібрид	Період між окремими фазами, діб					
	сівба – масові сходи	масові сходи – перший листок	перший листок – формування розетки	формування розетки – формування коренеплоду	формування коренеплоду – технічна стиглість	тривалість вегетаційного періоду
Нантська Харківська (контроль)	34	3	17	15	89	123
Шантане КЛ	33	3	17	14	89	122
Мазурка	35	3	17	16	93	128
Ньюкасл F ₁ (контроль)	32	4	17	14	89	123
Бриліанс F ₁	33	4	18	15	88	124
Харізма F ₁	33	4	16	14	89	122
НІР _{0,5}	1,8	0,7	1,7	1,5	1,9	2,5

Таблиця 2

Динаміка росту коренеплодів моркви столової залежно від сорту, гібриду, г, (середнє за 2019-2021 рр.)

Сорт, гібрид	Маса коренеплоду, г		
	I декада липня	I декада серпня	I декада вересня
Нантська Харківська (контроль)	32,8	74,9	99,0
Шантане КЛ	34,4	79,9	105,2
Мазурка	33,6	77,8	102,1
Ньюкасл F ₁ (контроль)	37,2	78,2	114,4
Бриліанс F ₁	38,6	80,1	124,5
Харізма F ₁	36,5	75,9	122,8
НІР _{0,5}	0,4	1,9	2,3

Найбільшу масу коренеплоду у I декаді липня мали рослини у сорту Шантане КЛ – 34,4 г, що на 1,6 г більше за контроль. Порівнюючи сорти та гібриди більшу масу коренеплоду мали гібриди. Найбільшу масу коренеплоду відмічено у гібриду Бриліанс F₁ – 38,6 г, що на 1,4 г більше за контроль та на 4,2 – 5,8 г більше від сортів. Таку ж закономірність відмічали і у I декаді серпня. Зокрема, найбільшу масу коренеплоду відмічено у гібриду Бриліанс F₁ – 80,1 г, що на 1,9 г більше за контроль. У I декаді вересня в середньому за роки досліджень маса коренеплоду складала 99,0 – 124,5 г. Серед досліджуваних сортів найбільшу масу мали коренеплоди сорту Шантане КЛ – 105,2 г, що на 6,2 г більше за контроль. Серед досліджуваних гібридів найбільшу масу мали коренеплоди гібриду Бриліанс F₁ – 124,5 г, що на 10,1 г більше за контроль.

Отже, більшими показниками маси коренеплодів характеризувались досліджувані гібриди моркви столової. Серед сортів найбільшим даним показником характеризувались коренеплоди сорту Шантане КЛ. Істотність даної різниці підтверджено результатами дисперсійного аналізу.

Найважливішим показником в оцінці сортів та гібридів є врожайність (табл. 3). Врожайність коренеплодів залежала від особливостей досліджуваного сортименту. Найбільшу врожайність отримано серед сортів у сорту Шантане КЛ, де приріст відносно контролю склав 1,6 т/га. Порівнюючи досліджувані гібриди, визначено, що най-

більшу врожайність забезпечив гібрид Бриліанс F₁, де приріст відносно контрольного варіанту склав 6,1 т/га. Істотність даної різниці підтверджено результатами дисперсійного аналізу по роках досліджень. В цілому порівнюючи сорти та гібриди варто відмітити, що досліджувані гібриди були більш врожайними.

Найвищу товарність отримано у досліджуваних гібридів, яка була на рівні 80,5 – 81,3 %. Показник товарності у досліджуваних сортів був на рівні 78,3 – 79,1 %. Найбільший даний показник отримано у гібриду Бриліанс F₁ – 81,3 %, що на 0,8 % більше за контроль.

Важливим в оцінці сортів та гібридів є показники біометричних показників продукції (табл. 4).

Маса коренеплоду за проведені роки досліджень становила 99,0–124,5 г. Найбільшу масу мали коренеплоди моркви столової сорту Шантане КЛ – 105,5 г та гібриду Бриліанс F₁ – 124,5 г, де прирости відносно контролів склали 6,2 та 10,1 г. Дисперсійний аналіз підтвердив істотність різниці між досліджуваними сортами, гібридами та контрольними варіантами.

Діаметр коренеплоду моркви столової був у межах 4,0–5,4 см. Найбільший показник відмічено у сорту Шантане КЛ та гібриду Ньюкасл F₁ (контроль) – 4,9 та 5,4 см. Найменшим цей показник був у сорту Мазурка та гібриду Харізма F₁ – 4,0 та 4,7 см. Даний показник залежав від сортименту моркви столової.

На довжину коренеплоду мали вплив сортові особливості. Довжина коренеплоду залежала від сортименту.

Товарна урожайність коренеплодів моркви столової залежно від сорту, гібриду

Сорт, гібрид	Товарна урожайність, т/га			Середнє	Приріст \pm до контролю	Товарність, %
	2019 р.	2020 р.	2021 р.			
Нантська Харківська (контроль)	23,2	22,7	47,3	31,1	—	78,3
Шантане КЛ	24,9	24,4	48,6	32,6	1,6	79,1
Мазурка	24,0	23,3	47,8	31,7	0,6	78,8
Ньюкасл F ₁ (контроль)	25,2	24,6	48,3	32,7	—	80,5
Бриліанс F ₁	26,6	25,6	64,2	38,8	6,1	81,3
Харізма F ₁	25,8	25,1	58,6	36,5	3,8	80,8
НІР _{0,5}	0,4	0,5	0,5		—	

Таблиця 4

Біометричні показники коренеплодів моркви столової залежно від сорту, гібриду, (середнє за 2019–2021 рр.)

Сорт, гібрид	Маса коренеплоду, г	Діаметр коренеплоду, см	Довжина коренеплоду, см
Нантська Харківська (контроль)	99,0	4,4	14,5
Шантане КЛ	105,2	4,9	15,5
Мазурка	102,1	4,0	20,9
Ньюкасл F ₁ (контроль)	114,4	5,4	14,9
Бриліанс F ₁	124,5	5,3	16,4
Харізма F ₁	122,8	4,7	15,7
НІР _{0,5}	2,3	1,9	0,5

Найбільшу довжину коренеплоду відмічено у сорту Мазурка – 20,9 см, що більше за контроль на 6,4 см та гібриду Бриліанс F₁ – 16,4 г, де приріст відносно контролю становив 1,5 см.

Істотність різниці між досліджуваними варіантами і контролями, за довжиною та діаметром коренеплодів, підтверджено результатами дисперсійного аналізу.

Обговорення. На сьогоднішній день пріоритетним в технології вирощування овочевих культур є сортимент. Один із головних засобів виробництва сільськогосподарської продукції є сорт (гібрид). Враховуючи особливості сорту розробляється технологія вирощування культури, яка передбачає впровадження тих чи інших технологічних прийомів. Запровадження у виробництво сучасних сортів та гібридів моркви столової дозволяє без додаткових затрат підвищувати врожайність культури (Gary Lucier and Biing-Hwan Lin, 2007). Застосування сортів різних строків дозрівання, також, забезпечує позитивний ефект в технології вирощування моркви столової. Так, сівба скоростиглих холодостійких сортів і гібридів у південних районах дає можливість отримати продукцію у більш ранні строки і зменшити тим самим сезонне надходження продукції до споживача. В цілому для забезпечення конвеєрного надходження продукції потрібно вирощувати як ранні так і пізні сорти та гібриди (Baganski, et al., 2012; Czera, 2004).

Однією із вимог до сортименту моркви столової є пластичність їх до умов вирощування, висока і стабільна врожайність та висока якість продукції. Цінуються, також, сорти та гібриди, які не змінюють свою якість за внесення гербіцидів чи інших засобів захисту, позитивно реагують на внесення добрив та зрошення.

Також, потрібно відмітити, що сорти повинні формувати високий врожай як за високих температур, так і за низьких. На сьогоднішній день селекційна робота спрямована на створення сортів та гібридів, які характеризуються стійкістю проти хвороб та шкідників, що зменшує потребу у застосуванні засобів захисту рослин, що в свою чергу підвищує врожайність та покращує якість продукції. Придатність сортів і гібридів до механізованого збирання дає можливість зменшити затрати праці на їх вирощування. Існують думки, що сорт відіграє важливу роль у формуванні врожаю і може впливати від 20-40 до 70 % і більше (Da Silva et al., 2007; Haskell, 2005; Hedrén, 2002). Таким чином, велика різноманітність сортів дає можливість обрати найбільш продуктивний, який буде забезпечувати найвищі показники врожаю з високою їх якістю.

Висновки. Проведені дослідження показали, що сорти та гібриди моркви столової впливали на тривалість міжфазних періодів, біометричні параметри продукції та врожайність коренеплодів в цілому. Найбільшу тривалість вегетаційного періоду мали рослини сорту Мазурка – 128 діб, що на 5 діб триваліший за контроль та на 6 діб триваліший порівняно з гібридом Харізма F₁, у якого даний період тривав 122 доби. Найбільшу масу коренеплоду відмічено у гібриду Бриліанс F₁ – 38,6 г, що на 1,4 г більше за контроль та на 4,2 – 5,8 г більше від сортів. Найбільшу врожайність отримано серед сортів у сорту Шантане КЛ, де приріст відносно контролю склав 1,6 т/га. Найбільшу врожайність серед гібридів забезпечив гібрид Бриліанс F₁, де приріст відносно контрольного варіанту склав 6,1 т/га. Найбільший показник товарності отримано у гібриду Бриліанс F₁ – 81,3 %, що на 0,8 % більше за контроль.

Бібліографічні посилання:

1. Anatomichni oznaky koreneplodiv morkvy posivnoi. [Anatomical features of carrot roots] (2017) D.-M. V. Paziuk, U. V. Hrynenko, O. A. Kyslychenko, I. O. Zhuravel. Informatsiinyi lyst № 160-2017, 14. Ukrmedpatentinform «Farmatsiia». 3 (in Ukrainian).
2. Andreev, Yu. M. (2002) Ovoschevodstvo. [Vegetable growing] ProfObrlzdats, M. 257 (in Ukrainian).
3. Barabash, O. Yu., Shram, O. D., Hutyria, S. T. (2003) Stolovi koreneplody. [Table roots] Vyshchashkola. K. 85 s. (in Ukrainian).
4. Barabash, O. Yu., Taranenko, L. K., Sych, Z. D Morkva stolova – tekhnolohiia vyroshchuvannia [Table carrots – growing technology]. Biologicheskie osnovy ovoschevodstva. Access mode: https://agromage.com/stat_id.php?id=23 (in Ukrainian).
5. Bykin, A. V., Honchar, S. H. (2006) Intensyfikatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia morkvy stolovoi. [Intensification of table carrot growing technology] Access mode: <file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/znpzeml.1-2.28.pdf> (in Ukrainian).
6. Bobos, I. M. Zavadska, O. V. (2009) Urozhainist ta yakist sortiv morkvy zalezho vid strokiv sivby. [Yield and quality of carrot varieties depending on sowing dates]. Ahrobiolohiia: Zbirnyk naukovykh prats. Bilatserkva. 1(64). 125–128 (in Ukrainian).
7. Bondarenko H. L., Yakovenko K. I. (2001) Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi. [Methods of research in vegetable growing and melon growing] Osnova. Kh.: 369 s. (in Ukrainian).
8. Viktor Vasin (2016) Vyroshchuvannia hibrydiv sortotypu Shantane. [Growing hybrids of the Shantane variety]. Plan-tator. 46–50 (in Ukrainian).
9. (2010) DST Ukrainy 7035: 2009 Morkva svizha. [Fresh carrots]. Tekhnichni umovy : Vveden. 01.01.2010. K. : yzd. ofytsyalnoe, 2010, 18 s. (in Ukrainian).
10. Kuts O. V., Mohylina O. M., Dukhin Ye. O., Mohylnyi V. V., Mohylnyi M. V. (2018) Elementy bezperesadkovoï tekhnolohii vyroshchuvannia nasinnia morkvy [Elements of non-transplant technology for growing carrot seeds]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Serii «Roslynytstvo, selektsiia i nasinytstvo, plodoovochivnytstvo i zberihannia». 2018, Vyp. 2. S. 103–111 (in Ukrainian).
11. Lykhatskyi V. I., Ulianych O. I. (2013) Tekhnolohiia vyroshchuvannia morkvy stolovoi [Technology of growing table carrots]. Uman, 2013. 10 s. (in Ukrainian).
12. Malyshev V. V. (2013) Urozhainist morkvy stolovoi za kraplynnoho zroshennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Yield of table carrots under drip irrigation in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. S. 1–4 [file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/nvnau_agr_2013_183\(1\)_30-1.pdf](file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/nvnau_agr_2013_183(1)_30-1.pdf) (in Ukrainian).
13. Moiseichenko V. F. (1992) Osnovy naukovykh doslidzhen u plodivnytstvi, ovochivnytstvi, vynohradarstvi ta tekhnolohii zberihannia plodoovochevoi produktsii [Fundamentals of scientific research in horticulture, vegetable growing, viticulture and storage technology of fruit and vegetable products]. K. : UMKVO, 344 s.
14. Morkva : khimichni sklad, kaloriinist, korysni vlastyvoli [Carrots: chemical composition, calories, useful properties]. <https://dovidka.biz.ua/morkva-himichniy-sklad-kaloriinist-korysni-vlastyvoli/> (in Ukrainian).
15. Palamarchuk I. I. (2018) Vplyv sortovykh osoblyvosti na vrozhaïnist ta biometrychni pokaznyky produktsii buriaka stolovoho v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Influence of varietal characteristics on yield and biometric indicators of table beet production in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo. № 9. Vinnytsia. S. 143–153 (in Ukrainian).
16. Palamarchuk I. I. (2019) Dynamika formuvannia ploshchi lystkiv roslyn buriaka stolovoho zalezho vid sortovykh osoblyvosti ta stroku sivby v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Dynamics of formation of the area of leaves of plants of table beet depending on varietal features and term of sowing in the conditions of the right-bank Forest-steppe of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo. № 4(15). Vinnytsia. 2019. S. 173–182 (in Ukrainian).
17. Palamarchuk I.I. (2020) Vplyv strokiv sivby na formuvannia vrozhaïu buriaku stolovoho v pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Influence of sowing dates on the formation of table beet harvest in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine]. Visnyk umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. № 1. S. 54–58 (in Ukrainian).
18. Palamarchuk I.I. (2013) Efektyvnist mulchuvannia gruntu za vyroshchuvannia kabachka v Lisostepu Ukrainy [Efficiency of soil mulching for zucchini cultivation in the Forest-Steppe of Ukraine]. Zbirnyk tez Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh «Selektsiini i tekhnolohichni innovatsii v ovochivnytstvi, rezervy zbilshennia vyrobnytstva produktsii ta nasinnia». Instytut ovochivnytstva i bashtannytstva. S. 109–111 (in Ukrainian).
19. Palamarchuk I.I. (2020) Osoblyvosti vyroshchuvannia kabachka za mulchuvannia hruntu v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho Ukrainy [Peculiarities of zucchini cultivation for soil mulching in the Forest-Steppe conditions of the right-bank Ukraine]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. № 2(84). S. 1–11 (in Ukrainian).
20. Arscott, S.A., and Tanumihardjo, S.A. (2010) Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(2). 223–239.
21. Baranski, R. et al. (2012) Genetic diversity of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars revealed by analysis of SSR loci. *Genet. Resour. Crop Evol.* 59. 163–170.
22. Czepa, A., and Hofmann, T. (2004) Quantitative studies and sensory analysis on the influences of cultivar, spatial tissue distribution, and industrial processing on the bitter off-taste of carrots (*Daucus carota* L.) and carrot products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52. 4508–4514.
23. Da Silva, E. A. et al. (2007) Chemical, physical and sensory parameters of different carrot varieties (*Daucus carota* L.). *J. Food Process Eng.* 30. 746–756.
24. Gary Lucier and Biing-Hwan Lin (2007) Factors Affecting Carrot Consumption in the United States. Factors Affecting Carrot Consumption in the United States / VGS319-01 Economic Research Service/USDA. P. 1–21. https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/39511/11719_vgs31901_1_.pdf?v=909.4

25. Haskell, M.J., Pandey, P., Graham, J.M., Peerson, J.M., Shrestha, R.M., and Brown, K.H. (2005) Recovery from dark adaptation in nightblind pregnant women who receive small daily doses of vitamin A as amaranth leaves, carrots, goat liver, vitamin A-fortified rice, or retinyl palmitate. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81. 461–71.
26. Hedrén, E., Diaz, V., and Svanberg, U. (2002) Estimation of carotenoid accessibility from carrots determined by an in vitro digestion method. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56. 425–430.
27. Hornero-Méndez, D., and Mínguez-Mosquera, M.I. (2007) Bioaccessibility of carotenenes from carrots: effect of cooking and addition of oil. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8. 407–412.
28. Vdovenko S.A., Palamarchuk I.I., Pantsyreva H.V., Alexeyev O.O., Vdovenko L.O. (2018) Energy efficient growing of red beet in the conditions of central forest steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 34–40 (in Ukrainian).

Palamarmuk I. I., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsa, Ukraine

Productivity of table carrot varieties in the conditions of the right bank forest steppe of Ukraine

The article presents the results of studying the influence of table carrot varieties on its productivity in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. The influence of varietal characteristics on the duration of interphase periods of table carrots was revealed.

The interphase period of sowing – mass germination was shorter in the hybrid Newcasl F_1 (control) – 32 days, which is 2 days shorter compared to the variety Nantska Kharkivska. The shortest period from the first leaf to the formation of the rosette was observed in the hybrid Charisma F_1 – 16 days, which is 1 day shorter compared to the control and 2 days shorter compared to the hybrid Brilliance F_1 . The period of rosette formation – root formation lasted 14 – 16 days and depended on the studied variety and hybrid. The interphase period of root formation – technical maturity lasted 89 – 93 days. The shortest period was observed in the hybrid Brilliance F_1 – 88 days. Mazurka plants had the longest vegetation period – 128 days, which is 5 days longer than the control and 6 days longer compared to the Charisma F_1 hybrid in which this period lasted 122 days.

Yield depended on the characteristics of the studied range. On average, over the years of research, the highest yield was obtained among the varieties in the variety Shantane KL, where the increase relative to control was 1.6 t / ha. Comparing the studied hybrids, it was determined that the highest yield was provided by the hybrid Brilliance F_1 , where the increase relative to the control variant was 6.1 t / ha. The highest marketability was obtained in the studied hybrids, which was at the level of 80.5 – 81.3%. The marketability index of the studied varieties was at the level of 78.3 – 79.1%. The highest figure was obtained in the hybrid Brilliance F_1 – 81.3%, which is 0.8% more than the control.

Indicators of biometric parameters of products are important in the evaluation of varieties and hybrids. The weight of root crops for the years of research was 99.0 – 124.5 g. The largest mass was the roots of table carrots Shantane KL – 105.5 g and hybrid Brilliance F_1 – 124.5 g, where gains relative to controls were 6.2 and 10.1 g. The diameter of the root of carrots was in the range of 4.0 – 5.4 cm. The highest rate was observed in the variety Shantane KL and hybrid Newcasl F_1 (control) – 4.9 and 5.4 cm. The lowest rate was in the variety Mazurka and Charisma F_1 hybrid – 4.0 and 4.7 cm. The largest root length was observed in the variety Mazurka – 20.9 cm, which is more than the control by 6.4 cm and hybrid Brilliance F_1 – 16.4 g, where the increase is relatively control was 1.5 cm.

Key words: variety, hybrid, biometric indicators, phenological observations, yield.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ШИПОНОСОК (COLEOPTERA: MORDELLIDAE) В АГРОЦЕНОЗІ КОНОПЛЯНОГО ПОЛЯ У ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Півторайко Віктор Володимирович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-0179-8646

pivtoraiko@gmail.com

У статті висвітлено результати досліджень фенології та деяких особливостей біології представників родини Mordellidae, які заселяли травостій конопляного поля. Показано їх сезонну динаміку чисельності та проходження основних стадій розвитку відповідно до фенофази рослин конопель. За результатами проведених у 2019–2021 рр. польових досліджень встановлено, що в умовах північно-східної частини Лівобережного Лісостепу України у травостій конопель посівних основними представниками шипоносок були *Mordellistena parvula* Gyll. та *Mordellistena connata* Erm. Досліджено, що активізація їх личинок після перезимівлі відбувається за стійкого переходу середньодобової температури через +10 °C у бік підвищення та вологості повітря у межах 58–85 %. Заляльковування розпочинається у другій половині травня або на початку червня за накопичення СЕТ у межах 129,4–202,8 °C і середньодобовій температурі повітря +13,8–15,6 °C та його вологості у межах 68–88 %. Розвиток лялечок триває 13–18 днів при середньодобовій температурі +19,7–23,2 °C. Вихід жуків відбувається з кінця третьої декади травня, у другій декаді червня за СЕТ 164,8–175,3 °C та середньодобовій температурі повітря у межах +19,7–23,2 °C. Масовий літ імаго спостерігається з середини другої декади червня або на початку липня за середньодобової температури повітря +24,0–26,1 °C і співпадає з фенофазою початку цвітіння чоловічих квіток у рослин конопель.

Період льоту жуків у травостій конопель посівних продовжується до першої декади серпня і триває 1,5–2 місяці при середньодобовій температурі повітря +19,2–24,7 °C. Яйцекладка розпочинається за СЕТ 169,0–178,3 °C та середньодобової температури повітря +24,1–26,2 °C і його вологості на рівні 51–60 % та співпадає з цвітінням чоловічих квіток у рослин конопель. Ембріональний розвиток триває 15–20 днів при середньодобовій температурі повітря +22,4–26,5 °C. Відродження молодих личинок відбувається за накопичення СЕТ у межах 245,2–248,8 °C у фазу технічної стиглості рослин конопель. Розвиток личинок у стеблі конопель посівних до стану діапаузи може тривати від 64 до 103 днів за середньодобової температури повітря +17,9–20,4 °C та СЕТ від 696,6 до 913,4 °C. Повний цикл розвитку шипоносок (від моменту активізації личинок навесні до стану їх діапаузи восени) відбувається при СЕТ у межах 1498,2–1623,9 °C за порогу температурного режиму вище +10 °C. Загальна тривалість розвитку генерації у середньому складає близько 161 днів при середньодобовій температурі повітря +21,0 °C.

Ключові слова: *Mordellistena parvula*, *Mordellistena connata*, фенологія, динаміка чисельності, метеоумови, коноплі посівні.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.15>

Вступ. Коноплі посівні високорентабельна, надзвичайно важлива сільськогосподарська культура широке значення та користь якої обумовлюється господарсько корисними ознаками, що дає змогу повноцінного використання усіх складових рослини для виробництва численних екологічно безпечних продуктів з безліччю застосувань у різних сферах людської діяльності (Marchenko, 2015; Wojko et al., 2018; Crini et al., 2020).

В сучасних умовах коноплевиробництва однією з найбільш значимих причин прямих втрат урожаю коноплепродукції є пошкодження комахами-шкідниками. Поряд із небезпечними спеціалізованими та численними багатодітними видами комах-фітофагів (McPartland et al., 2000; Fedorenko et al., 2016; Cranshaw et al., 2019; Pivtoraiko et al., 2020) останніми роками на конопляному полі спостерігається тенденція до зростання щільності популяції та рівня шкідливості деяких хортобіонтних видів з ряду твердокрилих (Coleoptera) родини горбатки або шипоноски (Mordellidae) (Pivtoraiko & Kabanets, 2020; Pivtoraiko, 2022). Шкоджають рослинам личинки, які харчуються серцевинною тканиною в середині стебла або його відгалу-

женнях пророблюючи у них повздовжні дещо звивисті ходи. Під час живлення вони можуть проникати нижче зони кореневої шийки та у підземну частину. Пошкоджені личинками рослини мають нижчу продуктивність і якість урожаю насіння. Стебла, в яких личинки знищили серцевину схильні до зламів у вітряну погоду, що в свою чергу ускладнює механізоване збирання врожаю. Окрім прямої шкоди вони також створюють умови для проникнення збудників небезпечних грибних і вірусних хвороб. Імаго ж шипоносок масово концентруються на квітучих рослинах, переважно з родин зонтичних (Ariaceae) та айстрових (Asteraceae), де жилилися пилком квітів. За сприятливих умов деякою мірою виступають, як запилювачі ентомофільних рослин та можуть бути переносниками їх грибних і вірусних хвороб (Fedorenko et al., 2009; Mrunskyi, 2020). Згідно з даними наукової літератури ця група шипоносок є шкідниками деяких технічних, ефіроолійних та лікарських рослин (Batten, 1976; Koraneva, 1981; Jakutkin, 2003).

Зазначається, що початок заляльковування зимуючих личинок у південних районах європейської частини

відбувається з середини квітня. Вихід жуків у лісостеповій зоні України спостерігається на початку травня, у степовій – з середини, або кінця квітня. Масовий вихід відбувається у травні, збігаючись з фазою бутонізації – початком цвітіння основних кормових рослин, і продовжується до кінця липня, рідше – початку серпня. Тривалість життя імаго становить 1,5–2 місяці. Залежно від температурних умов середовища через 10–14 діб після відкладання яєць у внутрішній паренхімній тканині відроджуються дрібні молоді личинки, які вгризаються в середину стебла де проточують поздовжні ходи живлячись тканиною. З настанням холодів значна кількість личинок концентрується у прикореневій частині стебла, де і зимують. Навесні піднімаються догори, живлячись відмерлими тканинами стебла минулорічних рослин чи їх решток. Завершивши харчування, попередньо проточують ходи біля зовнішніх стінок в кінці яких заляльковуються (Odnosum, 1998; Odnosum, 2010).

Варто зауважити, що фенологія та особливості розвитку шипоносок у північно-східній частині Лівобережного Лісостепу України на конопляному полі достовірно не досліджені. У зв'язку з цим важливого значення набуло вивчення та отримання об'єктивної інформації про фенологію видів, які масово заселяли посіви конопель та порівняння її з динамікою кліматичних показників, що є важливою складовою у прогнозуванні появи тієї чи іншої стадії розвитку і прийнятті рішень щодо доцільності застосування засобів регулювання їх чисельності.

Матеріали і методи досліджень. Вивчення особливостей фенології та біології видів шипоносок проводили упродовж 2019–2021 рр. у польових умовах науково-експериментальної бази Інституту сільського господарства Північного Сходу Національної академії аграрних наук України (Сумська обл., Сумський р-н, с. Сад), що знаходиться у північно-східній частині Лівобережного Лісостепу України на природному фоні заселення фітофагами посіву конопель посівних сорту Глесія. Коноплі вирощували на двобічне використання, як просапну культуру із шириною міжрядь 45 см за рекомендованою для даної зони технологією.

Виявлення кожної фази розвитку горбаток (шипоносок) у польових умовах здійснювали відповідно до загальноприйнятих в ентомології методик. Дослідження інтенсивності льоту та сезонної динаміки чисельності жуків шипоносок у травостої конопляного поля проводили за допомогою подекадного косіння стандартним ентомологічним сачком (по 10 помахів у 10-ти місцях по двох діагоналях поля) упродовж усієї вегетації культури. Строки початку яйцекладки визначали шляхом взяття проб рослин та ретельного їх огляду всіх частин за допомогою лупи в лабораторних умовах. Відродження личинок та появу лялечок визначали шляхом розтину й огляду стебел конопель посівних (Poljakov et al., 1984; Omeliuta et al., 1986).

Для встановлення термінів появи певних стадій розвитку горбаток (шипоносок) проводився підрахунок суми активних температур (CAT) за формулою (1) (Trybel et al., 2001):

$$CAT = nt_1 + nt_2 + \dots + nt_n, \quad (1)$$

де n – кількість днів у декаді; t_1 – середня декадна температура першої декади вище $+10$ °C; t_n – середня декадна температура останньої декади вище $+10$ °C.

Суму ефективних температур (CET) розраховували за формулою (2) (Trybel et al., 2001):

$$CET = (t_c - t_{6n}) * N, \quad (2)$$

де t_c – середньодобова температура, вища біологічного порогу, °C; t_{6n} – температура біологічного порогу; N – кількість днів аналізованого періоду.

Окрім даних температури, які впливали на розвиток фітофагів обчислювали також гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) за формулою (3) (Seljaninovic, 1928):

$$ГТК = \frac{10 \sum R}{CAT}, \quad (3)$$

де $\sum R$ – сума опадів за аналізований період;

CAT – сума активних температур, вище $+10$ °C, за цей період.

Метеорологічна інформація для проведення відповідних розрахунків отримана з пункту метеоспостереження Інституту СГПС НААН, розташованого безпосередньо у межах дослідних полів (Zhurnal dlia zapysu meteorologichnykh sposterezhen meteorosta Instytutu silskoho hospodarstva Pivnichnoho skhodu 2019, 2020, 2021).

Результати. За результатами проведених обліків виявлено, що в агробіоценозі конопляного поля основними видами шипоносок були: соняшниковка шипоноска – *Mordellistena parvula* Gyll. та шипоноска – *Mordellistena connata* Erm. Встановлено, що рослини конопель пошкодували їх личинки, які після відродження активно вгризалися у стінки та середину стебла чи бічних його відгалужень, де харчувались соковитою серцевинною тканиною прогризаючи тонкі звивисті ходи та заселяючи більшу частину довжини рослини. Відмічено, що у процесі живлення також проникали нижче зони кореневої шийки у підземну частину рослини. При цьому пошкоджували судинно-волокнисті пучки й паренхіму чим порушували процеси живлення рослин. Внаслідок цього рослини конопель мали пригнічений вигляд, відставали у рості і розвитку, листки жовтіли та обпадали. Насіння передчасно дозрівало, було щуплим, відмічалась значна пустозерність. Волокно мало погану якість, ускладнювалось механічне збирання культури.

Проаналізувавши метеорологічні умови у роки досліджень виявлено, що їх основні показники значно відрізнялись між собою (рис. 1). Це дало змогу детальніше вивчити фенологію та особливості розвитку *M. parvula* Gyll. та *M. connata* Erm. в агробіоценозі конопляного поля у північно-східній частині Лівобережного Лісостепу України.

Так, погодні умови періоду з квітня по жовтень 2019 року характеризувався екстримальним дефіцитом опадів на фоні підвищених температур. При цьому середньодобова температура повітря складала $+17,4$ °C, що на $2,6$ °C вище за середню багаторічну, на фоні випадання кількості опадів, меншої за норму на $55,9$ %. Сума активних температур (CAT) $> +10$ °C становила $3503,0$ °C, сума ефективних температур (CET) $> +10$ °C знаходилась на рівні $1713,0$ °C. Гідротермічний



Рис. 1. Метеорологічні умови у період досліджень (метеостанція Інституту СГПС, с. Сад, 2019–2021 рр.)

коефіцієнт Селянинова (ГТК) дорівнював показнику 0,62. Такі умови сприяли ранньому виходу комах-шкідників з місць зимівлі та формуванню високої щільності популяції на ділянках досліджень. Метеоумови 2020 року відзначався підвищеними температурами з помірним зволоженням. Середня температура повітря за період з квітня по жовтень була на рівні $+16,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, що на $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище за середню багаторічну. Опадів випало менше на $34,0\%$ від середньобагаторічних показників. $\text{SAT} > +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ була на рівні $3331,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{SET} > +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ знаходилась у межах $1584,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. ГТК відповідав показнику 0,77. Понижені температури повітря у квітні і травні (нижчі за багаторічну на $1,8$ та $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно) та сильних опадів у травні і першій декаді червня, що перевищували відповідно в $1,7$ та майже $2,0$ рази середньобагаторічну норму стримували розвиток передімагінальних стадій та вихід фітофагів з місць зимівлі. Це відобразилось на меншій щільності популяції та нижчому рівні пошкодження рослин. Погодні умови періоду з квітня по жовтень 2021 року характеризувались помірними температурами повітря та невеликим дефіцитом атмосферних опадів. Середньодобова температура складала $+16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, що на $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ вище за середню багаторічну, на фоні випадання кількості опадів, меншої за норму на $14,0\%$. $\text{SAT} > +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ становила $3029,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{SET} > +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ знаходилась на рівні $1509,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. ГТК дорівнював показнику 1,10. Прохолодна та дощова погода у другій половині квітня та упродовж травня (ГТК 1,88) спричиняла більш тривалий розвиток передімагінальних стадій горбаток і викликала їх загибель, що позначилось на меншій чисельності і більш пізньому заселенні посівів конопель фітофагами.

У результаті обліків чисельності жуків шипоносок упродовж 2019–2021 рр. встановлено, що початок їх льоту у травості агробіоценозу конопель посівних відбувався з кінця третьої декади травня (2019 р.) та середини другої декади червня (2020 р. та 2021 р.) і продовжувався до початку серпня.

В умовах 2019 року перші імаго *M. parvula* Gyll. у травості конопляного поля помічені у фазі 6–7 пар справжніх листків – наприкінці третьої декади травня, при середньодобовій температурі повітря $+20,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (максимальній $+31,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) та наявності незначної кількості опадів – $5,2\text{ мм}$. У цей момент їх чисельність сягала понад 10 екз./100 помахів сачком (рис. 2). Подальше поступове підвищення середньодобових температур до $+24,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ та випадання невеликої кількості опадів ($12,5\text{ мм}$) сприяли інтенсивному льоту жуків і масовому заселенню посіву конопель, що вказує на відчутне збільшення їх чисельності до 115 екз./100 помахів сачком у першій декаді червня. Пік льотної активності імаго соняшникової шипоноски (285 екз./100 помахів сачком) відмічено у середині другої декади червня за середньодобовою температурою повітря $+26,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ та відсутності опадів. Максимальна чисельність жуків фітофага співпадала із початком цвітіння чоловічих квіток у рослини конопель.

З кінця останньої декади червня щільність популяції імаго зменшувалась більш ніж у три рази і у продовж липня незважаючи на підвищення, або зниження температури та інтенсивність опадів спостерігали поступовий спад активності і зниження чисельності жуків від 31 до семи екз./100 помахів сачком. Перш за все це було зумовлене біологічними особливостями фітофага, які пов'язані з природнім відмиранням самців після запліднення самок і завершенням їх сезонного розвитку. Поодинокі особини соняшникової шипоноски (до двох екз./100 помахів сачком) спостерігали у першій декаді серпня за середньодобовою температурою $+19,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ та практичній відсутності опадів ($4,5\text{ мм}$), що вказує на закінчення періоду льоту імаго. Загалом умови 2019 року були сприятливими для розвитку фітофага, про що свідчить ранній літ жуків і значна їх чисельність.

За впливу погодних умов 2020 року – понижених температур повітря упродовж квітня і травня (нижчі за багаторічну на $1,8$ та $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно) та сильних злив

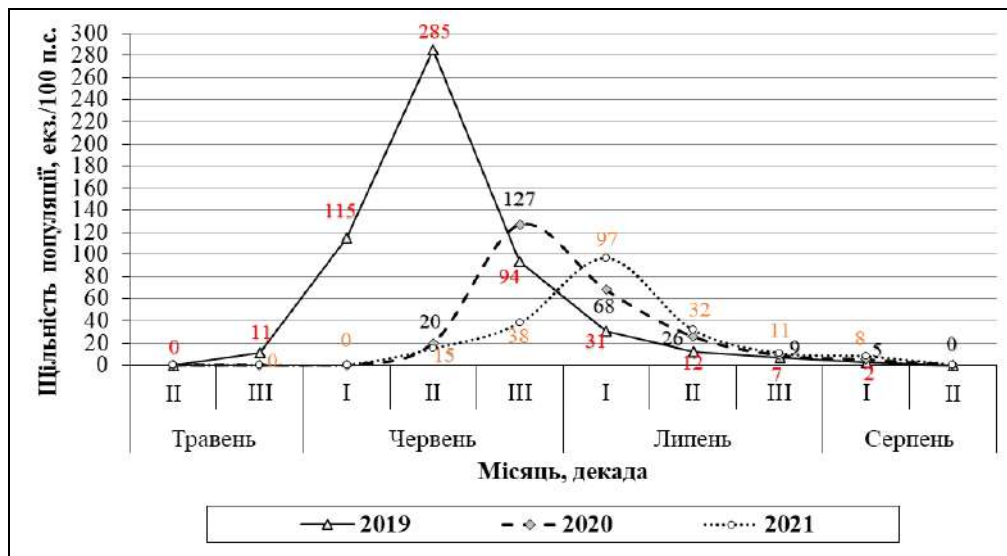


Рис. 2. Сезонна динаміка чисельності *Mordellistena parvula* Gyll. у травостої конопель посівних (Інститут СГПС НААН, 2019–2021 р.)

у травні і першій декаді червня (сума опадів 93,2 мм, ГТК 2,37 та 37,9 мм, ГТК 1,92 відповідно) початок льоту жуків *M. parvula* Gyll. на конопляному полі розпочався пізніше, ніж у минулому році – наприкінці другої декади червня. У цей час середньодобова температура становила +26,2 °C (максимальна +27,2 °C). Щільність імаго складала 20 екз./100 помахів сачком, а рослини конопель перебували у фазі 5–6 пар справжніх листків. Подальше накопичення суми ефективних температур забезпечувало різке збільшення інтенсивності льоту жуків до досягнення піку їх чисельності (127 екз./100 помахів сачком) у кінці третьої декади червня. Цей період відзначався теплою погодою із середньодобовою температурою +24,0 °C та незначною кількістю опадів (близько 12 мм), а рослини конопель перебували у фенофазі бутонізації, початку цвітіння окремих чоловічих квіток. Послаблення інтенсивності льоту та зменшення чисельності імаго соняшникової шипоноски до 68 екз./100 помахів сачком відмічено у першій декаді липня. Надалі незалежно від коливань середніх декадних температур та атмосферних опадів різної інтенсивності, у зв'язку із природним завершенням розвитку імаго, щільність популяції різко знижувалась. Закінчення періоду льоту фітофага відмічено на початку серпня за середньодобової температури повітря +21,9 °C, про що свідчить незначна кількість відловлених жуків (до п'яти екз./100 помахів сачком).

У 2021 році літ імаго *M. parvula* Gyll. (соняшникової горбатки) у травостої конопляного поля розпочався у кінці другої декади червня (15 екз./100 помахів сачком) за середньодобової температури +21,5 °C (максимальної + 25,9 °C) на фоні випадання великої кількості опадів (46,1 мм) у вигляді тривалих зливових дощів. У цей час рослини конопель перебували у фазі 5–6 пар справжніх листків. На початку першої декади липня за середньодобової температура повітря +24,1 °C та невеликої кількості опадів (7,0 мм) відмічали пік льотної активності та чисельності жуків – 113 екз./100 помахів сачком, що

співпало з фазою цвітіння чоловічих квіток у рослин конопель. У подальшому, не зважаючи на коливання гідротермічних умов із другої половини липня спостерігали зменшення інтенсивності льоту жуків, про що свідчить різке зниження їх чисельності до 32 екз./100 помахів сачком, яке пов'язане з природним відмиранням самців після запліднення самок. Завершення льоту імаго фітофага (до восьми екз./100 помахів сачком) відмічали на початку серпня за середньодобової температури повітря +23,6 °C. Загалом чисельність жуків соняшникової горбатки у травостої конопель посівних в умовах 2021 року була найменшою порівняно з минулими роками. Прохолодні умови та випадання істотних опадів з середини квітня до кінця травня (ГТК 1,88) викликали затримку розвитку та значну смертність передімагінальних стадій шкідника, що і позначилось на меншій щільності популяції фітофага.

В умовах 2019 року початок заселення травостою конопляного поля жуками *M. connata* Erm. відмічено в кінці травня при середньодобовій температурі +20,8 °C та сумі опадів близько п'яти мм. У цей момент щільність імаго становила до двох екз./100 помахів сачком, а рослини конопель перебували у фазі 6–7 пар справжніх листків (рис. 3). З підвищенням середньодобової температури повітря до +24,1 °C та випадання незначних дощів (близько 13,0 мм) у першій декаді червня спостерігали активне заселення жуками конопляного агроценозу зі збільшенням їх чисельності до 13 екз./100 помахів сачком. Масовий літ та пік чисельності шкідника (22 екз./100 помахів сачком) припадав на другу декаду червня, коли рослини конопель перебували у фенофазі початку цвітіння чоловічих квіток, а їх висота сягала 1,3–1,5 метри. Цей період відзначався теплою погодою з середньодобовою температурою +26,1 °C та відносною вологістю повітря у межах 51 %. Починаючи з третьої декади червня спостерігали спад активності і зниження чисельності імаго до 15 екз./100 помахів

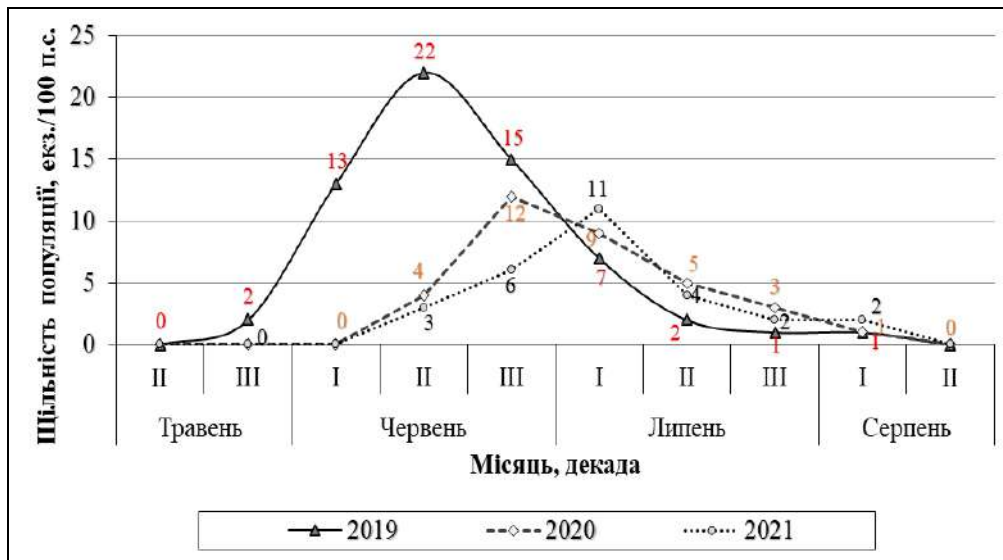


Рис. 3. Сезонна динаміка чисельності *Mordellistena connata* Erm. у травостої конопель посівних (Інститут СГПС НААН, 2019–2021 р.)

сачком, що пов'язано з природним відмиранням самців після спарювання. Поодинокі особини фітофага у травостої конопляного поля (до одного екз./100 помахів сачком) спостерігались до середини першої декади серпня за середньодобової температури $+19,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, що свідчило про завершення льоту жуків.

У 2020 році через прохолодну погоду та затяжні дощі, які йшли упродовж травня (нижчої на $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ за середній багаторічний показник температури і кількості опадів $172,6\%$ від багаторічної норми) та значної кількості опадів у першій декаді червня ($99,5\%$ понад багаторічну норму) початок заселення конопляного агроценозу жуками *M. connata* Erm. відбувся у кінці другої декади червня при середньодобовій температурі повітря $+26,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ та його вологості 50% . У цей час щільність імаго складала чотири екз./100 помахів сачком, а рослини конопель знаходились у фазі 5–6 пар справжніх листків. Масовий літ жуків спостерігали наприкінці третьої декади червня за чисельності імаго – 12 екз./100 помахів сачком, що співпадало з фазою бутонізації, початком цвітіння чоловічих квіток у рослин конопель. Середньодобова температура цього періоду знаходилась на позначці $+24,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а кількість опадів була незначною – у межах 12 мм . У подальшому, упродовж липня, інтенсивність льоту імаго поступово зменшувалася, що пояснюється відмиранням самців. Поодинокий літ особин (до одного екз./100 помахів сачком) відмічали у першій декаді серпня за середньодобової температури повітря $+21,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, що вказувало на завершення періоду льоту жуків.

У 2021 році початок заселення жуками *M. connata* Erm. травостою конопель посівних спостерігали у кінці другої декади червня, за середньодобової температури $+21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ та значних опадів ($109,5\%$ понад норму). У цей час кількість імаго складала три екз./100 помахів сачком, рослини конопель перебували у фазі 5–6 пар справжніх листків. У подальшому інтенсивність льоту фітофага поступово

підвищувалася і у першій декаді липня відзначали пік його чисельності – 11 екз./100 помахів сачком, що співпадало з фенофазою цвітіння чоловічих квіток у рослин конопель. Завершення масового льоту жуків та спад чисельності (до чотирьох екз./100 помахів сачком) відбувся наприкінці другої декади липня. Присутність поодиноких жуків (до двох екз./100 п.с) спостерігали до кінця першої декади серпня, що вказувало на закінчення періоду льоту і сезонного розвитку імаго фітофага.

Таким чином, упродовж досліджуваних років виявлено, що під впливом поступового зростання середньодобових температур упродовж льоту імаго шипоносок відбувається поступове збільшення їх чисельності. Проте слід відмітити, що прохолодна погода та надмірна вологість у вигляді частих затяжних опадів навесні стримує розвиток передімагінальних стадій і сильно розтягує період відродження жуків, а у подальшому і термін заселення посіву та призводить до зменшення щільності популяції.

Фенологічними спостереженнями проведеними у 2019–2021 рр. встановлено, що терміни появи основних стадій розвитку шипоносок в умовах Північно-Східної частини Лівобережного лісостепу України мали певні розбіжності та не співпадали у часі за досліджуваними роками (рис. 4).

Поряд з цим виявлено, що *M. parvula* Gyll. та *M. connata* Erm. дуже подібні між собою за біологічними та фенологічними особливостями. Зимують діапазуючі личинки у стінках стебел конопель посівних. Основна кількість особин зосереджувались у нижній частині та у зоні кореневої шийки, також деякі з них розміщувались у підземній частині стебла. Навесні за стійкого переходу середньодобової температури через $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ у бік підвищення та вологості повітря $58\text{--}85\%$ спостерігали пробудження личинок після перезимівлі. Вони перед заляльковуванням, залежно від погодних умов, упродовж $23\text{--}38$ днів додатково живились відмерлими тканинами стебла

Рік	Місяці, декади																		Вересень	Жовтень	Листопад	Зимівля			
	Березень			Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень									
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III							
2019	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	—	—														—	(—)	(—)	(—)
								0	0	0															
									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
											•	•	•	•	•	•	•	•							
2020	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	—	—	—															
										0	0	0										—	—	(—)	(—)
											+	+	+	+	+	+	+	+							
												•	•	•	•	•	•	•							
2021	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	—	—	—															
										0	0	0													
											+	+	+	+	+	+	+	+				—	(—)	(—)	(—)
														•	•	•	•	•							

Умовні позначення: 0 – лялечка; + – жук; • – яйце; — – личинка; (—) – личинка у стані діапаузи

Рис. 4. Фенологічний календар розвитку шпоносок у агробіоценозі конопель посівних (Інститут СГПС НААН, польові дослідження 2019–2021 рр.)

конопель рухаючись догори та проточуючи повздовжні ходи безпосередньо біля його зовнішніх стінок, у кінці яких вигризали невелику розширену камеру де заляльковувалися.

В умовах 2019 року поява перших лялечок шпоносок відбулася з середини другої декади травня (14.05) за середньодобової температури повітря +15,6 °С, денних максимумах +25,0 °С та вологості 68 %. Масове заляльковування відмічали вже через чотири дні (18.05), коли середньодобова температура повітря сягнула позначки +19,2 °С. Загалом цей період продовжувався до початку червня (3.06) за середньодобової температури повітря +20,7 °С і його вологості на рівні 60 %.

Вихід перших жуків горбачок із минулорічних сухих стебел конопель та початок їх льоту зафіксовано у кінці третьої декади травня (30.05) при середньодобовій температурі повітря +20,3 °С. Масовий літ імаго у травостої конопель посівних спостерігався з середини другої декади червня (13.06) і продовжувався до кінця першої декади липня (9.07) та тривав близько 27 днів. В цілому період льоту та живлення жуків шпоносок в агробіоценозі конопляного поля відбувався до середини першої декади серпня (4.08) за середньодобової температури +19,2 °С, що складало понад два місяці.

Появу яйцекладки на рослинах конопель відмічено на початку другої декади червня (11.06), через 12 діб від початку льоту жуків, за середньодобової температури +24,1 °С та вологості повітря на рівні 51 % і свідчить про додаткове живлення імаго. Вже через п'ять днів спостерігали масове відкладання яєць, яке припадало на середину другої декади червня (15.06) та фазу початку чоловічих квіток у рослини конопель. Загалом період яйцекладки продовжувався до кінця липня (30.07) і три-

вав близько 50 днів за середньодобової температури +22,5 °С та відносної вологості повітря 61 %.

Відродження перших личинок розпочалося через 15 діб від початку відкладання яєць – у середині третьої декади червня (26.06), при середньодобової температурі повітря +26,5 °С та вологості 53 %. Масова поява личинок спостерігалась на початку липня (1.07) та співпадала з фенофазою формування насіння у рослин конопель посівних. Загалом відродження личинок відбувалося до кінця серпня (28.08) за середньодобової температури +21,2 °С та кількості опадів 66,2 мм, а період їх розвитку до стану діапаузи склав 83 дні при середньодобовій температурі +19,8 °С.

У 2020 році заляльковування шпоносок характеризувалось більш пізніми термінами порівняно з минулим 2019 роком. Це зумовлено прохолодною погодою та затяжними дощами упродовж травня (ГТК 2,37), та значними опадами у першій декаді червня (ГТК 1,92), що стримувало розвиток личинок перед заляльковуванням. Так, перші лялечки у середині стебел конопель з'являлися на початку червня (2.06) за середньодобової температури +13,8 °С та вологості повітря 77 %. Масове заляльковування відмічали через сім діб – в кінці першої декади червня (9.06) за середньодобової температури повітря +20,5 °С. В цілому період заляльковування продовжувався до початку третьої декади червня (23.06) за середньодобової температури +24,0 °С і вологості близько 60 %.

Початок відродження імаго шпоносок відмічали в середині другої декади червня (15.06), при середньодобовій температурі повітря +23,2 °С, що на 15–16 діб пізніше ніж у минулому році. Масовий літ жуків був короткотривалим і складав близько 20 днів – з кінця третьої декади

червня (29.06) по кінець другої декади липня (18.07), що менше на сім днів ніж у попередньому році. Завершення льоту та живлення імаго шипоносок на конопляному полі відмічалось у середині першої декади серпня (5.08), а загальна тривалість періоду їх льоту складала 52 дні при середньодобовій температурі 23,2 °С.

Появу перших яєць шкідників спостерігали через 11 діб після початку льоту імаго (пізніше на 15 діб ніж минулого року), з середини третьої декади червня (26.06) при середньодобовій температурі + 24,9 °С та вологості повітря 52 %. Масове відкладання яєць відбулося на початку першої декади липня (2.07) під час піку льотної активності жуків та співпадало з фазою цвітіння чоловічих квіток у рослин конопель. Загалом період яйцекладки шипоносок на конопляному полі продовжувався до кінця липня (28.07) і тривав близько 33 днів за середньодобовою температурою +22,4 °С та значного вологозабезпечення (сума опадів 85,7 мм). Слід зазначити, що поодинокий літ жуків продовжувався до початку серпня, але яйцекладка на рослинах конопель не відбувалась.

Відродження перших личинок на конопляному посіві спостерігалось у середині другої декади липня (16.07) при середньодобовій температурі повітря +22,4 °С та відносній вологості 84 %. На початку третьої декади цього місяця (22.07) відбулася масова поява личинок шипоносок, що співпало з фазою формування першого насіння у рослин конопель. В цілому відродження личинок продовжувалось до середини першої декади вересня (03.08) за середньодобовою температурою +23,9 °С та кількості опадів 5,5 мм. Період їх розвитку тривав 103 доби, за середньодобовою температурою повітря +17,9 °С після чого вони увійшли в стан діапаузи і залишилися у стеблах конопель на зимівлю.

У 2021 році друга половина весни (з середини квітня по кінець травня) була прохолодною та дощовою. Середньодобова температура цього періоду становила +13,0 °С, а сума опадів складала 105,3 мм (ГТК 1,88). Такі умови викликали затримку розвитку личинок перед заляльковуванням. Тому перші лялечки відмічено на початку червня (2.06) при середньодобовій температурі повітря +15,3 °С та його вологості 88 %. Масова поява лялечок відбулася через дев'ять днів (11.06) за середньодобовою температурою повітря +17,6 °С. В цілому період заляльковування продовжувався до кінця червня (29.06) за середньодобовою температурою +22,0 °С і вологості близько 88 %.

Вихід молодих жуків із минулорічних стебел конопель та їх літ зафіксовано у кінці другої декади червня (20.06) при середньодобовій температурі повітря +19,7 °С та кількості опадів вищої на 109,5% за норму, що пізніше на 22 та 6 днів, ніж у 2019 та 2020 роках відповідно. Масовий літ імаго у травостої конопляного поля відмічено на 23 та сім днів пізніше, ніж у попередні роки – з середини першої декади липня (5.07). Він тривав близько двох тижнів – до кінця другої декади цього місяця (19.07). Закінчення періоду льоту жуків на конопляному полі відбувалось у кінці першої декади серпня (9.08), а його загальна тривалість складала близько 50 днів при середньодобовій температурі 24,7 °С.

Перші яйцекладки на рослинах конопель спостерігались на початку липня (1.07) за середньодобовою температурою повітря +26,2 °С та вологості 60 %, що склало 10–11 днів від початку льоту імаго. Основна маса яєць відмічена наприкінці першої декади цього ж місяця (8.07) – у період масового льоту жуків (фаза цвітіння чоловічих квіток у рослин конопель). Весь період яйцекладки продовжувався протягом 35 днів – до середини першої декади серпня (4.08) за середньодобовою температурою +24,3 °С та суми опадів 21,8 мм.

Поява перших личинок на конопляному полі розпочалась з кінця другої декади липня (17.07) за середньодобовою температурою +25,3 °С та вологості повітря 51 % (через 16 днів від початку відкладання яєць). Масове їх відродження відмічали через сім днів – з середини третьої декади липня (24.07) при середньодобовій температурі +24,1 °С та відсутності атмосферних опадів. Це співпадало з фенофазою формування насіння у рослин конопель. Загалом період відродження личинкової стадії продовжився до кінця серпня (31.08) за середньодобовою температурою повітря +25,0 °С та кількості опадів 20,1 мм. Розвиток личинок до стану діапаузи тривав 64 дні, за середньодобовою температурою повітря +20,4 °С.

Проаналізувавши умови появи та тривалості розвитку окремих стадій шипоносок у Північно-Східній частині Лівобережного лісостепу України упродовж досліджуваних років встановлено, що понижені температури та підвищена вологість повітря у весняний період стримують процеси заляльковування личинок та збільшують тривалість розвитку лялечок на минулорічних посівах. Так, у 2019 році навесні від моменту активізації личинок до заляльковування проходило 23 дні (табл. 1). За цей період середньодобова температура становила +15,6 °С, кількість опадів 37,1 мм, а ГТК відповідав рівню 1,03. Початок заляльковування личинок відбувався при накопиченні СЕТ 129,4 °С. В умовах 2020 за впливу тривалих весняних опадів та понижених температур до появи перших лялечок проходило 33 дні. У цей період середньодобова температура повітря становила +13,8 °С, сума опадів знаходилась на позначці 107,9 мм, ГТК складав 2,37. Початок заляльковування відмічено при накопиченні СЕТ 148,3 °С. У 2021 році до початку заляльковування проходило 38 днів за середньодобовою температурою +15,3 °С, суми опадів 105,3 мм та ГТК 1,81. Поява перших лялечок відбулась при акумуляції СЕТ на рівні 202,8 °С. Таким чином, у продовж досліджуваних років для початку заляльковування личинок необхідна СЕТ у середньому становить 160,2 °С, а тривалість періоду від моменту активізації личинок до появи перших лялечок у середньому складає 31,3 дні. Розвиток лялечок до появи перших жуків шипоносок залежно від кількості опадів може тривати 13–18 днів (у середньому близько 16 днів) за середньодобовою температурою у цей період +19,7–23,2 °С. Для появи імаго необхідна СЕТ складає у межах 164,8–175,3 °С (середня 170,6 °С).

Яйцекладка розпочинається через 11–12 днів після початку льоту жуків за середньодобовою температурою 24,1–26,2 °С та СЕТ 169,0–178,3 °С (у середньому

**Розвиток шипоносок (горбатов) залежно від умов вегетаційного періоду (Інститут СГПС НААН,
польові дослідження 2019–2021 рр.)**

Рік	Періоди розвитку					
	до появи перших лялечок	перші лялечки/перші жуки	перші жуки/перші яйця	перші яйця/перші личинки	розвиток личинок/діапауза	повний цикл розвитку
<i>Середньодобова температура повітря, °C</i>						
2019	15,6	20,3	24,1	26,5	19,8	21,3
2020	13,8	23,2	24,9	22,4	17,9	20,4
2021	15,3	19,7	26,2	25,3	20,4	21,4
середнє	14,9	21,1	25,1	24,7	19,4	21,0
<i>Сума опадів, мм</i>						
2019	37,1	5,2	10,3	4,3	75,3	132,2
2020	107,9	23,2	1,0	81,1	28,2	241,4
2021	105,3	72,2	29,7	7,0	75,8	290,0
середнє	83,4	33,5	13,7	30,8	59,8	221,2
<i>СAT > +10 °C</i>						
2019	359,4	324,8	289,0	397,3	1763,4	3133,9
2020	454,9	301,8	273,8	448,8	1847,7	3327,0
2021	583,2	355,3	288,3	405,2	1306,6	2938,6
середнє	465,8	327,3	283,7	417,1	1639,2	3133,1
<i>СЕТ > +10 °C</i>						
2019	129,4	164,8	169,0	247,3	913,4	1623,9
2020	148,3	171,8	163,8	248,8	858,7	1591,4
2021	202,8	175,3	178,3	245,2	696,6	1498,2
середнє	160,2	170,6	170,4	247,1	822,9	1571,2
<i>ГТК</i>						
2019	1,03	0,16	0,36	0,11	0,43	0,42
2020	2,37	0,77	0,04	1,81	0,15	0,73
2021	1,81	2,03	1,03	0,17	0,58	0,99
середнє	1,74	0,99	0,48	0,70	0,39	0,71
<i>Тривалість розвитку, днів</i>						
2019	23	16	12	15	89	155,0
2020	33	13	11	20	103	180,0
2021	38	18	11	16	64	147,0
середнє	31,3	15,7	11,3	17,0	85,3	160,6

170,4 °C), і свідчить про те, що для розмноження жукам потрібне додаткове живлення. Ембріональний розвиток триває 15–20 днів за середньодобової температури повітря +22,4–26,5 °C.

Відродження молодих личинок відбувається при накопиченні СЕТ у межах 245,2–248,8 °C (середня 247,1 °C) Тривалість розвитку личинкової стадії до стану діапаузи може складати від 64 до 103 діб за середньодобової температури повітря +17,9–20,4 °C та СЕТ від 696,6 до 913,4 °C (у середньому 822,9 °C).

Загалом, для повного циклу розвитку шипоносок (від моменту активізації личинок навесні до стану їх діапаузи восени) необхідна сума ефективних температур знаходиться у межах 1498,2–1623,9 °C (в середньому 1571,2 °C) за порогу температурного режиму вище +10 °C. Загальна тривалість розвитку генерації у середньому складає близько 161 днів при середньодобовій температурі повітря +21,0 °C. За рік на конопляному полі в умовах північно-східній частині Лівобережного Лісостепу України ці два фітофаги

(*M. Parvula* Gyll. та *M. connata* Erm.) розвивалися в одному поколінні.

Обговорення. Відомо, що зміни клімату (підвищення температури, нерівномірність випадання атмосферних опадів й інші екстремальні явища) впливають на комах-шкідників багатьма прямими та непрямими способами, включаючи зміну фенології і швидкості розвитку, динаміку чисельності популяцій, рівня виживання особин у несприятливих погодних умовах, а отже і щільності популяції. Крім того значний вплив також має середовище проживання комах, зокрема структура рослинних угруповань, фенологія рослин, якість їжі та стан популяцій ентомофагів (Jamieson et al., 2012; Vebber, 2015). Нова екологічна ситуація, що склалася за останні десятиріччя, значні зміни структури регіональних агроландшафтів, недотримання науково-обґрунтованих сівозмін та оптимальної структури землекористування зі збільшенням концентрації беззмінних посівів товсто-стебельних культур (соняшник) призвели до зростання чисельності та поширення у нові зони популяцій спіль-

них з коноплями внутрішньостеблових комах-фітофагів (Demenko, et al., 2019; Pivtoraiko & Kabanets, 2020).

У цьому дослідженні представлені результати щодо фенології та особливостей розвитку шпоносок, які ґрунтуються на польових спостереженнях в цілому узгоджуються з даними інших дослідників (Voicu & Ivancia, 1996; Zemogljadchuk, 2007; Fedorenko et al., 2021) і порівняно мають досить близькі показники CET відповідно до проходження основних феностадій їх розвитку (Moroz & Fokin, 2021).

Крім того власними дослідженнями доведено тісний взаємозв'язок між підвищенням температури повітря, особливо у весняний період та пришвидшенням термінів появи передімагінальної стадії і початком льоту жуків, що призводило до більш раннього заселення посіву конопель посівних. Так, у 2019 році поява перших імаго та їх літ у травостої конопляного поля був найбільш раннім порівняно з 2020 та 2021 роками. Цьому, насамперед сприяло швидке накопичення ефективних температур у весняний період для початку розвитку фітофагів. Слід відмітити і те, під час льоту жуків шпоносок погодні умови характеризувались екстримальним дефіцитом опадів на фоні високих температур. З травня по серпень середньодобова температура складала +22,1 °C, що на 2,9 °C вище за середню багаторічну (+19,3 °C) та випадання кількості опадів, меншої за норму на 45,1 %. Це також сприяло інтенсивному розвитку фітофагів упродовж вегетації рослин та зростанню їх чисельності у травостої конопель. Варто відмітити і те, що не залежно від досліджуваних років строки появи яйцекладки та масового відродження личинок шпоносок у травостої конопель завжди співпадали, відповідно, з фенофазами цвітіння чоловічих квіток та формування насіння у рослин конопель.

За роки досліджень окрім квітучих конопель жуки горбаток – *M. parvula* Gyll. та *M. connata* Erm. концентрувалися на рослинах *Helianthus annuus* L., *Artemisia vulgaris* L., *Achillea millefolium* L. де харчувались пилком квітів, а їх личинки були виявлені у стеблах цих же рослин. Також імаго цих видів помічені на квітках *Barbarea vulgaris* R. та *Raphanus raphanistrum* L. В цілому можна припустити, що живлення та розвиток шпоносок пов'язані з тим, що ці кормові ресурси більш придатні для їх фізіологічного харчування як імаго, так і личинок.

Висновки. Фенологічними спостереженнями проведеними у 2019–2021 рр. встановлено, що *M. parvula* Gyll. та *M. connata* Erm. дуже подібні між собою за особливостями розвитку. Активізація личинок після перези-

мівлі відбувається за стійкого переходу середньодобової температури через +10 °C у бік підвищення та вологості повітря у межах 58–85 %. Залежно від погодних умов заляльковування фітофагів розпочинається у другій половині травня або на початку червня за середньодобової температури повітря +13,8–15,6 °C та його вологості у межах 68–88 %. Для заляльковування личинок необхідна CET становить у межах 129,4–202,8 °C (середня 160,2 °C). Розвиток лялечок триває 13–18 днів (у середньому близько 16 днів) при середньодобовій температурі +19,7–23,2 °C. Поява імаго відбувається за накопичення CET у межах 164,8–175,3 °C (середня 170,6 °C) – з кінця третьої декади травня, у другій декаді червня при середньодобовій температурі повітря +19,7–23,2 °C. Масовий літ жуків співпадає з фенофазою початку цвітіння рослин конопель. Період льоту імаго на конопляному полі продовжується до першої декади серпня і триває 1,5–2 місяці за середньодобової температури +19,2–24,7 °C. Яйцекладка розпочинається після додаткового живлення жуків за CET 169,0–178,3 °C (у середньому 170,4 °C) – та середньодобової температури повітря 24,1–26,2 °C і його вологості на рівні 51–60 %. Ембріональний розвиток триває 15–20 діб за середньодобової температури повітря +22,4–26,5 °C. Відродження молодих личинок відбувається при накопиченні CET у межах 245,2–248,8 °C (середня 247,1 °C). Розвиток личинок у стеблі конопель посівних до стану діапаузи продовжується від 64 до 103 діб за середньодобової температури повітря +17,9–20,4 °C та CET 696,6–913,4 °C (у середньому 822,9 °C). Для повного циклу розвитку шпоносок (від моменту активізації личинок навесні до стану їх діапаузи восени) необхідна сума ефективних температур складає 1498,2–1623,9 °C (в середньому 1571,2 °C) за порогу температурного режиму вище +10 °C. Загальна тривалість розвитку генерації у середньому становить близько 161 дня при середньодобовій температурі повітря +21,0 °C. За рік розвивається одне покоління фітофагів. Отримані результати досліджень будуть використані для прогнозування появи основних стадій розвитку під час вегетації рослин конопель посівних та вирішення проблем, пов'язаних з розробкою сучасної екологічно-орієнтованої стратегії контролю їх чисельності й шкідливості. У подальшому з метою кращого розуміння та отримання повної інформації про особливості та динаміку розвитку окремих стадій шпоносок планується продовжити дослідження їх біології та фенології у лабораторних умовах.

Бібліографічні посилання:

1. Batten, R. (1976). De in Nederland gevangen soorten van de keverfamilie Mordellidae. Zoologische bijdragen, 4(19), 1–37.
2. Bebbler, D.P. (2015). Range-expanding pests and pathogens in a warming world. Annual Review of Phytopathology, 53, 335–356.
3. Bojko, G.A., Tihosova, G.A., & Kutasov, A.V. (2018). Tehnichni konopli: perspektivy rozvytku v Ukraїni. [Technological hemp: prospects of development in Ukraine]. Tovary i rynky, 1(25), 110–120 (in Ukrainian).
4. Cranshaw, W., Schreiner, M., Britt, K., Kuhar, T.P., McPartland, J., & Grant, J. (2019). Developing insect pest management systems for hemp in the United States: A work in progress. Journal of Integrated Pest Management, 10(1) 26, 1–10. doi: 10.1093/jipm/pmz023
5. Crini, G., Lichtfouse, E., Chanut, G., & Morin-Crini, N. (2020). Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene,

- medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 18(1), 1451–1476. doi: 10.1007/s10311-020-01029-2
6. Demenko, V., Golinach, O., & Vlasenko, V. (2019). The phytosanitary status of sunflower crops of north-eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 4(38), 3–7. doi: 10.32845/agrobio.2019.4.1
7. Fedorenko, V.P., Kabanets, V.V., & Kabanets, V.M. (2016). Shkidnyky konopelj posivnykh. [Pests of hemp]. FOP Shherbyna I.V., Sumy (in Ukrainian).
8. Fedorenko, V.P., Sekun, M.P., & Demianiuk, M.M. (2009). Yuzhnaia podsolnechnykovaia shyponoska v Ukrainy. [Southern sunflower tumbling flower beetle in Ukraine]. *Zashchyta y karantyn rastenyi*, 8, 38–40 (in Ukrainian).
9. Fedorenko, V., Hornovska, S., & Fedorenko, A. (2021). Distribution and harmfulness of *Mordellistena parvuliformis* beetle in the left Bank Steppe of Ukraine. *Plant Protection and Quarantine*, (67), 337–348. doi: 10.36495/1606-9773.2021.67.337-348
10. Jakutkin, V.I. (2003). Shiponoska – potencial'no opasnyj vreditel' podsolnechnika. [The tumbling flower beetle – a potentially dangerous pest of sunflower]. *Zashchita i karantin rastenij*, 9, 40–41 (in Russian).
11. Jamieson, M.A., Trowbridge, A.M., Raffa, K.F. & Lindroth, R.L. (2012). Consequences of climate warming and altered precipitation patterns for plant–insect and multitrophic interactions. *Plant Physiology*, 160, 1719–1727.
12. Kopaneva, L.M. (1981). Opredelitel' vrednyh i poleznyh nasekomyh i kleshhej tehnycheskikh kul'tur v SSSR. [Key to harmful and useful insects and mites of industrial crops in the USSR], Kolos, Leningrad (In Russian).
13. Marchenko, J. (2015). Directions of use of hemp products in the world. *Bast and industrial crops*, 4(9), 159–166 (in Ukrainian).
14. McPartland, J.M., Clarke, R.C., & Watson, D.P. (2000). Hemp diseases and pests: management and biological control. An advanced treatise. CABI Publishing, United Kingdom.
15. Moroz, S.Yu., & Fokin, A.V. (2021). The prediction of phenophases of intra-stem phytophages of sunflower. *Taurida Scientific Herald*, 119, 73–82. doi: 10.32851/2226-0099.2021.119.11
16. Mrynskyi, I.M. (2020). Vnutrishnosteblovi shkidnyky soniashnyka. [Intra-stem phytophages of sunflower]. *Ahronomiia Sohodni*, 1(16), 98–99 (in Ukrainian).
17. Odnosum, V.K. (1998). Osobennosti obraza zhizni zhukov-gorbatok (Coleoptera, Mordellidae). [Characteristic of lifestyle of the tumbling flower beetle]. *Vestnik zoologii*, 9, 121–124
18. Odnosum, V.K. (2010). Fauna Ukrainy. Zhestkokrylye. Zhuki-gorbatki (Coleoptera, Mordellidae). [Fauna of Ukraine. Coleoptera. The tumbling flower beetle (Coleoptera, Mordellidae)]. Naukova dumka, Kyiv (in Russian).
19. Omeliuta, V.P., Grygorovych, I.V., Chaban, V.S., Pidplichko, V.N., Kalenych, F.S., Petruha, O.Y., Antoniuk, S.I., Pozhar, E.A., Tyshchenko, J.I., Grygorenko, V.G., Koval, M.K., & Chernenko, O.O. (1986). Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur. [Calculation of pests and diseases of agricultural crops]. *Urozhaj*, Kyiv (in Ukrainian).
20. Pivtoraiko, V., Kabanets, V., & Vlasenko, V. (2020). Harmful entomofauna of hemp *Cannabis sativa* L. (analytical overview). *Quarantine and Plant Protection*, 262(7–9), 20–25. doi: 10.36495/2312-0614.2020.7-9.20-25
21. Pivtoraiko, V.V. & Kabanets, V.V. (2020). Soniashnykova horbatka (*Mordellistena parvula* (Gyllenhal, 1827)) – nebezpechnyi fitofah konopel posivnykh u pivnichno-skhidnomu Lisostepu Ukrainy. [The sunflower tumbling flower beetle is dangerous phytophagous of hemp in the northeastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. fakultetu zakhystu roslyn Kharkivskoho natsionalnogo ahrarynogo universytetu im. V.V. Dokuchaieva. «Problemy ekolohii ta ekolohichno oriantovanoho zakhystu roslyn»*. 29–30 zhovtnia 2020 r. Kharkiv, 114–116 (in Ukrainian).
22. Pivtoraiko, V.V. (2022). Vplyv stupenia poshkodzhenia roslyn konopel posivnykh lychnykamy shyponosok na urozhainist konopleprodukttsii. [Influence of the degree of damage hemp plants of tumbling flower beetle larvae on the yield of hemp products]. *Materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Honcharivski chytannia» prysviachenoi 93-richchiu z dnia narodzhennia doktora s.-h. nauk, profesora Honcharova M.D. 25 travnia 2022 r. Sumy*, 144–147.
23. Poljakov, Y.J., Persov, M.P., & Smyrnov, V.A. (1984). Prognoz razvitija vreditel'ej i bolezn' sel'skoho-zajstvennykh kul'tur (s praktikumom). [Forecast of pests and diseases of agricultural crops (with a workshop)]. Kolos, Leningrad (in Russian).
24. Seljaninov, G.T. (1928). O sel'skoho-zajstvennoj ocenke klimata. [On agricultural climate valuation]. *Trudy po sel'skoho-zajstvennoj meteorologii*, 20, 165–177 (in Russian).
25. Trybel, S.O., Siharova, D.D., Sekun, M.P., Ivashchenko, O.O., Bublyk, L.I., Chaban, V.S., ... & Merezhytskyi, Yu. H. (2001). Metodyka vyprovuvannia i zastosuvannia pestytsydiv [Methods of testing and application of pesticides]. *Svit*, Kyiv (in Ukrainian).
26. Voicu, M.C., & Ivancia, V. (1996). The beetle *Mordellistena parvula* Gyll. (Coleoptera, Mordellidae), a new sunflower pest in Romania. *Romanian Agricultural Research*, 5–6, 83–85.
27. Zemogljadchuk, A.V. (2007). Osobennosti razvitija lichinok zhukov-gorbatok (Coleoptera, Mordellidae) i sezonnaja aktivnost' ih imago na territorii Belarusi. [Particular features of mordellid beetles (Coleoptera, Mordellidae) larvae development and seasonal activity of their imago on the territory of Belarus]. *Vesti Natsyonal'naj Akadehmii Navuk Belarusi*, 4, 109–113 (in Russian).
28. Zhurnal meteorolohichnykh sposterezhen meteoposta Instytutu silskoho hospodarstva Pivnichnogo skhodu NAAN Ukrainy. [Journal of meteorological observations of Institute of Agriculture of of NAAS of the North-East of Ukraine]. 2019, Sad, Sumska oblast (in Ukrainian).
29. Zhurnal meteorolohichnykh sposterezhen meteoposta Instytutu silskoho hospodarstva Pivnichnogo skhodu NAAN Ukrainy. [Journal of meteorological observations of Institute of Agriculture of of NAAS of the North-East of Ukraine]. 2020, Sad, Sumska oblast (in Ukrainian).

30. Zhurnal meteorologichnykh sposterezhen meteoposta Instytutu silskoho hospodarstva Pivnichnoho skhodu NAAN Ukrainy. [Journal of meteorological observations of Institute of Agriculture of of NAAS of the North-East of Ukraine]. 2021, Sad, Sumska oblast (in Ukrainian).

Pivtoraiko V. V., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Peculiarities of the development of tumbling flower beetles (coleoptera: mordellidae) in hemp field agrocecnosis in the north-eastern forest-steppe of Ukraine

The article highlights the results of studies of phenology and some features of the biology of members of the family Mordellidae, which inhabited the hemp field. Their seasonal dynamics in the number, and passage of the main stages of development according to the phenophase of hemp plants is shown. According to the results of field research conducted in 2019–2021, it was established that in the conditions of the north-eastern part of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine in the grass stand of hemp the main representatives of the tumbling flower beetles were Mordellistena parvula Gyll. and Mordellistena connata Erm. It was investigated that the activation of their larvae after overwintering occurs at a steady transition of the average daily temperature through +10 °C in the direction of increase and humidity within 58–85%. Pupation begins in the second half of May or early June with the accumulation of SET in the range of 129.4–202.8 °C, and the average daily air temperature of +13.8–15.6 °C, and its humidity in the range of 68–88%. The development of pupae lasts 13–18 days at an average daily temperature of +19.7–23.2 °C. Beetles emerge from the end of the third decade of May, in the second decade of June at SET 164.8–175.3 °C, and the average daily air temperature within +19.7–23.2 °C. The mass flight of adults is observed from the middle of the second decade of June or the beginning of July at an average daily air temperature of +24.0–26.1 °C, and coincides with the phenophase of the beginning of flowering of male flowers in hemp plants. The flight period of beetles in the grass stand of hemp field go on until the first decade of August, and lasts about two months at an average daily air temperature of +19.2–24.7 °C. Egg laying begins at SET 169.0–178.3 °C, and the average daily air temperature is +24.1–26.2 °C, and its humidity is 51–60%, and coincides with the flowering of male flowers in hemp plants. Embryonic stage development lasts 15–20 days at an average daily air temperature of +22.4–26.5 °C. Revival of young larvae occurs with the accumulation of SET in the range of 245.2–248.8 °C, and the phase of seed formation in hemp plants. The development of larvae in the stem of hemp plants to the state of diapause can last from 64 to 103 days at an average daily air temperature of +17.9–20.4 °C, and SET from 696.6 to 913.4 °C. The full cycle of development of the tumbling flower beetles (from the moment of activation of larvae in spring to the state of their diapause in autumn) occurs at SET in the range of 1498.2–1623.9 °C at the temperature threshold above +10 °C. The total duration of lasting development averages about 161 days at an average daily air temperature of +21.0 °C.

Key words: *Mordellistena parvula, Mordellistena connata, phenology, population dynamics, weather conditions, hemp.*

ШКІДЛИВІСТЬ *FUSARIUM SP.* З МІКОБІОТИ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Рожкова Тетяна Олександрівна

кандидат біологічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-0791-9736

rozhkova8@gmail.com

Fusarium sp. на пшениці викликають плямистості, фузаріоз колосу та зерна. Основним джерелом їх інфекції є насіння. Разом з іншими грибами вони входять до складу насіннєвої мікобіоти. Видовий склад фузарієвих грибів визначає спектр мікотоксинів та інших вторинних метаболітів у насінні, які впливають на його проростання та розвиток рослин. Тому метою наших досліджень було встановлення видового складу грибів роду *Fusarium* у мікобіоті насіння пшениці з Північного Сходу України та його впливу на проростання і розвиток проростків. Зразки насіння пшениці отримано з господарств Сумської та Харківської областей. Фузарієві гриби було ідентифіковано за макро- та мікроморфологічними ознаками. Їх було виділено за проведення аналізу мікобіоти насіння пшениці озимої на картопляно-глюкозному агарі (КГА). Характер шкідливої дії встановлений на основі спостереження за розвитком колоній фузарієвих грибів на КГА, відмічаючи вплив на проростання насіння та розвиток проростків. Довжину проростків вимірювали на 7-му та 14-ту добу, визначивши середній показник. У мікобіоті насіння пшениці озимої на Північному Сході України впродовж 2015–2020 рр. було визначено 7 видів фузарієвих грибів, які відносяться до 5 секцій: *F. culmorum* та *F. graminearum* (секція *Discolor*), *F. oxysporum* (*Elegans*), *F. verticillioides* (*Liseola*), *F. sporotrichioides* та *F. roae* (*Sporotrichiella*). Підрахунок частоти трапляння показав домінування двох видів: *F. sporotrichioides* та *F. roae*. Насіння, яке містило фузарієві гриби, не мало характерних ознак, окрім зморщеності. Відмічено різний вплив окремих видів грибів на проростання пшениці: від повного пригнічення до утворення проростків, які за довжиною не поступались іншим. Але найчастіше спостерігалися потоншення, деформація, зменшення довжини та некрозні плями на проростках. Некротизацію відмічено і на корінцях, які також часто були пригнічені. Найшкідливішим, за нашими спостереженнями, під час проростання пшениці на середовищі виявився *F. culmorum*. Він найшвидше формував рясний наліт. Більшість насіння під впливом його токсинів була нездатна до проростання. Деякі проростки повністю некротизувались. *F. sporotrichioides* та *F. roae* утворювали малопомітні нальоти і не мали явних симптомів пригнічення рослин. Вимірювання проростків продемонструвало вплив *F. sporotrichioides* та *F. roae* на зниження довжини проростків пшениці. Порівняння довжини проростків провели з альтернативними грибами, так як вони не мали фітотоксичного впливу впродовж всіх років досліджень, а навіть стимулювали проростання насіння. *F. roae* викликав зменшення довжини проростків за помітної присутності у середньому на 51,3%, а *F. sporotrichioides* – на 45,5%. Доведено негативну дію *Fusarium sp.* з мікобіоти насіння пшениці на його проростання та розвиток рослин.

Ключові слова: *Fusarium sp.*, шкідливість, мікобіота насіння, пшениця озима.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.16>

Вступ. Гриби роду *Fusarium* Link – це група надзвичайно різноманітних організмів, в якій на теперішній час описано понад 250 видів (O'Donnell et al., 2015). Багато фузарієвих грибів є активними біодеструкторами, продуцентами біологічно активних і лікарських речовин (Goyal et al., 2016). Гриби роду *Fusarium* трапляються у всіх кліматичних зонах, розвиваються переважно у ґрунті, хоча можуть існувати на різних рослинних і тваринних субстратах, у воді тощо.

Вивчення фузарієвих грибів завжди є актуальним за рахунок впливу їх на людство. За останні 100 років *Fusarium* Link привернув значну увагу вчених, оскільки стали очевидні масштаби видової різноманітності та їх вплив на сільське господарство і здоров'я людини (Crous et al., 2021). Серед фузарієвих видів виділяють навіть умовно патогенні види для людини, які викликають локальні та системні інфекції (наприклад, *F. oxysporum*, *F. solani*, рідко *F. dimerum*) (Hof, 2020). Також небезпечними для людини та тварин робить їх здатність до продукування мікотоксинів. Дезоксиніваленол, ніваленол, зеараленон, токсин Т-2 і фумонізін В1 є найбільш вивченими токсинами фузарієвих грибів (Ji et al., 2021).

Щоб захистити здоров'я людей, деякі країни постійно контролюють максимальні рівні мікотоксинів у харчових продуктах та інших товарах (Ferrigo et al. 2016; Moretti et al. 2017).

Ці різноманітні й здатні до легкої адаптації гриби можуть викликати захворювання більше ніж у 200 видів культурних рослин. Патогенні властивості фузарієвих грибів обумовлені здатністю до утворення спектру фітотоксинів та ферментів. Сьогодні активно вивчають як фітотоксини вторинні метаболіти та ефектори (Chang et al., 2016; López-Díaz et al., 2018; Reveglia et al., 2018; Achari et al., 2021). Грибні вторинні метаболіти, такі як полікетиди (наприклад, афлатоксини та фумонізини), терпени (наприклад, Т-2 токсин, дезоксиніваленол), нерибосомальні пептиди (наприклад, енатини і боверіцини), алкалоїди (перамін) і сидерофори (ферікроцин) часто відіграють роль у запуску симптомів інфекції у рослин (Karányi et al., 2013).

Гриби роду *Fusarium* на пшениці викликають плямистості листя, кореневі гнилі, фузаріоз насіння та колосу. Як складова частина комплексу патогенів звичайної кореневої гнилі виявлені в ґрунтах від пустелі Сонора,

тропічних і помірних лісів та луків до ґрунтів тундри, де вирощують пшеницю (Ivashhenko & Nazarovskaja, 1998; Gagkaeva i dr., 2011; Furtat ta in., 2017). Роль фузарієвих грибів у мікробіоті насіння пшениці не така однозначна і проста, як прийнято вважати. Гриби із роду *Fusarium* значно різняться між собою за характером взаємодії з рослинами. Високоагресивні види *F. graminearum* і *F. culmorum* викликають щуплість і погіршення посівних якостей насіння (зниження схожості, посилення розвитку хвороб проростків). Слабопатогенні види (*F. poae*, *F. equiseti* та *F. langsethiae*) часто виділяють з насіння, але вони локалізуються у поверхневих шарах зовні здорової насінини і не впливають на її посівні якості (Gagkaeva i dr., 2012).

Метою наших досліджень було визначення видового складу грибів роду *Fusarium* у мікробіоті насіння пшениці з Північного Сходу України та його впливу на проростання та розвиток проростків.

Матеріали і методи досліджень. Зразки насіння пшениці отримано з господарств Сумської та Харківської області. Також до аналізу було залучене насіння, яке виростили в умовах ННБК СНАУ (Навчально-наукового виробничого комплексу Сумського національного аграрного університету). Фузарієві гриби було ідентифіковано за макро- та мікроморфологічними ознаками (Leslie & Summerell, 2006; Gagkaeva i dr., 2011). Їх було виділено за проведення аналізу мікробіоти насіння пшениці озимої на картопляно-глюкозному агарі (КГА). Насіння перед розкладанням у чашки Петрі було попередньо промите під струменем води та простерилізоване у 1%-му розчині марганцевокислого калію протягом 1–2 хвилин. Для

визначення видової приналежності, гриби було пересіяно на середовище КГА. Частота трапляння видів показала їх поширення у зразках. Характер шкідливої дії встановлювався під час спостереження за розвитком колоній фузарієвих грибів на КГА, відмічаючи вплив на проростання насіння та розвиток проростків. Довжину проростків вимірювали на 7-му та 14-ту добу, визначивши середній показник.

Результати. У мікробіоті насіння пшениці озимої на Північному Сході України впродовж 2015–2020 рр. було визначено 7 видів фузарієвих грибів, які відносяться до 5 секцій: *F. culmorum* та *F. graminearum* (секція *Discolor*), *F. oxysporum* (*Elegans*), *F. verticillioides* (*Liseola*), *F. sporotrichioides* та *F. poae* (*Sporotrichiella*) (рис. 1). Зовні насіння не мало характерних ознак ураження фузаріозом, які пропонують для визначення фузаріозного зерна у ДСТУ 3768:2019, за винятком зморщеності. Часто фузарієві гриби проростали зі здорових насінин.

Дані підрахунку частоти трапляння *Fusarium* sp. у проаналізованих зразках насіння пшениці з Північного Сходу України наведено у табл. 1.

За шість років дослідження найчастіше у проаналізованих зразках ідентифікували два види: *F. sporotrichioides* та *F. poae*. У 2015 р. ці гриби не було відмічено у мікробіоті насіння пшениці. *F. culmorum* був найбільш поширеним у 2015 р., а у 2016 р. цей вид разом з *F. graminearum* найчастіше виділяли з насіння. У 2017 р. у проаналізованій пшениці найвищу частоту трапляння мав *F. sporotrichioides* зі значним виділенням *F. oxysporum* та *F. poae*. У 2019 р. ці три види було відмічено у 25% зразків. У 2020 р. найчастіше виділяли *F. poae*.



Рис. 1. Конідіальне спороношення *F. poae* та *F. culmorum*

Таблиця 1

Частота трапляння фузарієвих грибів у мікробіоті насіння пшениці озимої, % (Північний Схід, 2015–2020 рр.)

Види грибів	2015 р.	2016 р.	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	Середнє
<i>Fusarium avenaceum</i>	–	8,3	–	–	–	–	1,4
<i>F. culmorum</i>	35,3	16,7	–	–	–	–	8,7
<i>F. graminearum</i>	–	16,7	6,7	7,7	–	–	5,2
<i>F. oxysporum</i>	–	8,3	20	–	25	5,6	9,8
<i>F. poae</i>	–	–	20	7,7	25	22,2	12,5
<i>F. sporotrichioides</i>	–	8,3	33,3	30,8	25	–	16,2
<i>F. verticillioides</i>	–	–	–	7,7	–	–	1,3

Присутність фузарієвих грибів визначали за утворенням типових колоній, а також за некрозами проростків, які відразу потрапляли на очі. Відмічався їх різний вплив на проростання пшениці: від повного пригнічення до утворення проростків, які за довжиною не поступались іншим. Але найчастіше спостерігалися потоншення, деформація, зменшення довжини та некротні плями на проростках. Некротизацію відмічали і на корінцях, які також часто були пригнічені. Результати дослідження особливостей впливу різних видів фузарієвих грибів на проростання насіння пшениці продемонстровано у табл. 2.

Найбільш шкідливим за нашими спостереженнями за проростання пшениці на середовищі виявився *F. culmorum*. Він найшвидше формував рясний наліт. Більшість насіння під впливом його токсинів була нездатна до проростання. Деякі проростки повністю некротизувались. Виявлення *F. graminearum* співпало з відсутністю проростання насіння.

Види *F. sporotrichioides* та *F. roae* здебільшого мали негативний вплив на пшеницю, але інколи їх присутність було важко виявити, так як вони могли утворити слабкий наліт, і у перші сім днів утворювались проростки

без некрозів. Насіння, з якого формувались колонії цих видів, частіше проростало (рис. 2).

Вимірювання проростків продемонструвало вплив *F. sporotrichioides* та *F. roae* на зменшення довжини проростків пшениці. Порівняння довжини проростків провели з альтернарієвими грибами, так як вони не мали фітотоксичного впливу впродовж всіх років досліджень і навіть стимулювали проростання насіння. Наша робота у більшості випадків була пов'язана зі «свіже зібраним» насінням (менше ніж 1 рік зберігання), тому частіше потрапляли партії, насіння яких містили гриби. Дуже рідко відмічалось насіння без грибних колоній. У цих випадках проростки проростали гірше за ті, які містили грибні колонії (окрім деяких видів). Особливо помітно це було на 3–4-ий день культивування (рис. 3).

Впродовж 2016–2018 рр. найчастіше з однієї насінини виділяли по одній колонії альтернарієвих грибів, тому чітко простежувалась відсутність негативного впливу на проростання насіння та розвиток рослин. Частіше найдовші проростки формувались з насіння, з якого проростав якийсь вид роду *Alternaria*. Тому у зразках насіння, де домінували альтернарієві види, спостерігали дружне проростання рослин (рис. 4).

Таблиця 2

Шкідливий вплив *Fusarium* sp. на проростання насіння пшениці озимої у лабораторних умовах (КГА)

Вид	Негативний вплив на			Не помітно
	проростки	корінці	насіння	
<i>F. oxysporum</i>	зменшення довжини, некрози, деформація, потоншення, активний розвиток нальоту, відмирання	зменшення довжини, некрози	проростає, не проростає	без спороношення
<i>F. culmorum</i>	активний розвиток нальоту, зменшення довжини, відмирання, некрози, деформація, потоншення	зменшення довжини, некрози	не проростає, проростає	–
<i>F. sporotrichioides</i>	некрози, деформація, потоншення, розвиток нальоту	зменшення довжини, некрози	проростає, не проростає	+
<i>F. roae</i>	розвиток нальоту, некрози, деформація, потоншення	зменшення довжини, некрози	проростає, не проростає	+

F. sporotrichioides
(Краснодарська 99,
Шоскинський р-н, 2018 р.)
Не помітна присутність



F. roae
(Богдана, СНАУ, 2018 р.)
Рясний наліт, непроросле
насіння, затримка росту,
некрози



F. roae
(Світанок Миронівський,
Сумський р-н, 2019 р.)
Некрози на розвинутих
проростках



Рис. 2. Різний вплив *F. sporotrichioides* та *F. roae* на проростання та розвиток проростків пшениці на КГА

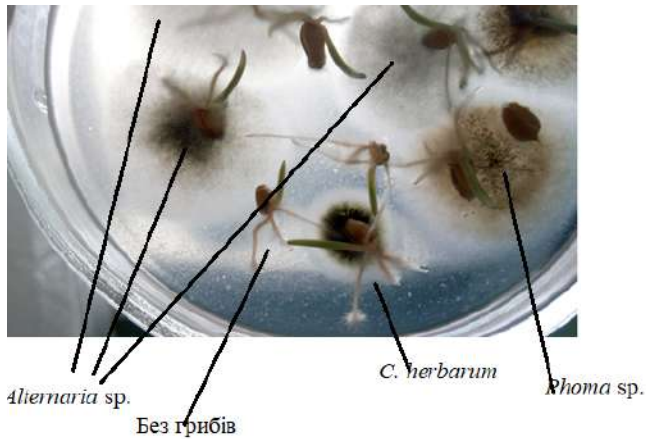


Рис. 3. Проростання насіння з колоніями та без (Волошкова, СНАУ, 2018 р.)

Вплив *F. sporotrichioides* на розвиток проростків пшениці озимої дослідили у 2017 р. на сорті Богдана (рис. 5).

Рисунок чітко демонструє факт пригнічення розвитку рослин. З насіння, з якого виділили альтернарієві гриби, на 14-тий день проросли у середньому рослини без помітних ознак пригнічення у середньому довжиною 110 мм. Проростки, з яких проріс *F. sporotrichioides*, проростки мали довжину лише 60 мм. Підрахунок відсотку зниження показав значне пригнічення проростків з насіння з фузарієвими колоніями – 45,5%.

За пригніченням рослин *F. poae* спостерігали упродовж трьох років (рис. 6). З насіння, яке містило альтернарієві гриби, завжди проростали проростки довші за ті, які розвивались з насінин з фузараєвими колоніями.

У 2018 р. зменшення довжини проростків на 7-ий день виявилось мінімальним, а у 2019 р. максимальним – 80%. У середньому за три роки вивчення пригнічення рослин склало 51,3%.

Обговорення. Фузарієві гриби є найбільш шкідливими у світі. Економічні втрати від фузаріозу колосу пшениці за період 1993–2001 р. склали у США біля 2 млрд. доларів (Xia et al., 2020). Вони пов'язані зі зниженням врожаю та забрудненням мікотоксинами, що призводить до обмежень їх використання (Wilson et



Рис. 4. Проростання насіння сорту Кнопа (врожай 2016-го р.)

al., 2018; Perincherry et al., 2019). Найпоширенішими видом, який спричиняє фузаріоз у світі на пшениці є *F. graminearum*, хоча спектр видів постійно змінюється. Домінування гриба у Західній Європі пояснили збільшенням посівних площ кукурудзи, здатністю виробляти аскоспори та/або змінами клімату, що сприяли виду, який мав більш високий температурний оптимум (van der Lee et al., 2015). В Україні проводять дослідження з визначення видів фузарієвих грибів та продукуваних ними мікотоксинів. За останніми дослідженнями у 109 зразках насінневого матеріалу озимої пшениці з 78 районів 21 області України було ідентифіковано сім видів грибів роду *Fusarium*: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. langsethiae*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* та *F. tricinctum*. *F. graminearum* виявився найпоширенішим видом у країні (частка виявлення склала 71%) (Grysev ta in., 2018). За аналізу насіння зернових колосових культур визначили сім видів: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. langsethiae*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* та *F. tricinctum* Домінували три види – *F. sporotrichioides*, *F. poae* та *F. graminearum*, які становили 83% від усіх знайдених видів (Shvartau ta in., 2016). Останні дані про домінування *F. sporotrichioides* та *F. poae* співпали з нашими.

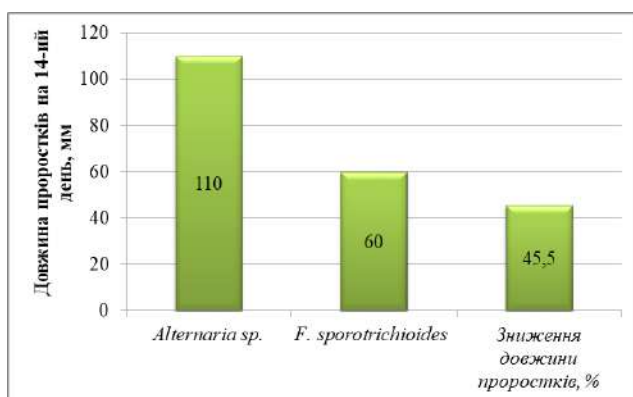


Рис. 5. Зниження довжини проростків *F. sporotrichioides* на 14-тий день (сорт Богдана, 2017 р.) (НІР₀₅=7,8)

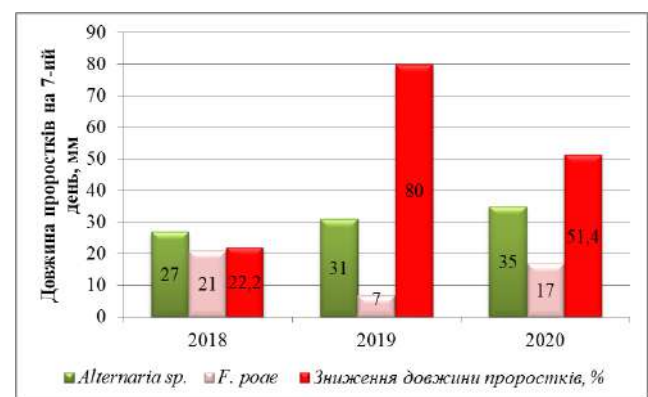


Рис. 6. Зниження довжини проростків *F. poae* на 7-ий день (сорт Богдана, 2018–2020 рр.) (НІР₀₅18=3,7; НІР₀₅19= 3,9; НІР₀₅20=3,6).

Відсоток зараженого зерна фузарієвими грибами, який встановлюють за фітоекспертизи, не пояснює схожості насіння та вмісту мікотоксинів (Orina і др., 2018), тому необхідно проводити окремі дослідження з визначення їх шкідливості. За оцінки впливу *F. graminearum* на схожість насіння у 30 генотипів насіння пшениці провели аналізи для перевірки кореляції між зараженням насіння і його схожістю, насінням із симптомами та непророслим. Кореляція була недостовірною між насінням із симптомами та поширенням *F. graminearum*, як і у разі схожості насіння та зараженням патогеном. З іншого боку, кореляційний аналіз між непророслим насінням і зараженням грибом, а також між схожістю і фузаріозним насінням був значущий ($r = 0,65$ і $r = -0,56$, відповідно) (Garcia et al., 2007).

Дослідження впливу *Fusarium* sp. (*F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum* та *F. poae*), виділених з колосу пшениці та ячменю, на схожість насіння, показало найбільшу патогенність *F. graminearum* та *F. culmorum* (Cosic et al., 2007). Вивчення фітотоксичності ізолятів фузарієвих грибів з насіння та ризосфери ячменю дозволили виділити високотоксичні види за штучного ураження (*F. sporotrichioides*, *F. moniliforme*, *F. heterosporum*,

F. oxysporum, *F. chlamydosporum*, *F. sambucinum* та *F. semitectum*), які пригнічували проростання насіння. На 15–20-ту добу у вологій камері вони також спричинили некротизацію рослин (Sadykova і др., 2010).

Висновки. У мікобіоті насіння пшениці озимої на Північному Сході України впродовж 2015–2020 рр. було визначено 7 видів фузарієвих грибів, які відносяться до 5 секцій: *F. culmorum* та *F. graminearum* (секція *Discolor*), *F. oxysporum* (*Elegans*), *F. verticillioides* (*Liseola*), *F. sporotrichioides* та *F. poae* (*Sporotrichiella*). Не відмічено характерного прояву фузаріозу зерна, окрім зморщеності.

Фузарієві гриби здебільшого мали негативний вплив на проростання та розвиток рослин пшениці озимої. За їх присутності зменшувалась довжина проростків, вони ставали потоншими, на них утворювались некрози. Корінці відставали у рості, інколи вони також були некротизовані. Активний розвиток нальотів не давав нормально розвиватись рослинам, особливо небезпечним виявився *F. culmorum*. Але *F. poae* та *F. sporotrichioides* могли виділятися безсимптомно. *F. poae* зменшив довжину проростків за помітної присутності у середньому на 51,3%, а *F. sporotrichioides* – на 45,5%.

Бібліографічні посилання:

1. Achari, S. R., Kaur, J. K., Mann, R. C., Sawbridge, T., Summerell, B. A., & Edwards, J. (2021). Investigating the effector suite profile of Australian *Fusarium oxysporum* isolates from agricultural and natural ecosystems. *Plant Pathology*, 70(2), 387–396. doi: 10.1111/ppa.13303
2. Chang, H.-X., Domier, L. L., Radwan, O., Yendrek, C. R., Hudson, M. E., & Hartman, G. L. 2016. Identification of multiple phytotoxins produced by *Fusarium virguliforme* including a phytotoxic effector (FvNIS1) associated with sudden death syndrome foliar symptoms. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 29(2), 96–108. doi: 10.1094/MPMI-09-15-0219-R
3. Cosic, J., Jurkovic, D., Vrandecic, K., & Simic, B. (2007). Pathogenicity of *Fusarium* species to wheat and barley ears. *Cereal Research Communications*, 35(2), 529–532. doi: 10.1556/CRC.35.2007.2.91
4. Crous, P. W., Lombard, L., Sandoval-Denis, M., Seifert, K. A., Schroers, H. J., Chaverri, P., Gené, J., Guarro, J., Hirooka, Y., Bensch, K., Kema, G., Lamprecht, S. C., Cai, L., Rossman, A. Y., Stadler, M., Summerbell, R. C., Taylor, J. W., Ploch, S., Visagie, C. M., Yilmaz, N., & Thines, M. (2021). *Fusarium*: more than a node or a foot-shaped basal cell. *Studies in mycology*, 98, 100116. doi: 10.1016/j.simyco.2021.100116
5. Ferrigo, D., Raiola, A., & Causin, R. (2016). *Fusarium* toxins in cereals: Occurrence, legislation, factors promoting the appearance and their management. *Molecules*, 21(5), 627. doi: 10.3390/molecules21050627
6. Furtat, I. M., Ostapiuk, N. A., & Antoniuk, M. Z. (2017). Biologichni osoblyvosti ta ekolohiia predstavnykiv rodu *Fusarium*, zbudnykiv zakhvoriuvan zlakiv [Biological features and ecology of the genus *Fusarium*, pathogens of cereals]. *Naukovi zapysky NaUKMA*, 197, 3–18 (in Ukrainian).
7. Gagkaeva, T. Yu. Gavrilova, O. P., Levitin, M. M., & Novozhilov, K. V. (2011). Fuzarioz zernovykh kultur [Fusarioz of grain crops]. *Zaschita i karantin rasteniy*, 5, 70–112 (in Russian).
8. Gagkaeva, T. Yu., Dmitriev, A. P., & Pavlyushin, V. A. Mikrobiota zerna – pokazatel ego kachestva i bezopasnosti. [Grain microbiota is an indicator of its quality and safety]. *Zaschita i karantin rasteniy*, 9, 14–18 (in Russian).
9. Garcia Júnior, D., Vechiato, M. H., Menten, J. O. M., & Lima, M. I. P. M. (2007). Influência de *Fusarium graminearum* na germinação de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Arquivos do Instituto Biológico*, 74(2), 157–161. doi: 10.1590/1808-1657v74p1572007
10. Goyal, S., Ramawat, K. G., & Mérillon, J. M. (2016). Different shades of fungal metabolites: An overview. *Fungal metabolites*, 1–29. doi: 10.1007/978-3-319-19456-1_34-1
11. Hrytsev, O. A., Zozulia, O. L., Vorobiova, N. H., & Skivka, L. M. (2018). Monitorynh vydovoho skladu hrybiv rodu *Fusarium* u nasinnievomu materialy ozymoi pshenytsi na terytorii Ukrainy [Monitoring of the species composition of fungi of the genus *Fusarium* in winter wheat seed material on the territory of Ukraine]. *Mikrobiolohiia i biotekhnolohiia*, 2, 81–89 (in Ukrainian). doi: 10.18524/2307-4663.2018.2(42).134443
12. Hof, H. (2020). The medical relevance of *Fusarium* spp. *Journal of fungi* (Basel, Switzerland), 6(3), 117. doi: 10.3390/jof6030117
13. Ivaschenko, V. G., & Nazarovskaya, L. A. (1998). Geograficheskoe rasprostranenie i osobennosti bioekologii *Fusarium graminearum* Schwabe. [Geographic distribution and features of bioecology of *Fusarium graminearum* Schwabe.]. *Mikologiya i fitopatologiya*, 32(5), 1–10 (in Russian).
14. Ji, F., He, D., Olaniran, A. O., Mokoena, M. P., Xu, J., & Shi, J. (2019). Occurrence, toxicity, production and detection of *Fusarium* mycotoxin: a review. *Food Prod Process and Nutr*, 1, 6. doi: 10.1186/s43014-019-0007-2
15. Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium laboratory manual*. Blackwell Publishing, Iowa. 388.

16. Karányi, Z., Holb, I., Hornok, L., Pócsi, I., & Miskei, M. (2013). FSRD: fungal stress response database. Database: the journal of biological databases and curation, bat037. doi: 10.1093/database/bat037
17. López-Díaz, C., Rahjoo, V., Sulyok, M., Ghionna, V., Martín-Vicente, A., Capilla, J., Di Pietro, A., & López-Berges, M. S. (2018). Fusaric acid contributes to virulence of *Fusarium oxysporum* on plant and mammalian hosts. *Molecular Plant Pathology*, 19(2), 440–453. doi: 10.1111/mpp.12536
18. Moretti, A., Logrieco, A. F., & Susca, A. (2017). Mycotoxins: An underhand food problem. *Methods in Molecular Biology*, 1542, 3–12. doi: 10.1007/978-1-4939-6707-0_1
19. O'Donnell, K., Ward, T. J., Robert, V. A. R. G., Crous P. W. et al. (2015). DNA sequence-based identification of *Fusarium*: Current status and future directions. *Phytoparasitica*, 43, 583–595. doi: 10.1007/s12600-015-0484-z
20. Orina, A., Gavrilova, O. & Gagkaeva, T. (2018). Adaptatsiya metoda kolichestvennoy PTsR dlya vviyavleniya predstaviteley mikrobioty zernovyih kultur [Adaptation of the method of quantitative PCR to identify representatives of the mycobiota of grain crops]. *Microbiology Independent Research Journal*, 5(1), 71–77. (in Russian). doi: 10.18527/2500-2236-2018-5-1-71-77
21. Perincherry, L., Lalak-Kańczugowska, J., & Stępień, Ł. (2019). *Fusarium*-produced mycotoxins in plant-pathogen interactions. *Toxins*, 11(11), 664. doi: 10.3390/toxins11110664
22. Reveglia, P., Cinelli, T., Cimmino, A., Masi, M., & Evidente, A. (2018). The main phytotoxic metabolite produced by a strain of *Fusarium oxysporum* inducing grapevine plant declining in Italy. *Natural Product Research*, 32(20), 2398–2407. doi: 10.1080/14786419.2017.1415897
23. Sadyikova, V. S., Lihachev, A. N., & Bondar, P. N. (2010). Ogranichenie razvitiya kompleksa vzbuditeley kornevyih gniley yachmenya antagonistami roda *Trichoderma* [Limitation of the development of a complex of pathogens of barley root rot by antagonists of the genus *Trichoderma*]. *Mikologiya i fitopatologiya*, 44(6), 556–562 (in Russian).
24. Shvartau, V. V., Zozulia, O. L., Mykhalska, L. M., & Sanin, O. Yu. (2016). Fuzariozy kulturnykh roslyn [Fusarium wilt of cultivated plants]. *Monohrafiia. K. : Lohos* 164 (in Ukrainian).
25. van der Lee, T., Zhang, H., van Diepeningen, A., & Waalwijk, C. (2015). Biogeography of *Fusarium graminearum* species complex and chemotypes: a review. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 32(4), 453–460. doi: 10.1080/19440049.2014.984244
26. Wilson, W., Dahl, B., & Nganje, W. (2018). Economic costs of Fusarium Head Blight, scab and deoxynivalenol. *World Mycotoxin Journal*, 11(2), 291–302. doi: 10.3920/WMJ2017.2204
27. Xia, R., Schaafsma, A. W., Wu, F., & Hooker, D. C. (2020). Impact of the improvements in Fusarium head blight and agronomic management on economics of winter wheat. *World Mycotoxin Journal*, 13(3), 423–439. doi: 10.3920/WMJ2019.2518.

Rozhkova T. O., PhD (Biological Sciences), Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
Harmfulness *Fusarium* sp. from mycobiota of winter wheat seeds

Fusarium sp. on wheat cause spots and fusarium head blight. The main source of their infection is seeds. They are part of the seed mycobiota together with other fungi. The species composition of *Fusarium* determines the range of mycotoxins and other secondary metabolites in seeds that affect its germination and plant development. Therefore, the aim of our research was to establish the *Fusarium* species composition in the mycobiota of wheat seeds from the North-East of Ukraine and the influence of species on seed germination and seedling development. Samples of wheat seeds were obtained from farms in Sumy and Kharkiv regions. *Fusarium* sp. were identified by macro- and micromorphological characteristics. They were isolated during the analysis of mycobiota of winter wheat seeds on potato-glucose agar. The nature of the harmful effect was established by observing the development of colonies of *Fusarium* fungi on the PGA, noting the impact on seed germination and development of seedlings and roots. Seedling length was measured on the 7th and 14th day, determining the average. In the mycobiota of winter wheat seeds in the North-East of Ukraine during 2015–2020, 7 species of *Fusarium* were identified, which belong to 5 sections: *F. culmorum* and *F. graminearum* (*Discolor* section), *F. oxysporum* (*Elegans*), *F. verticillioides* (*Liseola*), *F. sporotrichioides* and *F. poae* (*Sporotrichiella*). Calculation of the frequency of occurrence showed the dominance of two species: *F. sporotrichioides* and *F. poae*. Seeds with *Fusarium* had no characteristic signs of damage, except for wrinkles. Some species have affected the germination of wheat in different ways: from complete suppression to the formation of seedlings that are not inferior in length to others. Most often, observations showed thinning, deformation, reduction in length and necrotic spots on seedlings. Necrotization was also noted on the roots, which were also often suppressed. According to our observations, *F. culmorum* was the most harmful for the germination of wheat on a nutrient medium. He was the fastest to form a plaque. Most seeds under the influence of its toxins were unable to germinate. Some seedlings were completely necrotized. *F. sporotrichioides* and *F. poae* could form inconspicuous plaques and have no obvious symptoms of plant oppression. Measurement of seedlings demonstrated how *F. sporotrichioides* and *F. poae* reduce the length of wheat seedlings. Seedling length comparisons were made with *Alternaria* sp., as they did not have phytotoxic effects during all years of research, and even stimulated seed germination. *F. poae* reduced the length of seedlings in the presence of an average of 51.3%, and *F. sporotrichioides* – by 45.5%. *Fusarium* sp. from mycobiota wheat seeds had a negative effect on its germination and plant development.

Key words: *Fusarium* sp., harmfulness, mycobiota of seeds, winter wheat.

ЩІЛЬНІСТЬ ДЕРЕВИНИ ТА КОРИ ГІЛОК РОБІНІЇ НЕСПРАВЖНЬОАКАЦІЇ БАЙРАЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Ситник Світлана Анатоліївна

доктор сільськогосподарських наук, доцент
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID: 0000-0002-7646-6347
sytnyk.s.a@dsau.dp.ua

Ловинська Вікторія Миколаївна

доктор сільськогосподарських наук, доцент
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID: 0000-0002-7359-9443
glub@ukr.net

Грицан Юрій Іванович

доктор біологічних наук, професор
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID: 0000-0002-7443-0930
gritsan@i.ua

Безугла Людмила Сергіївна

здобувач вищої освіти
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID: 0000-0002-6520-4325
milabezugla@gmail.com

Тимошенко Олександр Сергійович

здобувач вищої освіти
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID: 0000-0001-8256-937X
tymoshenko1995zx@gmail.com

Ковешко Ірина Вадимівна

здобувач вищої освіти
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
ORCID: 0000-0001-9152-9273
kovesh@i.ua

Відповідність робінієвих деревостанів едафічним та кліматичним умовам Байрачного степу, їх утилітарні функції дозволяють вважати даний лісотвірний вид доцільним для створення лісових насаджень у степовій природній зоні України. З метою комплексного оцінювання ресурсного, екологічного й енергетичного потенціалу дерев і деревостанів робінії Байрачного степу України, обов'язковою умовою є встановлення їх біопродуктивності, яка розраховується із використанням показника щільності компонентів надземної фітомаси.

У процесі дослідження базисної та природної щільності компонентів надземної фітомаси гілок крони робінії несправжньоакації зрубано 20 модельних дерев, зроблено заміри та визначено їх таксаційні показники. Показники щільності структурних компонентів надземної фітомаси дерев робінії несправжньоакації у свіжозрубаному та абсолютно сухому станах розраховували за методикою П. І. Лакиди.

Визначено природну та базисну щільність деревини, кори та деревини у корі гілок робінії несправжньоакації та основні статистики для означених параметрів. Встановлено, що сукупності показників базисної та природної щільності усіх структурних компонентів гілок мають розподіл, подібний до нормального. Наведено значення коефіцієнтів кореляції між щільністю деревини й кори гілок з таксаційними показниками дерев робінії несправжньоакації, які свідчать про їх слабкий, переважно прямий зв'язок.

У роботі представлено графічну інтерпретацію зміни базисної щільності структурних компонентів фітомаси гілок за віком, діаметром і висотою дерев. Встановлено, що зі збільшенням віку, діаметра стовбура та висоти дерев робінії відбувається зростання абсолютних значень як природної, так і базисної щільності деревини гілок та гілок крони у корі. Діапазон значень природної щільності гілок досить широкий: щільність деревини гілок – 684–987 кг·(м³)⁻¹; щільність кори гілок 473–703 кг·(м³)⁻¹; щільність гілок у корі – 658–909 кг·(м³)⁻¹.

Значення базисної щільності гілок крони варіюють у таких межах: щільність деревини – $390\text{--}611 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$; щільність кори $230\text{--}429 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$; щільність гілок у корі – $408\text{--}588 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$.

Розроблено математичні моделі залежності якісних характеристик структурних компонентів надземної фітомаси гілок дерев робінії несправжньоакації від основних таксаційних показників. Вони можуть бути використані для оцінювання біотичної продуктивності робінієвих деревостанів.

Ключові слова: базисна щільність, природна щільність, *Robinia pseudoacacia*, таксаційні показники, регресійні моделі.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.17>

Вступ. Надання точного оцінювання показника фітомаси лісів має вирішальне значення для лісгосподарської діяльності, комерційного використання деревних та не деревних ресурсів, а також для наукових досліджень продуктивності екосистем, циклу вуглецю, потоків поживних речовин і енергії (Fingerman et al., 2019). В контексті останнього питання, визначення надземної біомаси з максимальною точністю є пріоритетним завданням, що обумовлено важливістю правильного оцінювання варіації вуглецю з огляду на проблеми зміни клімату та глобального потепління й ролі лісів у пом'якшенні клімату (Schweinle et al., 2018; Cintas et al., 2017; Favero et al., 2017).

Як показують останні дослідження, зміни навколишнього середовища призводять до все більш прискореної динаміки росту лісів у Центральній Європі (Bussotti et al., 2014; Fang et al., 2014; Huang et al., 2017; McEwan et al., 2020). У той час як посухи можуть тимчасово зменшувати темпи зростання лісонасаджень (Lloret et al., 2022), загальний рівень залишається безпрецедентно високим.

Економічний та екологічний потенціал лісонасаджень визначається біопродуктивністю деревних порід або фітомасою їх стовбура та крони. У свою чергу фітомаса прямим чином залежить від якісних показників лісотвірних порід, зокрема, від щільності деревини (Roaki et al., 2017).

Робінія несправжньоакація є головним лісотвірним видом степової зони України (Gritsan et al., 2019). За відсутності догляду за насадженнями, робінія несправжньоакація здатна інтенсивно розмножуватися вегетативно та утворювати монодомінантні угруповання, проте за умови догляду, проникнення у природні фітоценози не відбувається, тому, за ступенем натуралізації цей лісотвірний вид відносять до епекофітів, тобто видів, які натуралізуються виключно у антропогенно трансформованих ландшафтах. У природні ценози цей вид не поширюється, у культурах може спостерігатися інтенсивне вегетативне розмноження та подальше розповсюдження (Koliada & Koliada, 2018).

Фітомаса деревини та кори гілок дерев робінії несправжньоакації є складовою їх надземної фітомаси. Системний менеджмент поводження з ресурсами лісових насаджень у лісгосподарських підприємствах природної зони степу мав би передбачати використання гілок робінії несправжньоакації, як джерело отримання продукту з доданою вартістю (Shvidenko et al., 2008; Sitzia et al., 2016). Оцінювання потенціалу використання гілок цього лісотвірного виду, як основи виробництва продуктів альтернативної енергії, неможливо без знання їх якісних характеристик (Polubojarinov, 1976; Lohmatov,

1985). Тому дослідження якісних показників фракції гілок – базисної та природної щільності є необхідною передумовою оцінювання екологічного та енергетичного потенціалу дерев і деревостанів досліджуваного виду у байрачному степу України.

Матеріали і методи досліджень. Якісні параметри крон дерев робінії несправжньоакації досліджували за даними 60 модельних дерев. Для визначення показників щільності деревини та кори гілок були випиляні дослідні зрізи з живих гілок різної довжини, відібраних з нижньої, середньої та верхньої частини крони дерева (Lakyda, 2002). Загалом для дослідження показників щільності відібрано 180 зрізів живих гілок. Лабораторне оброблення зрізів гілок крони виконувалося з метою визначення показників природної та базисної щільності фракцій фітомаси гілок. На першому етапі були визначені вага дослідних зрізів у свіжозрубаному стані та їх об'єм. Сушінням зрізів при температурі $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ було досягнуто абсолютно сухий стан, у якому здійснено повторне зважування (Lakyda, 2002).

Природну щільність гілок (P_{δ}^{ain} – природна щільність деревини гілок; P_{κ}^{ain} – природна щільність кори гілок; $P_{\delta\kappa}^{ain}$ – природна щільність гілок у корі) та базисну (P_{δ}^{ain} – базисна щільність деревини гілок, P_{κ}^{ain} – базисна щільність кори гілок; $P_{\delta\kappa}^{ain}$ – базисна щільність гілок у корі) аналізували залежно від віку (a , роки), діаметра стовбура дерева на висоті $1,3\text{ м}$ (d , см), висоти (h , м) задля встановлення закономірності динаміки показників щільності структурних компонентів гілок зі зміною таксаційних параметрів дерев.

Результати польових та лабораторних досліджень обробляли з використанням табличного процесора Excel, статистичної програми IBM SPSS Statistics 23, спеціалізованих таксаційних і біометричних програм.

Результати. Статистики розподілу показників базисної та природної щільності деревини гілок, кори гілок та гілок у корі та таксаційних характеристик дерев робінії несправжньоакації з яких було відібрано дослідні зрізи для дослідження щільності наведено у табл. 1.

Значення щільності деревини гілок, кори гілок і гілок у корі демонструють варіювання їх показників. Фактичні дані статистичного аналізу за умови порівняння із критичними значеннями асиметрії та ексцесу свідчать, що сукупності показників базисної та природної щільності усіх структурних компонентів гілок мають розподіл, подібний до нормального.

Аналізуючи значення коефіцієнтів кореляції можна зробити висновок про слабкий, переважно прямий зв'язок між щільністю деревини й кори гілок та таксаційними показниками дерев робінії несправжньоакації (табл. 2).

Таблиця 1

Основні статистики середньої базисної і природної щільності гілок крони дерев робінії несправжньоакації

Щільність, кг·(м ³) ⁻¹	Значення		Статистики			
	min	max	середнє арифметичне значення	середнє квадратичне відхилення	асиметрія	ексцес
P_{Δ}^{a1n}	684,0	987,0	850,5	67,8	-0,279	0,976
P_{κ}^{a1n}	473,0	703,0	567,0	61,1	0,720	-0,096
$P_{\Delta\kappa}^{a1n}$	658,0	909,0	792,9	60,7	-0,313	0,133
P_{Δ}^{a1n}	390,0	611,0	525,3	67,4	-0,440	-0,694
P_{κ}^{a1n}	230,0	429,0	333,2	49,2	-0,302	0,159
$P_{\Delta\kappa}^{a1n}$	408,0	588,0	490,9	50,8	0,160	-0,545

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції середньої природної та базисної щільності гілок з таксаційними показниками дерев робінії несправжньоакації

Таксаційні показники дерев	Середня щільність компонентів фітомаси гілок крони					
	природна			базисна		
	деревина	кора	гілки крони у корі	деревина	кора	гілки крони у корі
a, років	+0,24	+0,25	+0,20	+0,25	+0,24	+0,16
$d_{1,3}$, см	+0,14	+0,18	-0,20	+0,22	+0,18	-0,23
h, м	+0,15	+0,40	-0,20	+0,19	+0,25	-0,13

Обернений слабкий зв'язок виявлено для природної та базисної щільності гілок у корі із діаметром стовбура та висотою дерева. Одержані значення коефіцієнтів кореляції узгоджуються з висновками Polubojarinov (1976), що вік дерева є найбільш інформативною характеристикою, яка визначає щільність. За рахунок вікової динаміки конуса наростання у напрямку від верхівки до окоренка дерева відбуваються зміни у співвідношенні деревини з різним вмістом фізіологічно обумовленої вологи.

Для розуміння закономірностей зміни щільності деревини гілок зі збільшенням значень таксаційних параметрів були використані розрахунки, які вказують на помірне збільшення абсолютних значень природної щільності деревини гілок та гілок крони у корі зі збільшенням віку, діаметра стовбура та висоти дерева. Значення природної щільності мали наступні діапазони: щільність деревини гілок – 684–987 кг·(м³)⁻¹; щільність кори гілок 473–703 кг·(м³)⁻¹; щільність гілок у корі – 658–909 кг·(м³)⁻¹.

За даними графічного аналізу базисна щільність деревини гілок є залежною від таксаційних параметрів дерева: з віком, збільшенням значень діаметра та висоти дерева збільшується і значення пошукової якісної характеристики структурного компонента фітомаси крони (рис. 1).

Значення базисної щільності гілок крони варіюють у таких межах: щільність деревини – 390–611 кг·(м³)⁻¹; щільність кори

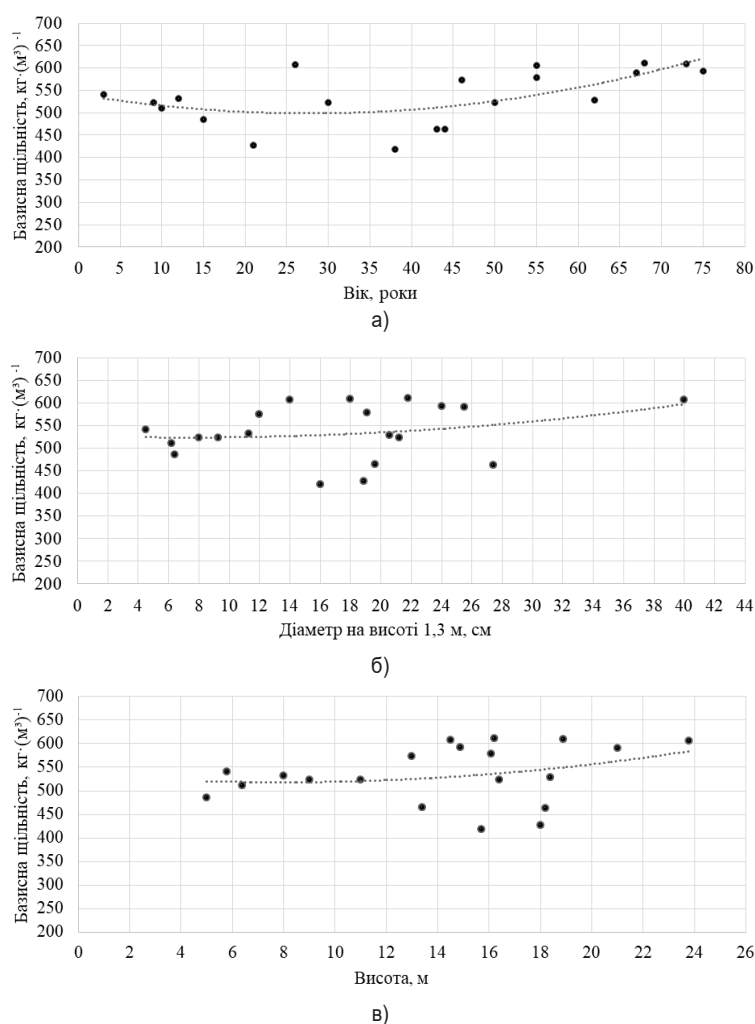


Рис. 1. Залежність базисної щільності деревини гілок робінії несправжньоакації від параметрів дерева: а) віку; б) діаметра; в) висоти

230–429 кг·(м³)⁻¹; щільність гілок у корі – 408–588 кг·(м³)⁻¹ (рис. 1–3).

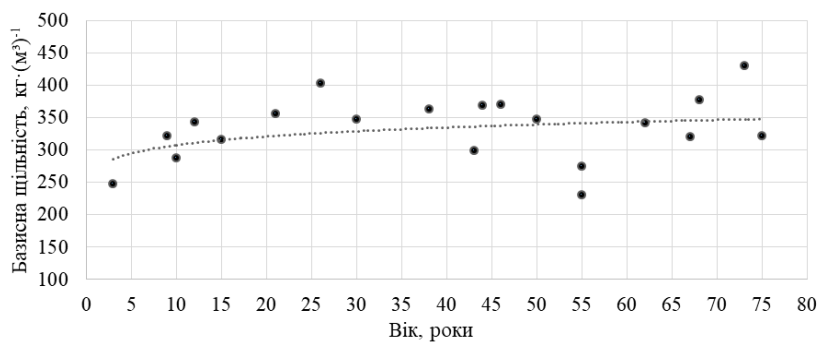
Подальші дослідження якісних характеристик фітомаси гілок дерев робінії несправжньоакації здійснювали на основі математичного моделювання, при цьому використовували різні комбінації таксаційних параметрів дерев, які виступали за фактори впливу (табл. 3).

Розроблені математичні моделі оцінювання базисної та природної щільності деревини й кори гілок та гілок крони у корі характеризуються статистично достовірними значеннями коефіцієнтів детермінації, що обумовлює їхнє доцільне й ефективне застосування у практиці лісового господарства байрачного степу України.

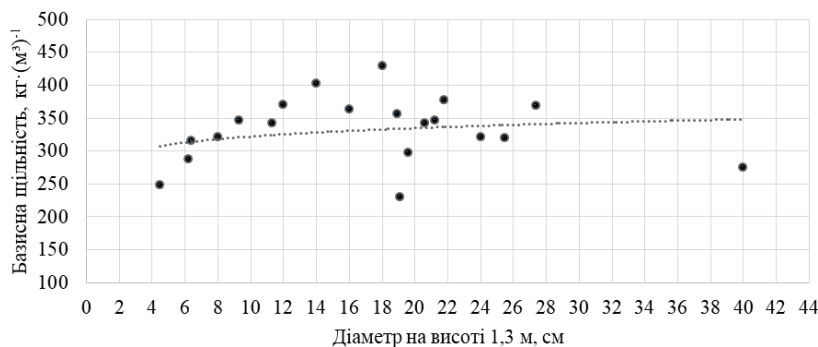
Обговорення. Отримані результати досліджень є унікальними з причини відсутності подібних даних якісних характеристик компонентів крони робінії псеудоакації не лише для Степу, але і для інших природних зон України, що унеможливує проведення порівняльного аналізу із результатами інших авторів, хоча у вітчизняній науковій літературі і наявна значна кількість праць, присвячених дослідженню якісних показників фітомаси крони основних лісотвірних видів України (Lakyda, 2002; Bilous, 2009; Lovynska et al., 2021).

Знайдене у результаті досліджень збільшення базисної щільності деревини гілок, пропорційно зростанню усіх таксаційних параметрів, можливо обумовлене функціонуванням елементів провідної тканини флоєми: висхідний рух асимілянтів за ситоподібними клітинами у першу чергу забезпечує вуглеводами меристеми конусів наростання верхівкових пагонів та гілок крони (Walkovszky, 1998; Sytnyk et al., 2018). Нестача ґрунтової та атмосферної вологи, що є лімітуючим абіотичним чинником у байрачному степу України, у деревних рослин може призводити до інтенсифікації лігніфікації та збільшення товщини клітинних стінок, що позначається на щільності компонентів надземної фітомаси гілок (Lakyda & Yudytskyi, 1993; Zimmermann & Brown, 1989).

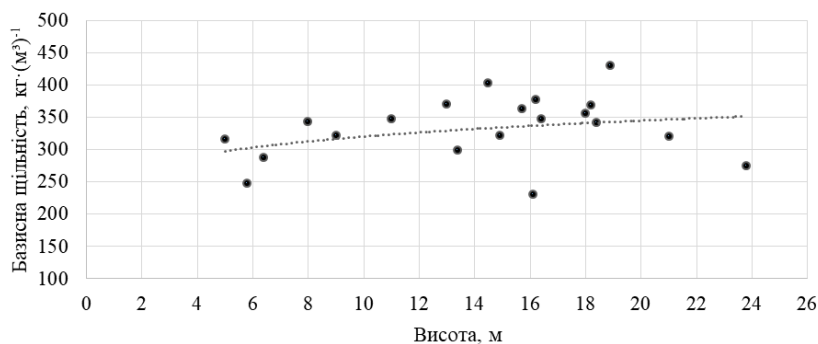
Сучасні закордонні дослідження щільності деревини, як показника якості фітомаси, є достатньо різноспрямованими. Деякі вчені (Giroud et al., 2017) оцінювали регіональні відмінності щільності деревини головних бореальних хвойних та листяних деревних видів у лісах Канади. Автори спостерігали значущу залежність щіль-



а)



б)



в)

Рис. 2. Залежність базисної щільності кори гілок робінії несправжньоакації від параметрів дерева: а) віку; б) діаметра; в) висоти

ності деревини від просторової структури насадження та кліматичного градієнта: показник щільності збільшувався зі зростанням значень середньодобової температури у всіх досліджуваних видів деревних рослин. Для *Betula papyrifera* L. і *Populus tremula* L. був характерний широтний градієнт, пов'язаний з кліматом. Для хвойних дерев, навпаки, просторовий розподіл щільності деревини не був однорідним, що вказує на більш обмежену екологічну адаптивність хвойних дерев у порівнянні з листяними видами. Група вчених (Machado et al., 2014) вивчала поздовжні та радіальні варіації щільності деревини та механічних властивостей *Acacia metaxylon* R. Br., яка зростає у лісах Португалії.

За ствердженням деяких авторів (Lobzhanidze, 1961), дослідження якісних показників компонентів крони дерев лісотвірних видів мають ґрунтуватися на розумінні механізмів трансформації анатомічної будови деревини, які

відбуваються в онтогенезі дерева, тому що зміни структурних елементів деревини є основою зміни показників її щільності.

Особливості анатомічної будови деревини стовбура та гілок робінії несправжньооакації обумовлюють її фізичні характеристики, насамперед щільність деревини, яка являє собою внесок вуглецю в одиницю об'єму стовбура.

У роботі Wareing & Roberts (1956) показано, що зі збільшенням віку, тобто у радіальному напрямку від серцевини до кори довжина трахеїд збільшується, досягає певного максимуму і залишається майже без змін. За результатами досліджень, для природної щільності гілок встановлено широкий діапазон значень, що може бути обумовлено значною залежністю цієї якісної характеристики компонентів фітомаси крони від інтенсивності дії абіотичних чинників, переважно забезпечення ґрунту вологою (Vítková et al., 2015). Неоптимальне забезпечення дерев водою та елементами мінерального живлення, як надмірне зволоження так і його дефіцит, впливають на формування природної щільності фітомаси (Vítková et al., 2017).

Висновки. Значення базисної щільності гілок варіюють у межах: щільність деревини – 390–611 кг·(м³)⁻¹; щільність кори 230–429 кг·(м³)⁻¹; щільність гілок крони у корі – 408–588 кг·(м³)⁻¹. Базисна щільність гілок у корі є залежною від таксаційних параметрів дерева: з віком, збільшенням значень діаметра стовбура та висоти дерева збільшується

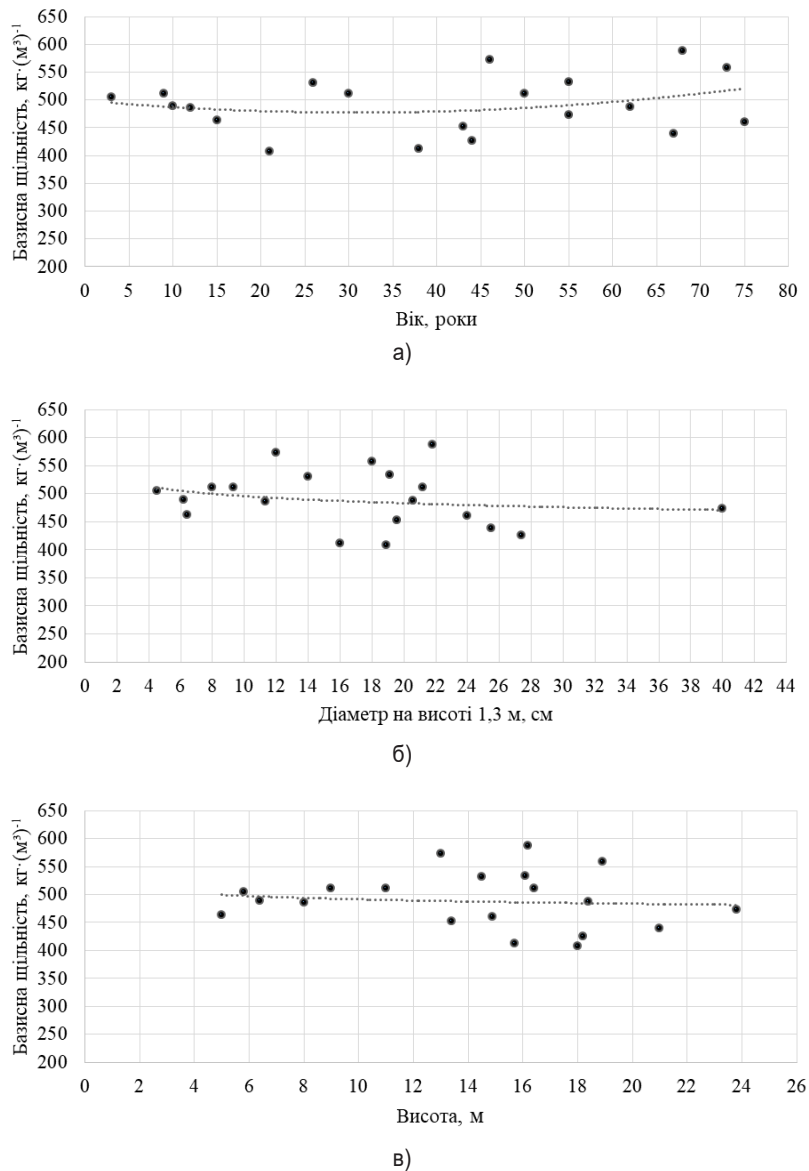


Рис. 3. Залежність базисної щільності гілок крони у корі робінії несправжньооакації від параметрів дерева: а) віку; б) діаметра; в) висоти

Таблиця 3

Моделі оцінювання базисної і природної щільності гілок дерев робінії несправжньооакації у байрачному степу України

Номер моделі	Вид рівняння	Коефіцієнт детермінації
Базисна щільність деревини гілок		
1	$P_{\text{дк}}^{\text{аін}} = 520,88 \cdot a^{0,063} \cdot d^{0,053} \cdot h^{-0,024}$	0,25
Базисна щільність кори гілок		
2	$P_{\text{лк}}^{\text{аін}} = 230,61 \cdot d^{0,205} \cdot h^{0,358}$	0,42
3	$P_{\text{лк}}^{\text{аін}} = 242,39 \cdot a^{0,086} \cdot d^{-0,271} \cdot h^{0,294}$	0,49
Базисна щільність гілок у корі		
4	$P_{\text{дк}}^{\text{аін}} = 540,77 \cdot a^{0,103} \cdot d^{-0,167}$	0,48
5	$P_{\text{дк}}^{\text{аін}} = 507,24 \cdot a^{0,094} \cdot d^{-0,239} \cdot h^{0,113}$	0,52
Природна щільність деревини гілок		
6	$P_{\text{д}}^{\text{аін}} = 816,70 \cdot a^{0,053} \cdot d^{-0,060} \cdot h^{0,009}$	0,55
Природна щільність кори гілок		
7	$P_{\text{к}}^{\text{аін}} = 404,76 \cdot a^{0,019} \cdot d^{-0,195} \cdot h^{0,311}$	0,56
Природна щільність гілок у корі		
8	$P_{\text{дк}}^{\text{аін}} = 837,56 \cdot a^{0,046} \cdot d^{-0,049} \cdot h^{-0,032}$	0,47

і значення базисної щільності. Найбільш інформативними виявилися моделі за умови одночасного введення до рівняння трьох аргументів впливу – віку, діаметра стовбура та висоти дерев.

Бібліографічні посилання:

1. Bilous, A. M. (2009). Yakisni parametry komponentiv fitomasy kron derev osyky u derevostanakh Skhidnoho Polissia Ukrainy [Qualitative parameters of components of phytomass crowns of trees aspen in forests Eastern Polissia of Ukraine]. *Naukovyi visnyk Ukrainського derzhavnogo lisotekhnichnoho universytetu*, 19(4), 29–34.
2. Bussotti, F., Pollastrini, M., Killi, D., Ferrini, F., & Fini, A. (2014). Ecophysiology of urban trees in a perspective of climate change. *Agrochimica* 58, 247–268.
3. Cintas, O., Berndes, G., Cowie, A.L., Egnell, G., Holmström, H., Marland, G., & Ågren, G.I. (2017). Carbon balances of bioenergy systems using biomass from forests managed with long rotations: Bridging the gap between stand and landscape assessments. *Global Change Biology Bioenergy*. doi: 10.1111/gcbb.12425
4. Fajardo, A. (2016). Wood density is a poor predictor of competitive ability among individuals of the same species. *Forest Ecology and Management*, 372, 217–225. doi: 10.1016/j.foreco.2016.04.022
5. Favero, A., Mendelsohn, R. & Sohngen, B. (2017). Using forests for climate mitigation: sequester carbon or produce woody biomass?. *Climatic Change* 144, 195–206. doi: 10.1007/s10584-017-2034-9
6. Fingerman, K.R., Nabuurs, G.J., Iriarte, L., Fritsche, U.R., Staritsky, I., Visser, L., Mai-Moulin, T. & Junginger, M. (2019). Opportunities and risks for sustainable biomass export from the south-eastern United States to Europe. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13(2), 281–292. doi: 10.1002/bbb.1845
7. Giroud, G., Begin, J., Defo, M., & Ung, C. (2017). Regional variation in wood density and modulus of elasticity of Quebec's main boreal tree species. *Forest Ecology and Management*, 400, 289–299. doi:10.1016/j.foreco.2017.06.019
8. Goussanou, C.A., Guendehou, S., Assogbadjo, A.E., Kaire, M., Sinsin, B., & Cuni-Sanchez, A. (2016). Specific and generic stem biomass and volume models of tree species in a West African tropical semi-deciduous forest. *Silva Fennica*, 50(2), 22. doi:10.14214/sf.1474
9. Gritsan, Y. I., Sytnyk, S. A., Lovynska, V. M., & Tkalich, I. I. (2019). Climatogenic reaction of *Robinia pseudoacacia* and *Pinus sylvestris* within Northern Steppe of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 27(1), 16–20. doi:10.15421/011902
10. Huang, J.H., Li, G.Q., Jie, L., Zhang, X.Q., Yan, M.J., & Du S. (2017). Projecting the range shifts in climatically suitable habitat for chinese sea buckthorn under climate change scenarios. *Forests*, 9 (1), 1–9. doi:10.3390/f9010009
11. Koliada, N. A., & Koliada, A. S. (2018). *Robinia pseudoacacia* L. (Fabaceae Lindl) na yuhe Dalneho Vostoka Rossyy [Robinia pseudoacacia L. (Fabaceae Lindl) in the south of the Far East of Russia]. *Rosyiskiy Zhurnal Byolohicheskoykh Ynvazyi*, 2, 14–19.
12. Lakyda, P. I. (2002). Fitomasa lisiv Ukrainy [Forest phytomass of Ukraine]. Zbruch. Ternopil.
13. Lakyda, P. I., & Yudytskyi, Ya. A. (1993). Otsinka serednoi shchilnosti fraktsii derevnoho stovbura [Estimation of average density of tree trunk fractions]. *Lisoviy zhurnal*, 1(6), 25–26.
14. Lloret, F., Jaime, L.A., Margalef-Marrase, J., Pérez-Navarro, M.A., Batllori, E. (2022). Short-term forest resilience after drought-induced die-off in Southwestern European forests. *Science of The Total Environment*, 806 (4), 150940. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.150940
15. Lobzhanidze, Je. D. (1961). Kambij i formirovanie godichnyh kolec drevesiny [Cambium and tree-ring formation]. Tbilisi: AN GSSR.
16. Lohmatov, N. A. (1985). Raznoobrazie beloakacievyyh nasazhdenij i nekotorye obshhie zakonomernosti ih razvitija v stepnoj zone USSR [Diversity of black locust plantations and some general patterns of their development in the steppe zone of the Ukrainian SSR]. *Lesovodstvo i agrolesomeliacija*, 78, 47–51.
17. Lovynska, V. M., Sytnyk, S. A., Hrytsan, Yu. I., Rosykhina-Halycha, H. S., Mamrak, O. O., & Piskokha, V.M. Yakisni pokaznyky fitomasy krony derev sosny zvychainoi Pivnichnostepovoi zony Ukrainy [Qualitative indicators of phytomass of the crown of pine trees of the Northern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 9, 36–40. doi:10.32848/ahar.innov.2021.9.5
18. Machado, J. S., Louzada, J. S., Santos, A., Nunes, L., Anjos, O., Rodrigues, J., & Simões, R. (2014). Variation of wood density and mechanical properties of blackwood (*Acacia melanoxylon* R. Br.). *Materials & Design*, 56, 975–980. doi:10.1016/j.matdes.2013.12.016
19. McEwan, A., Marchi, E., Spinelli, R., & Brink, M. (2020). Past present and future of industrial plantation forestry and implication on future timber harvesting technology. *J. Forestry Res.* 31(2), 339-351. doi:10.1007/s11676-019-01019-3.
20. Polubojarinov, O. I. (1976). Plotnost' drevesiny [Wood density]. Moskva : Lesnaja promyshlennost'.
21. Pretzsch, H., Biber, P., Schütze, G., & Bielak, K. (2014). Changes of forest stand dynamics in Europe. Facts from long-term observational plots and their relevance for forest ecology and management. *For. Ecol. Manage., Forest Observat. Studies: Data Sources for Analysing Forest Struct. Dyn.* 316, 65–77. doi: 10.1016/j.foreco. 2013.07.050
22. Roaki, I., Sillett, S., & Carroll, A., (2017). Crown dynamics and wood production of Douglas-fir trees in an old-growth forest. *Forest Ecology and Management*, 384: 157–168. doi: 10.1016/j.foreco.2016.10.047
23. Schweinle, J., Köthke, M., Englert, H., & Dieter, M. (2018). Simulation of forest-based carbon balances for Germany: a contribution to the “carbon debt” debate. *WIRES Energy Environ.*, 7(1), 1–15, doi: 10.1002/wene.260
24. Shvidenko, A., Lakyda, P., & McCallum, I. (2008). Carbon, Climate and Managed Land in Ukraine: Integrated Data and Models of Land Use for NEESI (Forest Sector). Report on work of the International Institute for Applied System Analysis. Laxenburg, Austria.
25. Sitzia, T., Cierjacks, A., de Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Robinia pseudoacacia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., & Mauri, A. (Eds.). *European Atlas of Forest Tree Species*. Luxembourg: Publication office of the European Union.

26. Sytnyk, S., Lovynska, V., Lakyda, P., & Maslikova, K. (2018). Basic density and crown parameters of forest forming species within Steppe zone in Ukraine. *Folia Oecologica*, 45, 82–91. doi: 10.2478/foecol-2018-0009
27. Vítková, M., Müllerová, J., Sadlo, J., Pergl, J., & Pyšek, P. (2017). Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 384, 287–302. doi: 10.1016/j.foreco.2016.10.057
28. Vítková, M., Tonika, J., & Müllerová, J. (2015). Black locust – successful invader of a wide range of soil conditions. *Science of the Total Environment*, 505, 315–328. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.09.104
29. Walkovszky, A. (1998). Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 41, 155–160. doi: 10.1007/s004840050069
30. Wareing, P., & Roberts, D. (1956). Photoperiodic control of cambial activity in *Robinia pseudoacacia* L. *New Phytologist*, 55, 356–366. doi: 10.1111/j.1469-8137.1956.tb05295.x
31. Zimmermann, M. H., & Brown, C. L. (1989). *Trees: structure and function*. Berlin-Heidelberg-New-York: Springer-Verlag.

Sytnyk S. A., Doctor (Agricultural Sciences), Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Lovynska V. M., Associate Professor, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Hrytsan Yu.I., Doctor (Biological Sciences), Professor Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Bezugla L. S., PhD student, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Tymoshenko O. S., PhD student, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Koveshko I. V., PhD student, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Wood and bark density of robinia pseudoacacia branches of the riparian steppe of Ukraine

The conformity of black locust stands to edaphic and climatic conditions of Riparian Steppe, their utilitarian functions allow to consider this forestforming species expedient for creation of forest plantations in steppe natural zone of Ukraine. In order to comprehensively assess the resource, environmental and energy potential of trees and stands of the Riparian Steppe of Ukraine, it is mandatory to assess their bioproductivity, which is calculated using the density of components of aboveground phytomass. In the process of studying the basic and natural density of the aboveground phytomass components of the branches of 20 model black locust trees were cut down. The measurements of trees were made and their biometric indicators were determined. The density indexes of structural components of aboveground phytomass of black locust trees in freshly and absolutely dry states were calculated according to the method of P. Lakyda. The natural and basic densities of wood, bark and wood in the bark of the branches of black locust and the main statistics for these parameters are determined. It is established that the sets of indicators of basic and natural density of all structural components of branches have a distribution similar to normal. The values of the correlation coefficients between the density of wood and bark of branches with the isometric indices of black locust trees, which indicate their weak, mostly direct relationship, are given. The paper presents a graphical interpretation of changes in the basic density of the structural components of the phytomass of branches by age, diameter and height of trees. It is established that with increasing age, diameter at breast height and tree height of black locust trees there is an increase in the absolute values of both natural and basic density of wood branches and branches in the bark. The range of values of natural density of branches is rather wide: the density of wood of branches – 684–987 kg·(m³)⁻¹; the density of bark of branches 473–703 kg·(m³)⁻¹; the density of branches in the bark – 658–909 kg·(m³)⁻¹. The values of the branches basic density vary within the following limits: the density of wood – 390–611 kg·(m³)⁻¹; crust density 230–429 kg·(m³)⁻¹; the density of branches in the bark is 408–588 kg·(m³)⁻¹. Mathematical models of the dependence of the qualitative characteristics of the structural components of the branches of black locust trees on the main biometric indicators have been developed. They can be used to assess the biotic productivity of black locust stands.

Key words: basic density, natural density, *Robinia pseudoacacia*, biometric indexes, regression models.

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ПЛОДІВ ШПАЛЕРНОГО ОГІРКА ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Тернавський Андрій Григорович

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

Щетина Сергій Васильович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна
ORCID: 0000-0001-8504-2944
sv_shetina@ukr.net

Слободяник Галина Яківна

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

Кецкало Вікторія Валеріївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна
ORCID: 0000-0002-9137-6470
viktoriya_keckalo@ukr.net

У статті наведено трирічні дані про вплив різних регуляторів росту рослин на врожайність і якість плодів огірка районованого гібрида Сатіна за вирощування рослин на вертикальній шпалері в умовах Правобережного Лісостепу України.

Подано дані щодо проходження основних фенологічних фаз росту і розвитку рослин огірка, біометричних параметрів, загальної та товарної урожайності, товарності плодів та вмісту деяких хімічних елементів у плодах, кореляційного та дисперсійного аналізу одержаних результатів досліджень. Встановлено, що порівняно з контролем кінцеві фази росту і розвитку рослин на 2–4 доби швидше відбувалися у варіантах застосування регуляторів росту рослин. Зокрема, перші плоди у цих варіантах збирали вже на 26–28 добу від садіння розсади. Порівняно з контролем, усі регулятори росту сприяли збільшенню висоти та діаметра головного стебла, формуванню більшої кількості листків на рослині та площі їх асиміляційної поверхні. Серед регуляторів росту більший вплив на біометричні показники рослин чинили Тур та Біолан.

Найвищу товарну урожайність було одержано за використання регуляторів Тур та Біолан – відповідно 50,5 т/га і 49,8 т/га, що на 6,4 т/га та 5,7 т/га більше контролю. Інші препарати забезпечили дещо меншу прибавку товарної урожайності – 3,3–4,7 т/га. Усі регулятори росту рослин сприяли збільшенню товарності врожаю на 0,8–1,7 відсоткових пункти. Проте, найбільша товарність була у варіантах застосування регуляторів Кендал (99,1%) та Ізабін (98,9%).

Під впливом регуляторів росту рослин змінювалися деякі показники біохімічного складу плодів огірка. Під їх дією зростає вміст у плодах сухої речовини та вмісту цукрів. Найбільший вміст сухої речовини був у варіантах Емістиму С та Біолану – по 5,1%. За використання регулятора Біолан плоди містили найбільше цукру – 2,16%. Вміст нітратів у плодах не перевищував максимально допустимого рівня. Однак, найменша їх кількість була у варіантах регуляторів Кендал та Тур – відповідно 65,0 мг/кг і 69,0 мг/кг.

Ключові слова: *огірок, гібрид, вертикальна шпалера, регулятори росту, біометричні показники, урожайність, товарність плодів, якість плодів.*

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.18>

Вступ. Останніми роками умови Лісостепу України внаслідок глобального потепління набувають ознак степової зони з недостатньою зволоженістю. Такі умови поглиблюються зниженням обсягів внесення мінеральних та органічних добрив. При цьому, завдання підвищення урожайності рослин залишається першочерговим.

Ефективним напрямком підвищення урожайності та якості сільськогосподарських культур є впровадження

у виробництво високих енергозберігаючих технологій із застосуванням біологічних препаратів, які могли б сприяти збільшенню врожайності культур на 15–20% і більше (Grcaenko et al., 2008).

На сьогодні в процесі виробництва сільськогосподарської продукції важливим є зниження забруднення навколишнього середовища і отримання продукції високої якості. Вирішити це завдання може впровадження

екологічно безпечних регуляторів росту рослин, які дозволять не лише збільшити урожайність, а й посилити імунізаційні властивості рослин до багатьох стресових чинників (Tsygankova et al., 2018, с. 301–302; Karpenko et al., 2017, с. 14; Yavorska et al., 2008, с. 292–293).

Застосування стимуляторів росту сприяє повнішій реалізації генетичного потенціалу сільськогосподарських культур. На сьогодні з допомогою регуляторів росту можна ефективно управляти онтогенезом рослин, тому вони знаходять широке застосування в технології вирощування багатьох сільськогосподарських рослин (Colla & Roupael, 2015).

Сучасні регулятори росту рослин та інші біологічні препарати містять комплекс біологічно активних речовин, які сприяють посиленню обмінних процесів у ґрунті та рослинах, підвищують стійкість рослин до несприятливих умов середовища, сприяють додатковому використанню закладеного в них потенціалу продуктивності (Gricenko et al., 2008).

До стимуляторів росту належать різноманітні речовини, що наносяться на поверхню насіння, кореневу систему чи листову поверхню. Вони можуть впливати на покращення живлення рослин, збільшувати їх стійкість до різноманітних стресів, незалежно від забезпеченості рослин елементами живлення (Yakhin et al., 2017). На сьогодні високоефективними є стимулятори росту, що мають рослинне походження, а також гумінові та фульвокислоти (Shah et al., 2018). Препарати на основі амінокислот, хітозану, екстракту морських водоростей та гумінових речовин мають також високу ефективність по дії на рослину (Abbott et al., 2018).

Препарати, що містять у своєму складі гідролізати білків мають протистресову дію на рослини. Крім цього, вони стимулюють ростові процеси, поліпшують поглинання і засвоєння поживних речовин, підвищують урожайність, покращують розвиток кореневої системи та листової маси (Colla et al., 2014). Багато регуляторів росту сприяють підвищенню стійкості рослин до несприятливих умов середовища, зокрема до низьких температур повітря і ґрунту, значних середньодобових її коливань, нестачі вологи, шкідливої дії пестицидів тощо.

Всі стимулятори росту мають високу фізіологічну активність завдяки вмісту комплексу біологічно активних речовин, вони дозволяють цілеспрямовано регулювати найважливіші процеси росту та розвитку рослинного організму. Сучасні регулятори росту на біологічній основі є цілком безпечними для навколишнього середовища, людини та комах. Вони можуть посилювати обмінні процеси в ґрунті, поліпшувати його фізико-хімічні та біологічні властивості. У взаємодії з протруйниками стимулятори росту можуть збільшувати їх ефективність, що дозволить зменшити витрату на одиницю площі до 20–25%, а значить зекономити значну суму грошей, що для аграріїв є доволі важливо. Очевидно, що застосування рістрегулюючих речовин є на сьогодні найбільш рентабельним заходом у аграрному виробництві.

На сьогодні найбільш популярним є спосіб отримання регуляторів росту шляхом виділення необхідних елементів і речовин з бактерій, грибів, вугілля, торфу,

водоростей та інших природних донорів. Проте, синтетичні аналоги за своїм складом та дією мало відрізняються від натуральних.

Встановлено, що за дії регуляторів росту рослин у посівах сільськогосподарських культур посилюються ростові процеси, зокрема висота рослин збільшується на 8–14%, біомаса – на 17–24%. При цьому стимулюється нагромадження рослинами хлорофілу та проходження у них фотосинтетичних процесів (Yakhin et al., 2017, с. 175).

Регулятори росту рослин виявляють комплексний вплив на фізіолого-біохімічні й обмінні процеси в рослинних організмах, що супроводжується антистресовою дією і реалізацією закладеного в рослинах потенціалу продуктивності (Yakhin et al., 2017, с. 64; Shah et al., 2018, с. 507–508).

У низці літературних джерел вказується на високу ефективність використання стимуляторів росту для передпосівної обробки насіння огірка (Kravchuk et al., 2017; Lukinova et al., 2017; Burdeina et al., 2017).

Метою досліджень було вивчення ефективності регуляторів росту рослин за вирощування шпалерного огірка в умовах Правобережного Лісостепу України. Згідно мети у завдання досліджень входило оцінити дію кожного з регуляторів росту на ростові процеси рослин огірка та визначення впливу регуляторів росту на формування врожайності шпалерного огірка підібрати найбільш ефективні регулятори росту.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження різних регуляторів росту рослин проводили впродовж 2019–2021 рр. на дослідному полі кафедри овочівництва Уманського національного університету садівництва за загальноприйнятими методиками (Bondarenko & Jakovenko, 2001; Lisoval et al., 1994). Рельєф дослідного поля – вирівняне плато з незначним схилом південно-східної експозиції. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений, важкосуглинковий на лесі. Вміст гумусу в орному шарі – 3,5%, рН сольове становить 6,0. Ступінь насиченості ґрунту основами – 91%. Рослини в досліді забезпечували вологою з допомогою системи краплинного зрошення. Від появи сходів до цвітіння рослин вологість ґрунту підтримували на рівні 75–80% НВ, у фазу плодоношення – 85–90% НВ.

Щодо кліматичних умов, то кількість опадів у нашому випадку не мала впливу на ріст і розвиток, бо рослини у досліді забезпечувалися водою через систему краплинного зрошення. Вологість ґрунту постійно підтримувалась в оптимальних межах, дефіциту вологи у всі періоди рослини не відчували.

У 2019 р. середньодобова температура повітря у весняні та літні місяці значно перевищувала середні багаторічні дані. Відносна вологість повітря у квітні та серпні була нижчою за багаторічні дані, в інші місяці вегетаційного періоду рослин вона дещо перевищувала їх. У 2020 р. середньодобова температура повітря впродовж весняних і літніх місяців була дещо вищою за середні багаторічні дані. Відносна вологість повітря мала нижчі показники, порівняно з даними за останні 30 р. окрім травня та червня. У 2021 р. середньодобова

температура повітря у квітні та травні була дещо нижчою за багаторічні показники, в інші місяці перевищувала їх. Щодо відносної вологості повітря, то у всі місяці вегетаційного періоду рослин огірка значення були вищими за середні багаторічні дані. Найбільш сприятливими для росту і розвитку рослин огірка були погодні умови 2019 р. та 2021 р.

Дослідження здійснювали за вирощування районованого надраннього гібрида закордонної селекції Сатіна. Рослини вирощували розсадним способом на вертикальній шпалері. Розсаду вирощували у весняній плівковій теплиці у пластикових касетах чорного кольору з розміром чарунок 8×8 см. Щороку у відкритий ґрунт її висаджували у фазі двох справжніх листків 25 травня за схемою 140×15 см. Повторність досліду чотириразова, площа облікової ділянки становила 8,4 м². Технологічні прийоми проводили відповідно до вимог культури та зони вирощування.

Досліджували такі регулятори росту: Емістим С, Біолан, Кендал, Тур та Ізабіон. Регулятори росту застосовували у рекомендовані строки та у рекомендованих дозах. Так, Емістим С застосовували двічі за вегетацію: перше обприскування вегетативної маси було у фазі 3–5 листків, друге – у фазу бутонізації, норма витрати препарату 0,2 мл/3л води. Біолан застосовували один раз у нормі 0,2 мл/3 л води у фазі бутонізації рослин. Кендал застосовували двічі за вегетацію: у фазі 7–10 листків та перед цвітінням у нормі витрати препарату 200 мл/100 л води. Тур застосовували перед цвітінням рослин у нормі 12 мл/10 л води. Ізабіон застосовували двічі за вегетацію: у фазі 6–7 справжніх листків та перед цвітінням у нормі 4 л/350 л води. За контроль прийнято варіант без застосування регуляторів росту рослин.

В процесі досліджень було відмічено такі фенологічні фази росту і розвитку рослин огірка: появу бічних пагонів, цвітіння жіночих квіток та утворення перших плодів. Початком кожної фенофази вважали дату, коли у неї вступало 15% рослин, а датою масового настання фази – 75% рослин.

Було визначено такі біометричні показники: висоту головного стебла, діаметр головного стебла, кількість листків на рослині та площу листків. Висоту головного стебла визначали з допомогою мірної лінійки; діаметр стебла – з допомогою штангенциркуля; кількість листків на рослині визначали методом математичного підрахунку; площу листків визначали за методикою (Kamchatny & Sinkovets, 1997). Вимірюванню біометричних показників підлягало по 10 контрольних рослин у чотирьох повтореннях кожного із варіантів. Зібрану продукцію розділяли на товарну і нетоварну частини згідно вимог діючого стандарту – ДСТУ 3247-95 «Огірки свіжі. Технічні умови» (16).

В лабораторних умовах було визначено вміст у плодах сухої речовини, суми цукрів та рівень нітратів (N-NO₃):

– суху речовину визначали термогравіметричним методом (Peterburzhskij, 1973) (ГОСТ 13586.5-93);

– суму цукрів – фериціанідним методом (Hrytsayenko et al., 2003) (ГОСТ 8756.13-87);

– рівень нітратів – іонселективним методом за допомогою приладу EB-74 (Najchenko, 2001) (ГОСТ 5048-89).

Результати. В процесі фенологічних спостережень нами виявлено, що найпершими бічні пагони почали утворювати рослини варіанту із застосуванням препарату Кендал – на 11 добу від висаджування розсади, на добу пізніше відмічено їх появу за використання Емістиму С, Біолану та Ізабіону. За використання регулятора Тур бічні пагони з'явилися на 13 добу, а у контролі найпізніше – на 15 добу від садіння розсади (табл. 1). Подібна ситуація склалася за цвітіння жіночих квіток та утворення перших плодів. Так, препарати Емістим С, Кендал, Біолан та Ізабіон прискорювали цвітіння та формування перших плодів відносно контролю на 3–4 доби, тоді як Тур – на 2 доби. У контрольному варіанті плоди формувалися найпізніше – на 30 добу від висаджування розсади.

Таблиця 1
Фенологія росту і розвитку рослин огірка залежно від застосування регуляторів росту, діб від садіння розсади (середнє за 2019–2021 рр.)

Застосування регулятора росту	Початок появи бічних пагонів	Цвітіння жіночих квіток	Початок утворення перших плодів
Без застосування (контроль)	15	24	30
Емістим С	12	20	26
Біолан	12	21	27
Кендал	11	20	26
Тур	13	22	28
Ізабіон	12	21	27

Залежно від дії регуляторів росту змінювалися біометричні параметри рослин огірка. Застосовані препарати сприяли зростанню висоти головного стебла у фазу масового плодоношення відносно контрольного варіанта. Найбільша висота головного стебла була відмічена у варіанті застосування Біолану та Ізабіону – відповідно 177,8 см і 175,3 см (табл. 2).

Найтовстіші стебла були за використання препаратів Тур та Біолан – відповідно 1,38 см і 1,37 см. За кількістю листків на рослині перевагу мали регулятори Тур та Біолан – відповідно 38,4 шт./рослину і 36,1 шт./рослину. Як відомо, найбільша кількість листків не завжди забезпечує найбільшу активну фотосинтетичну поверхню для проходження якісного фотосинтезу. Тому, нами було обраховано сумарну площу листків у середньому на одну рослину. Найбільшою вона була за використання регуляторів росту Тур та Біолан – відповідно 4090 см²/рослину і 3870 см²/рослину.

У середньому за три роки досліджень найбільшу товарну урожайність одержано за використання регуляторів росту Тур та Біолан – відповідно 50,5 т/га і 49,8 т/га, що більше за контрольний варіант відповідно на 6,4 т/га та 5,7 т/га (табл. 3).

Інші рістрегулюючі препарати забезпечили дещо нижчу товарну урожайність (47,4–48,8 т/га), але вона також переважала контроль (44,1 т/га).

Біометричні показники рослин огірка у фазу масового плодоношення залежно від застосування регуляторів росту (середнє за 2019–2021 рр.)

Застосування регулятора росту	Висота головного стебла, см	Діаметр головного стебла, см	Кількість листків, шт./рослину	Площа листків, см ² /рослину
Без застосування (контроль)	158,7	1,20	24,8	3240
Емістим С	169,7	1,30	32,9	3520
Біолан	177,8	1,37	36,1	3870
Кендал	166,8	1,27	30,4	3410
Тур	172,1	1,38	38,4	4090
Ізабіон	175,3	1,33	34,5	3720

Згідно даних проведеного дисперсійного аналізу встановлено, що впродовж 2019 р. істотне збільшення товарної урожайності відносно контролю забезпечили всі застосовані регулятори росту рослин, а у 2020 р. та 2021 р. – лише препарати Біолан, Тур та Ізабіон. За даними кореляційного аналізу встановлено значний прямий зв'язок між висотою головного стебла та товарною урожайністю ($r=0,68$). Між площею листків та урожайністю присутній дуже сильний зв'язок ($r=0,94$). Між діаметром головного стебла та товарною урожайністю, а також між кількістю листків на рослині та урожайністю встановлено дуже сильні прямі залежності ($r=0,99$).

За роками досліджень більшу врожайність рослин гібрида Сатіна спостерігали у 2021 р., чому сприяли кращі погодні умови вирощування (вища середньодобова температура та відносна вологість повітря). Деяко гірші умови склалися у 2019 р.

Зібрану продукцію у досліді розділяли на стандартну і нестандартну частини згідно з вимогами ДСТУ (ДСТУ

3247-95). До нестандарту відносили деформовані, уражені хворобами а також пошкоджені ґрунтовими шкідниками, недорозвинені та перерослі плоди.

Найвищим рівнем товарності урожаю, в середньому за роки досліджень, характеризувалися варіанти застосування регуляторів росту Кендал та Ізабіон – відповідно 99,1% і 98,9%. У цілому товарність врожаю була досить високою (97,2–99,1%). Всі регулятори росту рослин, порівняно з контролем, сприяли її збільшенню.

Аналізуючи біохімічний склад плодів огірка можна відмітити, що найбільший вміст сухої речовини був за застосування регуляторів, але краще тут себе зарекомендували препарати Емістим С, Біолан та Тур (5,0–5,1%). Більш цукристими були плоди у варіанті Біолану (2,16%) та Ізабіону (2,14%). Варто сказати, що на контролі плоди мали найменший вміст сухих речовин та цукрів, а також найбільше містили нітратів (90,0 мг/кг), тоді як застосування регуляторів росту сприяло значному зниженню їх рівня (65,0–73,0 мг/кг) (табл. 4).

Таблиця 3

Урожайність огірка гібрида Сатіна залежно від застосування різних регуляторів росту, т/га

Застосування регулятора росту	Товарна урожайність				Загальна урожайність (середня за 2019–2021 рр.)	Товарність урожаю, % (середня за 2019–2021 рр.)
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє		
Без застосування (контроль)	43,9	42,8	45,6	44,1	45,4	97,2
Емістим С	47,9	46,4	49,1	47,8	48,7	98,2
Біолан	49,7	48,5	51,2	49,8	50,6	98,4
Кендал	48,0	45,3	48,9	47,4	47,8	99,1
Тур	50,4	49,3	51,8	50,5	51,5	98,0
Ізабіон	48,6	47,8	50,0	48,8	49,3	98,9
<i>НІР</i> ₀₅	3,9	4,0	3,8		–	

Таблиця 4

Вміст деяких хімічних елементів у плодах огірка залежно від дії регуляторів росту рослин (середнє за 2019–2021 рр.)

Застосування регулятора росту	Загальна суха речовина, %	Сума цукрів, %	Рівень нітратів,* мг/кг
Без застосування (контроль)	4,6	2,05	90,0
Емістим С	5,1	2,13	70,0
Біолан	5,1	2,16	73,0
Кендал	4,9	2,10	65,0
Тур	5,0	2,12	69,0
Ізабіон	4,9	2,14	72,0

* – МДР (не більше 150 мг/кг).

Обговорення. Регулятори росту рослин мають спрямовану дію на активацію конкретних функцій та процесів у рослині, саме тому жоден з них не може безпосередньо підвищити урожайність. Результат буде позитивним лише тоді, коли таке втручання у ростові процеси рослини буде справді потрібним у конкретних умовах.

Тому, для правильного застосування рістрегулюючих речовин в першу чергу потрібно добре знати можливості самих препаратів, їх дію на рослину. По-друге, необхідно добре знати саму рослину і враховувати інші фактори, які можуть впливати на зміну дії регуляторів росту: ґрунтово-кліматичні умови, технологію вирощування, групу стиглості сорту чи гібрида тощо. З вищевказаного слід сказати наступне: для інших технологій вирощування

і сортименту, а також інших ґрунтово-кліматичних умов дані регулятори росту можуть мати не аналогічну дію.

Висновки. Нами встановлено, що застосовані регулятори росту прискорювали проходження кінцевих фаз росту і розвитку рослин огірка на 2–4 доби, порівняно до контролю. Також, вони сприяли збільшенню висоти та товщини головного стебла, кількості листків на рослині, а також площі листової поверхні. Під дією рістрегулюючих препаратів товарність урожаю зростала на 0,9–1,9 в.п. Найбільша товарна урожайність одержана у варіантах застосування регуляторів Тур та Біолан – відповідно 50,5 т/га і 49,8 т/га. Завдяки регуляторам росту поліпшувався біохімічний склад плодів, а саме: зростала кількість сухої речовини та цукрів, а рівень нітратів зменшувався.

Бібліографічні посилання:

1. Abbott, L. K., MacDonald, L. M., Wong, M.T.F., Webb, M. J., Jenkins, S. N. & Farrell, M. (2018). Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256. 34–50. doi: 10.1016/j.agee.2017.12.021 (in English).
2. Bondarenko, G. L. & Jakovenko, K. I. (2001). *Metodika doslidnoї spravi v ovocivnictvi i bashtannictvi [Methods of research in vegetable growing and melon growing]*. Osнова. Harkiv. 369 (in Ukrainian).
3. Burdeina, V. O., Poliak, A. V., Kravchuk, V. O. & Krysko, L. V. ta in. (2017). Vplyv rehulatoriv rostu roslyn epinu ta heteroauksynu na nasinnievu produktyvnist roslyn ohirka. [Nauka i studia]. 1. (4). 36–38 (in Czech).
4. Colla, G. & Roupael, Y. (2015). Biostimulants in horticulture. *Scientia Horti*.196, 1–2. doi: 10.1016/j.scienta.2015.10.044 [in English].
5. Colla, G., Roupael, Y., Canaguier, R., Svecova, E. & Cardarelli, M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. [Frontiers in Plant Science]. 5, 1–6. doi: 10.3389/fpls.2014.00448 (in English).
6. DSTU 3247-95 „Ogirki svizhi. Tehnichni umovi” [Fresh cucumbers. Specifications]. Kiev: State Standard of Ukraine. 17 (in Ukrainian).
7. Gricenko, Z. M., Ponomarenko, S. P., Karpenko, V. P. & Leontjuk, I. B. (2008). *Biologichno aktivni rehovini v roslinnictvi [Biologically active substances in crop production]*. NICH LAVA. Kiev: 352 p. (in Ukrainian).
8. Hrytsayenko, Z.M., Hrytsayenko, A.O., & Karpenko, V.P. (2003). *Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils*. ZAT NICH LAVA. Kyiv (in Ukrainian).
9. Kamchatny, V.I., & Sinkovets, G.A. (1997). Determination of the area of leaves of vegetable crops with a whole and dissected plate. *Bulletin of agricultural science. Harvest*. Kyiv (in Ukrainian).
10. Karpenko, V. P., Pritulyak, R. M., Dacenko, A. A. (2017). Produktivnist posiviv grechki za diy biologichnih preparativ. [Zbirnik naukovih prac Umanskogo NUS]. Vol. 90. Ch. 1. S. 14–22 (in Ukrainian).
11. Kravchuk, A. O., Burdeina, V. O., Poliak, A. O., Krysko, L. V. ta in. (2017). Nasinnieva produktyvnist roslyn ohirka za dii rehulatoriv rostu roslyn reastymu ta burshtynovoi kysloty. [News of Science and Education]. 8. 46–48 (in Czech).
12. Lukinova, H. O., Zhaliuk, V. P., Hryhoryshyn, V. V., Reivakh, A. S. ta in. (2017). Vplyv preparativ „Kornevin” ta „Tsyron” na nasinnievi pokaznyky roslyn ohirka. [News of Science and Education]. 9. 57–59 (in Czech).
13. Lisoval, A. P., Davidenko, U. M. & Mojseenko, B. M. (1994). *Agrohimija. Laboratornij praktikum [Agrochemistry. Laboratory workshop]*. Higher school. Kiev. 165–170 (in Ukrainian).
14. Najchenko, O.M. (2001). *Workshop on the technology of storage and processing of fruits and vegetables with the basics of commodity science*. FADA, Kyiv. LTD (in Ukrainian).
15. Peterburzhskij, A.V. (1973). *Practical work on agronomic chemistry*. Moscow : Sel'khozizdat.
16. Shah, Z. H., Rehman, H. M., Akhtar, T., Alsama-dany, H., Hamooh, B. T., Mujtaba, T. & Chung, G. (2018). Humic substances: Determining potential molecular regulatory processes in plants. [Frontiers in Plant Science]. 9, 1–12. doi: 10.3389/fpls.2018.00263
17. Tsygankova, V., Andrusevich, Y., Kopich, V., Shtompel, O., Veligina, Ye., Pilyo, S., Kachaeva, M., Kornienko, A. & Brovarets, V. (2018). Application of Oxazole and Oxazolopyrimidine as New Effective Regulators of Oilseed Rape Growth. *Sch. Bull.* 4, 3. 301–312.
18. Yakhin, O. I., Lubyaynov, A. A., Yakhin, I. A. & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. [Frontiers in Plant Science]. Vol. 7, 2049 p. Doi: org/10.3389/fpls.2016.02049
19. Yavorska, V. K., Dragovoz, I. V. & Bogdanovich, A. V. (2008). Regulyatori rostu prirodnoho pohodzhennya yak zasobi pidvish'ennya produktyvnosti silskogospodarskih kultur. [Fiziologiya i biokhimiya kulturnih rastenii]. 40. 4. 292–298 (in Ukrainian).

Ternavskiy A. G., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Shchetyna S. V., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

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

Ketskalo V. V., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Yield and quality of fruits of cucumber on a vertical trellis depending on the application of plant growth regulators in the forest steppe of Ukraine

The article presents three year scientific research on the effect of various plant growth regulators on the productivity and quality of fruits of the zoned Satina hybrid cucumber for growing plants on a vertical trellis in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.

Passing data is presented of the main phenological phases of growth and development of cucumber plants, biometric parameters, total and marketable yields, marketability of fruits and the content of certain chemical elements in fruits, correlation and dispersion analysis of the research results are presented. Determined, that compared with the control, the final phases of plant growth and development were 2–4 days faster in the variants of using plant growth regulators. In particular, the first fruits in these variants were collected already on the 26–28 day from planting seedlings. Compared to the control, all growth regulators contributed to an increase in the height and diameter of the main stem, the formation of a larger number of leaves on the plant and the area of their assimilation surface. Among growth regulators, Tur and Biolan had a greater impact on the biometric parameters of plants.

The highest commercial yield was obtained when using the Tur and Biolan regulators – 50.5 t/ha and 49.8 t/ha respectively, which is 6.4 t/ha and 5.7 t/ha more than the control. The other drugs provided a somewhat smaller increase in commercial yield – 3.3–4.7 t/ha. All plant growth regulators contributed to an increase in the marketability of the crop by 0.8–1.7 percentage points. However, the highest marketability was in the options for using the regulator Kendal (99.1%) and Isabion (98.9%).

Under the influence of plant growth regulators, some indicators of the biochemical composition of cucumber fruits changed. Under their action, the content of dry matter and the amount of sugars in the fruits increased. The highest dry matter content was in the variants of Emistim C and Biolan – by 5.1%. When using the Biolan regulator, the fruits contained the largest amount of total sugars – 2.16%. The content of nitrates in fruits did not exceed the maximum allowable level. However, their smallest amount was in the variants of the regulators Kendal and Tur – respectively 65.0 mg/kg and 69.0 mg/kg.

Key words: cucumber, hybrid, vertical trellis, growth regulators, biometric indicators, crop capacity, fruit marketability, fruit quality.

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РІЗНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Шевченко Любов Анатоліївна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна
ORCID: 0000-0002-2637-1999
shevchenkolyubov@ukr.net

Селінний Михайло Михайлович

кандидат економічних наук, доцент
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна
ORCID: 0000-000-5682-7099
selm@meta.ua

Рябуха Галина Ігорівна

кандидат економічних наук, доцент
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна
ORCID: 0000-0003-2146-7489
g.gyabukha@gmail.com

Кудряшова Катерина Миколаївна

кандидат економічних наук, доцент
Національний університет «Чернігівська політехніка», м. Чернігів, Україна
ORCID: 0000-0002-5626-0958
Katrinchernigov@gmail.com

Досліджено дію передпосівної інокуляції *Azospirillum sp. i Bacillus sp. 4* та сортових особливостей пшениці озимої на зернову продуктивність культури. Визначено вплив досліджуваних факторів на формування елементів структури урожаю. Зокрема, встановлено, що маса 1000 насінин по варіантам у середньому становила від 32,8 до 37,9 г для сорту Артіст, та від 40,4 до 43,3 г для сорту Тобак. При інокуляції посівного матеріалу показник знаходився у межах 33,6–35,9 г (сорт Артіст) та 41,3–42,3 г (сорт Тобак). Сумісне застосування *Azospirillum sp. та Bacillus sp. 4* для бактеризації сприяло збільшенню маси 1000 насінин, яка становила 37,9–43,3 г залежно від сорту пшениці озимої.

У середньому за результатами досліджень озерненість колосу у контрольному варіанті становила 24,6–33,6 шт. з масою 1,05–1,18 г залежно від сорту. Варіант з передпосівною інокуляцією *Azospirillum sp. + Bacillus sp. 4* сприяв формуванню 37,1–43,3 шт. з масою зерна 1,90–2,09 г.

Встановлено вплив застосування передпосівної бактеризації на урожайність зерна пшениці озимої. Найбільші прирости до контролю становили для сорту Артіст 19,4 %, Тобак – 21,0 %. Найвищою урожайність пшениці була зафіксована при сумісному застосуванні азотфіксувальних та фосфатмобілізувальних бактерій на посівах пшениці озимої сортів Артіст та Тобак за рахунок формування кращих показників структури колоса завдяки сприятливому режиму кореневого живлення.

Отже, експериментально доведена ефективність застосування передпосівної інокуляції насіння суспензіями досліджуваних мікроорганізмів у технології вирощування пшениці озимої. Найбільш ефективним для підвищення урожайності зерна було поєднане застосування бактерій *Azospirillum sp. та Bacillus sp. 4*. Бактеризація насіння окремо кожним мікроорганізмом забезпечувала середню прибавку до урожайності на рівні 5,5 % по сорту Артіст та 7,9 % по сорту Тобак.

Порівняльний аналіз урожайності і структури урожаю двох сортів пшениці озимої дозволив виявити, що при обробці насіння бактеріями *Azospirillum sp. та Bacillus sp. 4* окремо та у комплексі, відбувається збільшення величини параметрів колосу пшениці, що призводить до підвищення урожайності зерна культури. Отже, застосування передпосівної бактеризації насіння пшениці досліджуваних сортів позитивно вплинуло на показники урожайності культури, що свідчить про доцільність застосування даного агротехнологічного прийому.

Ключові слова: пшениця озима, бактеризація насіння, азотфіксувальні мікроорганізми, фосфатмобілізувальні мікроорганізми, продуктивність, структура урожаю.

DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.19>

Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є цінною високоврожайною зерновою культурою. Не зважаючи на те, що пшеницю почали вирощувати ще за 9 600 років до н.е. пошуки шляхів підвищення її урожайності тривають

і до нині (Colledge, 2007). Селекціонери займаються створенням високопродуктивних сортів, генетичний потенціал продуктивності яких перевищує 10 т/га, а робота агропромисловців спрямована на створення опти-

мальних умов для отримання потенційної урожайності зерна пшениці.

Одним з ефективних заходів підвищення продуктивності пшениці озимої є застосування мікробних препаратів для бактеризації посівного матеріалу. Дослідження біологізації землеробства і рослинництва при вирощуванні озимої пшениці проводились вітчизняними та закордонними вченими (Shuvar et al., 2020; Khalid et al., 1999; Hrabovska & Melnyk, 2017; Ulukan, 2005). Біологічні заходи підвищення урожайності зерна пшениці є актуальними та практичними, оскільки така технологія вирощування сільськогосподарських культур дозволяє отримати органічну продукцію, та не створює додаткового навантаження на агроєкосистеми.

Кількість наукових публікацій у нашій країні та за кордоном присвячених дослідженню впливу біопрепаратів на продукційний процес агрокультур доволі велика. Але це не свідчить про вирішення проблеми вибору системи удобрення і захисту сільськогосподарських культур на практиці. Адже більшість агропромисловців схильні надавати перевагу мінеральним добривам, регуляторам росту синтетичного походження, хімічним засобам захисту рослин. Тому на сьогоднішній день актуальність вивчення дії біопрепаратів на урожайність сільськогосподарських культур та пошук активних агентів мікробних препаратів підвищується. Мета науковців – переконати агропромисловців у дієвості біопрепаратів, їх безпечності, енергоощадності та економічності.

Вплив біопрепаратів на ростові процеси рослин є завжди комплексним – починаючи від ріст стимулюючої дії фітогормональних сполук до підвищення імунного статусу рослин.

Зважаючи на досвід вирощування пшениці у таких країнах, як Великобританія, Німеччина, середня урожайність зерна пшениці в яких становить 6–8 т/га, українські агропромисловці працюють над удосконаленням технології вирощування даної культури, адже ґрунтово-кліматичні умови нашої країни за своїм потенціалом можуть забезпечувати набагато більшу урожайність ніж станом на сьогодні.

Тому мета роботи полягала у дослідженні та обґрунтуванні ефективності застосування передпосівної бактеризації насіння у технології вирощування пшениці озимої сортів Тобак та Артїст в умовах Північного Лісостепу України, адже за результатами моніторингу наукової літератури, подібні дослідження не проводились.

Матеріали і методи досліджень. Польовий дослід проводили на земельній ділянці НВД «Деснянка» (Чернігівський р-н, с. Деснянка). Ґрунт – дерново-слабопідзолистий з невеликою глибиною гумусового горизонту (15–25 см). Площа однієї дослідної ділянки становила 250 м². Розташування ділянок у досліді систематичне. Норма висіву – 5 млн насінин на гектар. Ширина міжрядь – 15 см.

У дослідженні використовували пшеницю озиму сортів Артїст і Тобак, які належать до середньоранньої групи стиглості.

Сорт Артїст цінується, перш за все, середньораннім та швидким наливом зерна (до настання критично висо-

ких температур), що забезпечує формування урожайності на високому рівні. Належить до сортів компенсаційного типу, який забезпечує рівномірну виповненість усіх колосів на рослині.

Високопродуктивний сорт пшениці м'якої Тобак з масою 1000 насінин 37,3–43,3 г характеризується раннім дозріванням, низькою ламкістю колоса та високою стійкістю до вилягання.

Попередник – гречка посівна (*Fagopyrum esculentum* M.).

Дослідження проводили у двофакторному досліді. Фактор А – районовані сорти пшениці озимої – Артїст, Тобак; фактор Б – передпосівна бактеризація насіння. Схема досліду передбачала застосування інокуляції насіння пшениці суспензіями бактерій *Azospirillum* sp., *Bacillus* sp. 4 та їх комбінування. Норма витрати експериментальних препаратів становила 200 мл з розрахунку на посівну норму 1 га.

Схема досліду

Фактор А (сорт)	Фактор Б (варіант обробки посівного матеріалу)
Артїст	Контроль (без бактеризації)
	Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp.
	Бактеризація насіння <i>Bacillus</i> sp. 4
	Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4
Тобак	Контроль (без бактеризації)
	Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp.
	Бактеризація насіння <i>Bacillus</i> sp. 4
	Бактеризація насіння <i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4

Бактерії *Azospirillum* sp. проявляють здатність до фіксації молекулярного азоту з повітря, що забезпечуватиме збагачення ґрунту даним макроелементом. *Bacillus* sp. 4 – є активним фосфатмобілізатором та синтезує біологічно активні речовини з ріст стимулюючою здатністю. Для підвищення ефективності кореневого живлення рослин пшениці застосовували також поєднання бактерій *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4 для бактеризації насіння.

Масу 1000 насінин пшениці визначали згідно з ДСТУ 4138-2002 (DSTU 4138-2002, 2003).

Польовий дослід проводили за методикою Б. А. Доспехова (Dospheov, 1985). Аналіз структури урожаю проводили згідно з (Metodyka derzhavnoho sortovuprobuvannia silskohospodarskykh kultur, 2001). Збирання урожаю проводили у фазу повної стиглості зерна подільночно і з перерахунком на 14% вологість. Математичну обробку даних проводили з використанням комп'ютерної програми Microsoft Office Excel.

Результати. Збільшення урожайності зерна – це інтегральний показник ефективності будь-якого агротехнічного заходу чи прийому. Але для більш детального вивчення механізму дії бактеризації посівного матеріалу на процес формування урожайності зерна пшениці варто звернути особливу увагу на її структуру та формування елементів продуктивності культури на окремих сортах.

Особливості формування врожайності можна досліджувати за такими параметрами: кількість продуктивних стебел на 1 м², число колосків у колосі, кількість зерен у колосі, маса 1000 насінин (МТН), маса зерна з одного колосу тощо. Чим більшими будуть показники перерахованих параметрів, тим вища буде урожайність.

Кушніння має важливе агрономічне значення для зернових культур, оскільки може частково або повністю компенсувати різницю у кількості рослин після сходів чи перезимівлі. Але не всі пагони утворюють колос, адже частина з них відмирає ще до початку цвітіння. Кількість продуктивних пагонів, у першу чергу, визначається генотипом сорту, умовами середовища та густотою посіву. За сприятливих умов та правильної агротехніки вирощування кількість фертильних пагонів має становити – 1,5 шт. на 1 рослину (Gallagher & Biscoe, 1978).

У нашому дослідженні ми спостерігали збільшення кількості репродуктивних пагонів з розрахунку на одну рослину залежно як від сорту пшениці, так і від варіанту бактеризації (табл. 1). Різниця між сортами, виходячи з вище наведеного, буде генетично обумовлена, а щодо варіантів обробки насіння можемо зробити припущення про покращення умов живлення культури. Передпосівна бактеризація насіння бактеріями *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4 забезпечувала формування 1,9 продуктивних пагонів на одну рослину (у контрольному варіанті – 1,4 шт./рослину) пшениці озимої сорту Артїст.

Маса 1000 насінин (МТН) зростала відносно до контролю залежно від варіанту та сорту пшениці. Бактеризація насіння *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4 сприяє формуванню цього показника на рівні 37,9 г для сорту Артїст та 43,3 г для сорту Тобак, що на 15,5 та 12,8%, відповідно, перевищує контроль. МТН у варіантах з моноштамовою інокуляцією *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 суттєво не відрізнявся – маса 1000 зерен була у межах 33,6–35,9 г (сорт Артїст) та 41,3–42,3 г (сорт Тобак).

Значно більший показник числа репродуктивних пагонів відмічено у досліді з сортом Тобак, так у контролі на одну рослину їх кількість становила 1,9 шт., у варіанті з інокуляцією насіння *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4 – 2,4 шт. Це свідчить про краще кореневе живлення рослин пшениці у варіанті з бактеризацією. І це цілком виправдано, оскільки з літературних джерел відомо,

бактерії роду *Azospirillum* здатні до фіксації молекулярного азоту атмосфери (Volkogon, 1997), відповідно, бактеризація насіння цими мікроорганізмами сприятиме забезпеченню азотного живлення рослин. Інший рід – *Bacillus* – має представників, здатних до трансформації важкорозчинних сполук фосфору у ґрунті (Malynovska et al., 2015). Тому поєднання цих видів мікроорганізмів сприятиме інтенсифікації азотного та фосфорного живлення рослин пшениці.

Довжина колосу є одним із параметрів, що впливають на продуктивність пшениці озимої. У межах цього досліді, ми не можемо порівнювати довжину колосу пшениці у варіантах з сортами Артїст і Тобак, адже цей параметр найбільше залежить від сортових ознак. Певні сорти можуть мати короткий, але щільний колос з близько розташованими один до одного колосками, або ж довгий нещільний колос у якому проміжки між колосками будуть більшими. Крім того, матиме вплив і висота рослин – високорослі сорти мають більш довгий колос, а низькорослі навпаки – короткий, але щільний колос (Кирегіман, 1977).

За результатами наших досліджень можна зазначити, що агроприйом бактеризації насіння мав більший вплив на збільшення довжини колосу рослин пшениці сорту Артїст – від 7,15 см у контролі до 8,46 см у варіанті з бактеризацією *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4. Майже у 2,5 рази менше цей параметр змінювався за дії бактеризації у рослин сорту Тобак – від 8,08 у контролі, до 8,56 см у дослідному варіанті з бактеризацією насіння. Отже, у межах одного сорту прослідковувалася позитивна тенденція збільшення розміру колоса за дії передпосівної інокуляції насіння.

Пряма залежність урожайності зерна пшениці спостерігається за кількістю колосків у колосі. Насамперед, їх кількість буде залежати від генетичних особливостей сорту. Серед інших чинників – метеорологічні умови та забезпеченість елементами мінерального живлення. Застосування бактеризації насіння біопрепаратами ми розглядаємо їх як альтернативу застосуванню мінеральних добрив або ж поєднання даних прийомів для підвищення ефективності засвоєння останніх.

За результатами наведеними у табл. 2 можна зазначити, що кількість колосків у колосі більша при комбіну-

Таблиця 1

Біометричні показники пшениці (фаза дозрівання)

Варіант досліді	Кількість продуктивних пагонів, шт./рослину	Довжина колосу, см	Маса 1000 зерен, г
Сорт Артїст			
Контроль – без бактеризації	1,4±0,1	7,15±0,06	32,8±0,3
<i>Azospirillum</i> sp.	1,8±0,1	8,35±0,09	33,6±0,2
<i>Bacillus</i> sp. 4	1,8±0,1	8,23±0,04	35,9±0,4
<i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	1,9±0,1	8,46±0,15	37,9±0,3
Сорт Тобак			
Контроль – без бактеризації	1,9±0,1	8,08±0,12	38,4±0,3
<i>Azospirillum</i> sp.	1,8±0,1	8,36±0,07	41,3±0,5
<i>Bacillus</i> sp. 4	2,4±0,1	8,02±0,09	42,3±0,4
<i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	2,4±0,1	8,56±0,09	43,3±0,4

Елементи продуктивності колоса озимої пшениці залежно від варіанту бактеризації

Варіант	Кількість колосків у колосі, шт.	Кількість зерен в одному колосі, шт.	Маса зерен з одного колосу, г
Сорт Артїст			
Контроль – без бактеризації	16,5±0,1	24,6±0,8	1,05±0,04
<i>Azospirillum</i> sp.	16,6±0,1	36,6±0,2	1,69±0,03
<i>Bacillus</i> sp. 4	17,0±0,1	34,5±0,5	1,58±0,05
<i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	17,3±0,2	37,1±0,6	1,90±0,03
Сорт Тобак			
Контроль – без бактеризації	15,3±0,1	33,6±0,6	1,18±0,3
<i>Azospirillum</i> sp.	15,7±0,2	35,8±0,7	1,38±0,10
<i>Bacillus</i> sp. 4	16,3±0,2	40,7±1,1	1,49±0,08
<i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	17,3±0,2	43,3±0,6	2,09±0,11

ванні бактерій *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 при інокуляції посівного матеріалу у середньому на 1–2 одиниці. Також зазначена схема обробки забезпечила збільшення кількості зерен з одного колосу, що надалі сприяло отриманню більш високого урожаю.

Зміна потенційної урожайності може залежати як від кількості зерен у колосі, так і від маси зерен з колоса. Відомо, що кількість зерен у колосі визначається у період за 20–30 днів до цвітіння і за 10 днів після цвітіння. Непродуктивні квіткі у цей період відмирають. Наявність доступної вологи та поживних елементів надалі визначатимуть інтенсивність наливу зерна. За їх нестачі зерно буде формуватись невиповненим, особливо на верхівці колоса, адже саме до дистальних зернівок кількість асимілятів надходитиме у значно меншій кількості.

Маса зерна з головного колосу збільшилась на 81 % за передпосівної бактеризації *Azospirillum* та *Bacillus* у досліді з сортом Артїст, та на 77 % у рослин озимої пшениці сорту Тобак. Паралельно зі збільшенням кількості зерен у колосі відбувалось і зростання маси зерна з колосу, зернівки при цьому були виповнені. Обґрунтовуючи позитивний вплив бактеризації насіння мікроорганізмами, крім покращення мінерального живлення рослин, варто зазначити і не менш важливе значення біологічно активних речовин – продуктів метаболізму бактерій, а саме – фітогормональних сполук. Інокуляція насіння агрономічно цінними мікроорганізмами може призводити до збільшення ендогенного пулу фітогормонів у рослинному організмі. Серед функцій, які виконують фітогормони у рослин варто виокремити атрагуючу дію, що опосередковано впливатиме на формування більш виповнених зернівок.

Про позитивний вплив біологізованих систем удобрення на продуктивність колоса пшениці повідомляється у роботі Дубицького О. зі співавторами. Встановлено, що збільшення вмісту сухої речовини у колосі пшениці озимої супроводжується зростанням ефективності використання й інтенсивності відпливу асимілятів (неструктурних вуглеводів) із верхніх листків озимої пшениці (Dubutskyi et al., 2017).

Максимальна врожайність зерна отримана при застосуванні передпосівної інокуляції культурами *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4 (табл. 3). Прибавка до контролю становила +0,7 т/га (+19,4 %) для сорту Артїст. При засто-

суванні цього варіанту обробки посівного матеріалу пшениці озимої сорту Тобак урожайність збільшилась на 0,8 т/га (21,0 %). Отже, технологія застосування бактерій *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 дозволила отримати прибавку урожайності до контролю у середньому по сортах 0,7–0,8 т/га.

Таблиця 3

Вплив передпосівної інокуляції на урожайність зерна озимої пшениці

Варіант	Урожайність, т/га	
	сорт Артїст	сорт Тобак
Контроль – без бактеризації	3,6±0,1	3,8±0,1
<i>Azospirillum</i> sp.	3,9±0,1	4,1±0,2
<i>Bacillus</i> sp. 4	3,7±0,2	4,1±0,1
<i>Azospirillum</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. 4	4,3±0,1	4,6±0,2

Обговорення. Біопрепарати мають суттєвий вплив на формування елементів структури урожаю та врожайності зерна озимої пшениці. Важливо зазначити, що застосування бактеризації насіння пшениці озимої мало позитивний вплив на формування елементів структури урожаю. Відмічено зростання кількості продуктивних пагонів, колосків і зерен у колосі, маси зерна з колосу. Порівняно з контролем (без бактеризації), ці показники збільшувалися з різною інтенсивністю.

Найбільш ефективним є поєднання штамів бактерій: врожайність з їх застосуванням збільшувалась на 0,7–0,8 т/га. Урожайність у варіантах *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 відрізнялась несуттєво – 3,7–3,9 для сорту Артїст та взагалі не відрізнялась у досліді з сортом Тобак і становила 4,1 т/га.

Про позитивний вплив біопрепаратів на рівень продуктивної кущистості рослин, кількість зерен у колосі та масу 1000 зерен зазначав у своїй роботі О.А. Коваленко (Kovalenko et al., 2015).

Крім того, вибір препаратів для передпосівної обробки насіння пшениці, як і інших сільськогосподарських культур не обмежується лише бактеріальними препаратами з ріст стимулюючою активністю. До цього переліку найчастіше включають і мікроорганізми з антагоністичною дією, які захищають рослини на різних етапах онтогенезу

від захворювань чи пошкоджень шкідниками (Volkohon, 2015; Dumych & Shkoropad, 2018; Shuvar et al., 2020). Додавання мікроелементів, біологічно активних речовин природного чи синтетичного походження також практикується у технології підготовки посівного матеріалу (Smetanko & Buriachkovskiy, 2009). Ефективність дії того чи іншого обраного агенту для бактеризації відрізняється залежно від культури, сорту чи гібриду, концентрації та способів обробки тощо, що підтверджує необхідність проведення досліджень як на окремих культурах, так і обраних сортах.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, бактерії *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 окремо або

у поєднанні можна використати як основу для створення біопрепаратів з ріст стимулюючою дією.

Висновок. Запропонована технологія застосування бактерій *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 для передпосівної бактеризації насіння пшениці озимої сортів Артїст та Тобак мала істотний вплив на формування елементів продуктивності та забезпечувала приріст урожайності зерна. Найбільш ефективним було поєднання бактерій *Azospirillum* sp. та *Bacillus* sp. 4 – урожайність зростала на 19,4–21,0 %. Зростання врожайності при застосуванні бактеризації насіння було обумовлене збільшенням як кількості колосків на 1 м², так і кількості зерен у колосі.

Бібліографічні посилання:

1. Colledge, S. (2007). The origins and spread of domestic plants in southwest Asia and Europe. University College, London. Institute of Archaeology, 40.
2. Dospheov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyita [Field experiment methodology]. Agropromizdat. M. (in Russian).
3. Dubytskyi, O., Kachmar, O., Dubytska, A. & Shcherba, M. (2017). Produktyvniyst kolosu ta efektyvniyst utvorennia y vidplyvu asymiliativ z lystkiv ozymoi pshenytsi za biolohizovanykh system udobrennia [Ear productivity and efficiency of formation and outflow of assimilates from wheat leaves under biological fertilizer systems]. Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biolohichna, 76, 215–223 (in Ukrainian).
4. Dumych, V. & Shkoropad, L. (2018). Doslidzhennia efektyvniosti zastosuvannia biopreparativ u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia ozymykh zernovykh kultur [Research of efficiency of application of biologicals in technologies of cultivation of grain crops]. Tekhnika i tekhnolohii APK, 2, 19–22 (in Ukrainian).
5. Gallagher, J.N. & Biscoe, P.V. (1978). A physiological analysis of cereal yield. II. Partitioning of dry matter. Agric. Prog., 53, 51–70.
6. Hrabovska, T. O. & Melnyk, H. H. (2017). Vplyv biopreparativ na produktyvniyst pshenytsi ozymoi za orhanichnoho vyrobnystva [Influence of biological products on the productivity of winter wheat in organic production]. Ahrobiolohiia, 1, 81–85 (in Ukrainian).
7. Khalid, M., Zahir, A.Z. & Azhar, W. (1999). Azotobacter and L-tryptophan Application for Improving Wheat Yield. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2 (3), 739–742.
8. Kovalenko, O.A., Kliuchnyk, M.A. & Chebanenko, K.V. (2015). Zastosuvannia biopreparativ dlia obrobky nasinnievoho materialu pshenytsi ozymoi [The use of biological products for the treatment of seeds of winter wheat]. Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly kompleksu «Kyievo-Mohylianska akademiia». Seriya Ekolohiia, 256, 244, 74–77 (in Ukrainian).
9. Kuperman, F.M. (1977). Morfofiziologiya rastenyi [Plant morphology]. Vysshaja shkola, M. (in Russian).
10. Malynovska, I.M., Chernysh, O.O. & Yula, V.M. (2015). Osoblyvosti zastosuvannia kompozytsii mikroorhanizmiv u tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi yaroї [Features of the application of the composition of microorganisms in the technology of growing spring wheat]. Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN», 3, 24–31 (in Ukrainian).
11. Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur [Methods of state varietal testing of crops]. Kyiv, 2001 (in Ukrainian).
12. Mikrobni preparaty v suchasnykh ahrarykh tekhnolohiiakh [Microbial preparations in modern agricultural technologies] / za red. V.V.Volkohona. Kyiv, 2015 (in Ukrainian).
13. Nasinnia silskohospodarskykh kultur [Seeds of agricultural crops] (2003). Metody vyznachennia yakosti: DSTU 4138-2002. [Chynnyi vid 2004-01-01]. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 173 (in Ukrainian).
14. Shuvar, A.M., Behen, L.L., Dorota, H.M. & Tymkiv, M.Iu. (2020). Zastosuvannia biolohichnykh preparativ v orhanichnii tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi [Application of biological preparations in organic technology of winter wheat cultivation]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynytstvo, 67(1), 143–155 (in Ukrainian). doi: 10.32636/01308521.2020(67)-1-10
15. Smetanko, O.V. & Buriachkovskiy, V.H. (2009). Efektyvniyst biolohichnykh funhitydiv, stymulatoriv rostu, mikrodo-bryv pry zastosuvanni pid ozymu pshenytsiu [The effectiveness of biological fungicides, growth stimulants, microfertilizers in the use of winter wheat]. Visnyk ahrarynoi nauky pivdennoho rehionu, 10, 100–107 (in Ukrainian).
16. Ulukan, H. (2005). Effect of Foliar Fertilizer as Seed Pre-treatment on Yield Components in Common Wheat (*Triticum aestivum* L.). TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ, 11 (4), 368–372.
17. Volkogon, V. V. (1997). Effektivnost bakterizatsii zlakovyih trav azospirillami [Efficiency of bacterization of cereal grasses with azospirilles]. Selskohozyaystvennaya biologiya, 5, 73–77 (in Ukrainian).

Shevchenko, L. A., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine

Selinyi M. M., PhD (Economic Sciences), Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine

Ryabukha G.I., PhD (Economic Sciences), Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine

Kudriashova K.M., PhD (Economic Sciences), Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine

Influence of pre-sowing inoculation on the productivity of different varieties of winter wheat

The effect of pre-sowing inoculation of *Azospirillum* sp. and *Bacillus* sp. 4 and varietal characteristics of winter wheat for the formation of grain productivity of the crop has been studied. The influence of the studied factors on the formation of the crop structure elements has been determined. In particular, it has been found that the 1000 seed weight in the variants averaged from 32.8 to 37.9 g for the Artist variety, and from 40.4 to 43.3 g for the Tobak variety. After pre-sowing inoculation the indicator was in the range of 33.6–35.9 g (Artist variety) and 41.3–42.3 g (Tobak variety). Simultaneous use of *Azospirillum* sp. and *Bacillus* sp. 4 for inoculation assisted in the largest increase in the 1000 seed weight: it varied from 37.9 to 43.3 g, depending on variety.

On average, the grain number per ear in control was 24.6–33.6 pieces with a weight of 1.05–1.18 g depending on the variety. Variant with pre-sowing inoculation with *Azospirillum* sp. + *Bacillus* sp. 4 led to formation of 37.1–43.3 grains with a seed weight of 1.90–2.09 g.

The influence of pre-sowing inoculation on winter wheat yield has been established. The largest increase to control was for the Artist variety 19.4 %, for Tobak variety – 21.0 %. The highest yield of wheat was fixed with the combination of nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing bacteria for varieties of Artist and Tobak. It was explained by formation of better ear structure due to favorable root nutrition.

Therefore, the effectiveness of pre-sowing inoculation with *Azospirillum* sp. and *Bacillus* sp. 4 suspensions in the technology of winter wheat growing has been experimentally proved. For yield increasing the most effective variant was the combined use of bacteria *Azospirillum* sp. and *Bacillus* sp. 4. Separately inoculation with each species of microorganism provided an average increase in yield of 5.5 % for the Artist variety and 7.9 % for the Tobak variety.

Comparative analysis of yield and its structure of two winter wheat varieties revealed that inoculation with *Azospirillum* sp. and *Bacillus* sp. 4 separately and simultaneously, growth in ear parameters of plants and increase of crop yield. Therefore, the use of pre-sowing inoculation of both varieties had a positive effect on yields and indicated the feasibility of this agro-technological method.

Key words: winter wheat, seed inoculation, nitrogen-fixing microorganisms, phosphate-mobilizing microorganisms, productivity, crop structure.

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПОМІДОРА ЗА ПІСЛЯДІЇ АБСОРБЕНТІВ

Яценко Вячеслав Васильович

доктор філософії

Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

ORCID: 0000-0003-2989-0564

slaviksklavin16@gmail.com

Воробйова Наталія Василівна

доктор сільськогосподарських наук, доцент

Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

ORCID: 0000-0003-3752-314X

vorob2807@gmail.com

Кравченко Віталій Станіславович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

ORCID: 0000-0003-0088-0979

vitalii_12@ukr.net

Вишневська Леся Василівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна

ORCID: 0000-0001-9470-9050

vishnevaska.lesya@ukr.net

Дослідження проводили у 2020–2021 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України. Представлено результати щодо вивчення ефективності дії абсорбентів у формах гелю та гранул на продуктивність рослин помідора при внесенні під попередник – васильки справжні. Схема досліду включала гібриди помідора Бобкат F₁ та Усмань F₁, які вирощували за загальноприйнятною технологією та абсорбенти ТМ «MaxiMargin» у вигляді гранул та гелю. Використання абсорбуючих матеріалів приляло збільшенню кількості китиць на одній рослині на 1 шт, або 20%, проте невиконаних китиць, на яких формувалось по 2–3 плоди замість 4–5 шт; сприяло збільшенню кількості квіток 25,0–47,1% залежно від гібриду і абсорбенту; кількість плодів на одній рослині зростала на 21,4 і 18,8% у гібридів Бобкат та Усмань за використання абсорбенту у формі гранул. Застосування абсорбентів сприяло збільшенню маси плоду на 2,3–4,5% відносно контролю. Гібрид Бобкат реагував більш відчутно, збільшення маси плоду за використання гранул складало 5,0%, гелю – 2,2%. У гібриду Усмань маса плоду зростала на 4,5 і 2,6% відповідно до варіанту. Урожайність томатів за використання абсорбуючих матеріалів у формі гранул збільшувалася на 27,1 і 24,0% відповідно до гібриду Бобкат і Усмань; у формі гелю – на 16,9 і 15,4%. Продуктивність помідора підвищується із застосуванням суперабсорбуючих полімерів. Аналізуючи показники біохімічного складу можна констатувати, що абсорбуючі матеріали неістотно знижують якість продукції. Так, вміст сухої речовини у плодах зменшувався на 7,3–13,1% залежно від гібриду і форми абсорбенту; вміст аскорбінової кислоти з на 5,3–16,8%; протеїну на 6,4–12,8%. Результати досліджень вказують на покращення продукційних процесів сільськогосподарського агроценозу, що в подальшому сприяє підвищенню врожайності помідора. Даний елемент технології можна рекомендувати сільськогосподарським виробникам, які вирощують овочі в районах з нестабільною або недостатньою кількістю опадів, що сприятиме істотному збільшенню врожайності та умовному виходу з одиниці площі, але неістотному зниженню якісних показників плодів помідора.

Ключові слова: гідрогель, гранула, маса плоду, нітрати, протеїн, суха речовина, урожайність.

DOI <https://doi.org/10.32845/agro.bio.2022.1.20>

Вступ. Природні умови Лісостепу узгоджуються з біологічними особливостями помідора, проте через малу кількість опадів та нерівномірність їх випадання впродовж періоду вегетації, вирощувати його тут можна лише із застосуванням додаткових елементів технології, які сприяють ефективному використанню водних ресурсів. Змінилися підходи до технології вирощування рослин. Для отримання максимальної продуктивності необхідно навчитися керувати їх ростом та розвитком рослин, опи-

раючись на знання їх біології. Найважливішим резервом зростання врожайності є найбільш повна реалізація потенційної продуктивності вирощуваних сортів/гібридів за рахунок ефективного використання природних ресурсів шляхом використання абсорбентів. До нині основним способом ефективного використання води було краплинне зрошення томатів, на зміну якому прийшло застосування абсорбуючих матеріалів, що сприяє більш раціональному використанню природних ресурсів.

Метою і завданням дослідження було вивчення ефективності використання у посівах помідора різних абсорбентів, внесених під попередник на формування продуктивності різних гібридів помідора у Лісостепу України.

Серед синтетичних і природних речовин найчисельнішу й найрізноманітнішу групу становлять полімери. У наш час абсорбуючі матеріали мають велике значення в сільському господарстві. Проте велике розмаїття та унікальні властивості полімерів спонукають учених шукати нові сфери їх застосування у різних галузях людської діяльності, зокрема в землеробстві та рослинництві. Полімерні матеріали, як природні так і синтетичні, широко використовують для поліпшення фізичних властивостей ґрунту та стабілізації його структури, протидії ерозійним процесам, зменшення негативного навантаження пестицидів на екосистему, підвищення якості посівного матеріалу та ефективності мінеральних добрив (Wilson & Crisp, 1975; Bykin et al., 2010; Sinha, 2018; Abdallah et al., 2019; Yang et al., 2020).

Сучасний агропромисловий комплекс споживає майже дві третини води, від загального споживання її людством. Тому все більше уваги приділяється пошуку шляхів економії води. Вирішення цього питання певною мірою залежить від дослідження та впровадження нових прийомів та елементів технологій, які сприяють раціональному використанню водних ресурсів, серед них значну нішу займають полімерні суперабсорбенти (Bai et al., 2010; Laftah et al., 2011; Lykhats'kyu & Cherednyuchenko, 2011; Mandal et al., 2015; Dehkordi, 2018).

Вагомим обмежуючим фактором отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур є недостатнє та досить нерівномірне забезпечення рослин водою впродовж вегетації (Tomášková et al., 2020; Rabaa et al., 2020), яке спостерігається і в деяких ґрунтово-кліматичних зонах України. Величезна кількість сільськогосподарських угідь з дефіцитом ґрунтової вологи є у світових масштабах (Barihi et al., 2013; Cheruigot et al., 2014). Тому вже з початку ХХ ст. увагу вчених привертає питання пошуку хімічних засобів які б ефективно поліпшували фізичні властивості ґрунту й одночасно забезпечували належні умови живлення сільськогосподарських культур (Ekebafe et al., 2011).

Отже, вітчизняні та зарубіжні дослідники підтверджують думку про ефективність застосування абсорбентів

(гідрогелів) у агропромисловому виробництві з метою покращення фізичних властивостей ґрунту і як наслідок підвищення продуктивності сільськогосподарських рослин. Відсутність у вище наведеному матеріалі результатів досліджень впливу абсорбентів, внесених під попередник на врожайність помідора, на нашу думку, не применшує значимість наших досліджень з цього питання, а навпаки, підтверджує його актуальність.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводилися на дослідних ділянках кафедри овочівництва НВУ Уманського національного університету садівництва. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем опідзолений важкосуглинковий з гумусовим горизонтом (гумусу біля 1,5%) товщиною 40–45 см; рН (сольове) – 6,65; гідролітична кислотність – 2,6 мг.екв на 100 г ґрунту, ступінь насиченості основами 90–95%, сума ввібраних основ – 24,6 мг.екв на 100 г ґрунту. В орному шарі міститься 108,7 мг/кг ґрунту легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом); 59 мг/кг – рухомого фосфору (за Чиріковим); 120,5 мг/кг – обмінного калію (за Чиріковим). Об'ємна маса ґрунту складає 1,26–1,34 г/см³, найменша польова вологоємність 16,2% в орному і 14,6% в підорному шарах (Nedvyha, 1994). Отже, даний тип ґрунту родючий за своїми фізико-хімічними властивостями та відповідає вимогам культури і дає можливість вирощувати помідори.

Погодні умови були досить сприятливими у період проведення досліджень для вирощування помідора (рис. 1). Середні багаторічні дані суми опадів становлять 633 мм. Найбільше їх випадає у період червень–липень 25–30%. Середньорічна кількість опадів за період вегетації рослин помідора під час проведення досліджень в 2020–2021 рр. складала 230,9 і 370,7 мм, що менше від багаторічних на 105,1 мм і більше на 34,7 мм відповідно до року. Температура повітря за період досліджень істотно переважала середньобагаторічні дані, що звісно впливало на проходження фенологічних фаз росту і розвитку рослин, але не істотно.

Погодні умови впродовж 2020–2021 рр. за основними відрізнялися, тому ефективність дослідження абсорбуючих матеріалів оцінено об'єктивно, а отримані дані – достовірні.

Дослідження з вивчення технології вирощування помідора в умовах Правобережного Лісостепу України

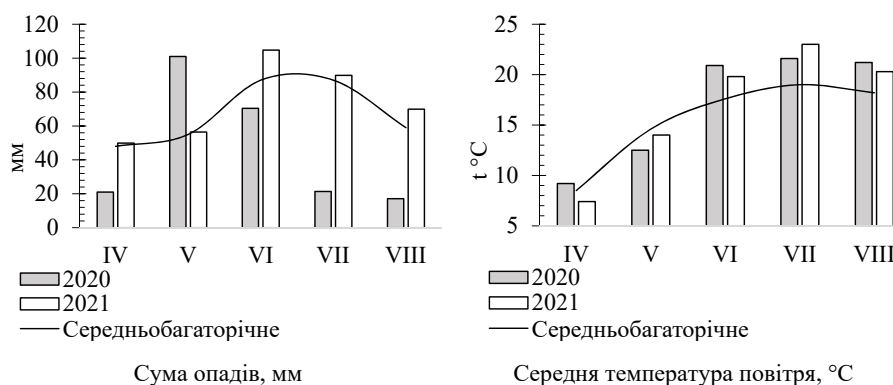


Рис. 1. Метеорологічна карта за період дослідження (2020–2021)

із застосуванням абсорбентів, проводилися у 2020 – 2021 роках на дослідному полі кафедри овочівництва Уманського НУС за схемою, яка включала шість варіантів. Закладання дослідів виконували методом рандомізації. Повторність дослідів – чотириразова. Площа дослідної ділянки 20 м². Посів помідора проводили у I декаді травня за схемою 70×30 см.

Схема двофакторного дослідів включала гібриди помідора Бобкат F₁ та Усмань F₁, які вирощували за загальноприйнятою технологією та абсорбенти «MaxiMagin» у вигляді гранул та гелю. Абсорбенти застосовували під попередник – васильки справжні. Гранули вносили локально у борозни, з розрахунку 15 кг/га; Гель використовували методом занурювання кореневої системи рослини (попередника) і висаджували. Абсорбенти вносили на глибину 20–25 см.

Дослідження виконані у період 2020–2021 рр. у навчально-виробничому відділі Уманського національного університету садівництва і у лабораторії масових аналізів у відповідності до загальноприйнятих стандартів та методик: ДСТУ 6008:2008 (State Standard Technical Conditions 6008:2008), «Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві» (Bondarenko & Yakovenko, 2001); Програма досліджень передбачала проведення лабораторних та польових дослідів з використанням статистичного аналізу (Dospikhov, 1985; Shing et al., 1993). Визначення висоти рослин, проводили за допомогою мірної лінійки; масу плодів – на електронних вагах ОНАУС SPU 413С у лабораторії масових аналізів УНУС. Кількість листків з розгорнутою пластинкою, кількість плодів на рослині визначали математичним підрахунком.

Визначення площі листової поверхні проводили методом «висічок».

Визначення біохімічного складу плодів помідора проводили у лабораторії масових аналізів УНУС за методами, описаними Х. Н. Починком:

– цукрів феричанідним методом згідно з ДСТУ 4875.93 (State Standard Technical Conditions 4875.93);

– аскорбінової кислоти – йодометричним методом Муррі згідно з ДСТУ 4958:2008 (State Standard Technical Conditions 4958: 2008);

– загальну кислотність – титруванням витяжки розчином луку за ДСТУ 4957:2008. (State Standard Technical Conditions 4957: 2008);

– вміст нітратів і нітритів спектрометричним методом молекулярної абсорбції за ДСТУ ISO 6635: 2004 (State Standard Specifications ISO 6635: 2004);

– суху речовину визначали методом висушування за t° 105°C за ДСТУ 7804:2015 (State Standard Technical Conditions 7804: 2015);

– вміст протеїну – методом К'ельдаля за ДСТУ ISO 5983-2003 (State standard Technical Conditions ISO 5983-2003).

Результати. Ефективність використання абсорбуючих матеріалів у технології вирощування безрозсадного помідора була високою. Відзначали істотний вплив на показники росту і розвитку рослин.

Застосування абсорбентів сприяло збільшенню висоти рослин на 8,6–25,0% залежно від гібриду

та форми абсорбенту. Варіювання даної ознаки було середнім і складало 11,2%. Більш ефективними виявилось застосування гранул, де даний показник збільшувався на 25,0 і 22,4% відносно контролю відповідно до гібридів Бобкат F₁ і Усмань F₁. За використання гелю значення даного показника зростали на 9,3 і 8,6% відповідно до гібриду. Міжсортова відміна за висотою рослин складала 1,4–3,6%, гібрид Усмань F₁ був вищим, але різниця скорочувалася у варіантах із використанням абсорбентів.

Одним з основних шляхів підвищення продуктивності фотосинтезу є збільшення площі асимілюючих органів – листків. Встановлено, що підживлення рослин збільшує розміри листової поверхні, а також покращує фізіологічні особливості фотосинтетичного апарату – здатність поглинати і засвоювати енергію променів

Використання абсорбентів сприяло істотному зростанню асиміляційної поверхні посівів помідора, але варіювання даної ознаки за варіантами дослідів було незначним – CV = 7%. Дослідження показали, що внесення абсорбентів у формі гранул було більш ефективним, показник листової площі зростав на 12,5 і 19,0% відповідно до гібриду Бобкат F₁ і Усмань F₁. Застосування абсорбенту у формі гелю приляло менш істотному збільшенню листової площі – на 6,3 і 14,9% відповідно до гібриду Бобкат F₁ і Усмань F₁. Міжсортова відміна була помітною (CV = 7%), так, гібрид Усмань F₁ характеризувався нижчими показниками листової площі порівнюючи з гібридом Бобкат на 2,0–9,4% (табл. 1)

Проаналізовані вище дані свідчать, що за дії абсорбентів суттєво змінювалася анатомо-морфологічна будова рослин помідора, покращувалися фотосинтетична діяльність як окремої рослини, так і ценозу загалом. Це створює важливі передумови для зростання урожаю помідора. Разом з тим, в літературі відсутні дані про особливості карпогенезу (росту і формування плодів) цієї культури за дії застосованих абсорбентів. Це визначає необхідність поглибленого вивчення проблеми.

Використання абсорбуючих матеріалів сприяло збільшенню кількості китиць на одній рослині на 1 шт, або 20%, проте невиконаних китиць, на яких формувалося по 2–3 плоди замість 4–5 шт. Так, застосування абсорбуючих матеріалів, за рахунок покращення водного режиму, сприяло збільшенню кількості квіток 25,0–47,1% залежно від гібриду і абсорбенту/

Кількість плодів на одній рослині зростала на 21,4 і 18,8% у гібридів Бобкат F₁ та Усмань F₁ за використання абсорбенту у формі гранул. Застосування абсорбуючого гелю сприяло менш істотному збільшенню – на 14,3 і 12,5% відповідно до гібриду. Рослини гібриду Усмань F₁ характеризувалися більшою кількістю плодів відносно гібриду Бобкат F₁ на 11,8–14,3%.

Виробництво сільськогосподарських культур спрямоване в першу чергу на отримання продукції, тому врожайність є найважливішим показником під час удосконалення технології. Урожайність томатів залежить від особливостей сорту/гібриду і умов зовнішнього середовища. Саме потенціал сорту/гібриду визначає величину врожаю і зрештою прибутковість від його культивування.

Ріст і розвиток рослин помідора за використання різних форм абсорбентів (2020–2021)

Гібрид	Форма абсорбенту	Висота рослин, см	Листкова площа рослини, м ²	Кількість квіток, шт/росл	Кількість плодів, шт/росл.	Кількість китиць, шт/росл.
Бобкат F ₁	Контроль (без абсорбенту)	56	2,35	17	14	5
	Гель	61	2,50	23	16	5
	Гранула	70	2,65	25	17	6
Усмань F ₁	Контроль (без абсорбенту)	58	2,13	20	16	5
	Гель	63	2,45	25	18	6
	Гранула	71	2,54	27	19	6
	Xmed.	63	2,43	23	17	6
	SD	6	0,16	4	2	1
	CV,%	10	7	16	11	10
	HIP ₀₅	3,15	0,12	0,69	0,85	0,3

Структура врожайності показує за рахунок яких елементів збільшувалася урожайність сортів/гібридів у досліді. За період досліджень різних гібридів томату під впливом різних форм абсорбентів було проведено 3 збори. Максимальний показник маси плодів зафіксовано із застосуванням абсорбенту у формі гранул. Найбільше навантаження плодами спостерігали у варіанті з внесення абсорбенту у формі гранул, це добре узгоджується з посиленням фотосинтетичних процесів, використанням асимілянтів на потреби карпогенезу, а також накопиченням і реутилізацією елементів живлення за дії абсорбентів.

Застосування абсорбентів сприяло збільшенню маси плоду на 2,3–4,5% відносно контролю. Гібрид Бобкат F₁ реагував більш відчутно, збільшення маси плоду за використання гранул складало 4,5%, гелю – 2,3%. У гібриду Усмань F₁ маса плоду зростала на 4,4 і 2,6% відповідно до варіанту з внесення гранул і гелю. Гібрид Усмань F₁ характеризувався меншою масою плоду відносно гібриду Бобкат F₁ на 11,4–11,7%.

Урожайність томатів за використання абсорбуючих матеріалів істотно зростала. Так, за використання

абсорбенту у формі гранул врожайність збільшувалася на 27,1 і 24,0% відповідно до гібриду Бобкат F₁ і Усмань F₁ (табл. 2).

Застосування абсорбуючих гелю сприяло дещо нижчому приросту товарної врожайності. Так, врожайність збільшувалася на 16,9 і 15,4% відповідно до гібриду. Гібрид Усмань F₁ був менш врожайним відносно аналогічних варіантів гібриду Бобкат F₁ на 1,6; 2,8 і 4,2%.

Слід зазначити, виняткову цінність плодів помідора, їх смакові та лікувальні якості. Пріоритетною особливістю помідора є вміст великої кількості різних вітамінів, амінокислот. Аналізуючи показники біохімічного складу можна констатувати, що абсорбуючі матеріали неістотно погіршують якість продукції. Так, вміст сухої речовини у плодах зменшувався на 7,3–13,1% залежно від гібриду і форми абсорбенту. Гібрид Усмань F₁ характеризувався більшим вмістом сухої речовини на 2,9–5,5% залежно від варіанту (табл. 3).

Вміст аскорбінової кислоти знижувався на 10,5 і 16,8% за внесення гранул та на 5,3 і 13,2% за внесення абсорбуючого гелю. Концентрація аскорбінової кислоти

Таблиця 2

Маса плоду та врожайність помідора за використання різних форм абсорбентів

Гібрид	Форма абсорбенту	Маса плоду, г			Урожайність, т/га		
		2020	2021	Середнє	2020	2021	Середнє
Бобкат F ₁	Контроль (без абсорбенту)	180	130	155	50,4	23,7	37
	Гель	184	133	159	58,9	27,7	43
	Гранула	189	135	162	64,3	29,8	47
Усмань F ₁	Контроль (без абсорбенту)	155	119	137	49,6	24,8	37
	Гель	159	122	141	57,2	28,5	43
	Гранула	162	124	143	61,6	30,6	46
	Xmed.	172	127	149	57	28	42
	SD	15	6	10	6	3	4
	CV,%	8	5	7	10	10	10
	HIP ₀₅	8,6	6,35	7,45	2,85	1,4	2,1

Параметри біохімічного комплексу помідора за використання різних форм абсорбентів (2020–2021)

Гібрид	Форма абсорбенту	Залишок сухої речовини, %	АК, мг/100 г	Протеїн, %	Нітрати, мг/кг
Бобкат F ₁	Контроль (без абсорбенту)	5,50	15,2	1,88	56
	Гель	5,10	14,4	1,76	51
	Гранула	4,90	13,6	1,64	40
Усмань F ₁	Контроль (без абсорбенту)	5,80	16,7	1,94	63
	Гель	5,32	14,5	1,80	57
	Гранула	5,04	13,9	1,77	51
	Xmed.	5,28	14,7	1,80	53
	SD	0,33	1,12	0,10	8
	CV, %	0,06	0,08	0,06	15
	HIP ₀₅	0,26	0,74	0,09	2,65

у гібриду Усмань F₁ була вищою від аналогічних варіантів у гібриду Бобкат F₁ на 0,7–9,9%. Вміст аскорбінової кислоти знижувався на 10,9 і 13,1% за внесення гранул та на 7,3 і 8,3% за внесення гелю. Концентрація аскорбінової кислоти у гібриду Усмань F₁ була вищою від аналогічних варіантів у гібриду Бобкат F₁ на 0,7–9,9%.

Найнижчі показники вмісту білка було отримано у варіанті з внесенням гранул. Це пов'язано з тим, що білок вважається хорошим показником стійкості рослин до дефіциту води, оскільки надходження води спричиняє гідроліз та катаболізм білків, вивільняючи вільні амінокислоти, аміак та пролін. Вміст протеїну знижувався на 12,8 і 8,8% відносно контролю за внесення гранул відповідно до гібриду Бобкат F₁ і Усмань F₁. За внесення гелю показники аналогічних варіантів знижувалися менш істотно – на 6,4 і 7,2%.

Застосування абсорбуючих матеріалів сприяло помітному зниженню концентрації нітратів у плодах помідора.

Отже, застосування абсорбентів сприяє істотному підвищенню показників росту та врожайності, проте неістотно знижує показники якості одержаної продукції.

Обговорення. Згідно з Kavana G. B. & Thejashree M. (2021), синтетичні полімери, які застосовують для поліпшення фізичних властивостей ґрунту можуть бути розділені на дві категорії: водорозчинні полімери та гідрогелі, що представлені на українському ринку Aguasorb і Terawet. Світовий ринок представлений широким спектром торгових марок, а саме: Stocksord, Raindrop, Agrosorb, Hydrogel та ін (Dwivedi, 2021).

Тривалість дії полімерів на фізичні властивості ґрунту зберігається від кількох місяців до кількох років і залежить від норми внесення, глибини заорювання в ґрунт, ерозійної стійкості, обробітку ґрунту та інших факторів. Зміни фізичних показників якості ґрунту сприяють зміні і в його мікробіологічній активності, а саме, відмічено збільшення загальної мікробної маси (Loginova & Martyniuk, 2011).

Полімери підвищують ефективність пестицидів, особливо гербіцидів, це підтверджується дослідженнями (Ekedafe, 2011). Гідрогелі застосовують у посушливих районах Кенії, підвищуючи виживаність саджанців дерев післяпересадки.

Останнє десятиліття гідрогелі почали використовуватися і в Україні. Було проведено дослідження впливу суперабсорбенту «MaxiMarin» на продуктивність буряків цукрових. За внесення суперадсорбенту спостерігається підвищення врожаю коренеплодів буряків цукрових на 3,4 і 5,1 т/га або на 11,8 і 17,6% (Gorobets et al. 2011).

Використання суперабсорбуючого полімеру покращує ріст рослин. Наприклад, загальна кількість біомаси огірка і біомаси плодів збільшилася на 840 і 494 г/росл. (Montesano et al., 2015). Інше дослідження з різними сортами картоплі, виявило збільшення врожаю бульб за допомогою локально внесених суперабсорбентів локально (Salavati et al., 2018; Hou et al., 2017). Хоча використання суперабсорбентів може покращити ріст рослин, глибина його застосування може істотно вплинути на його ефективність. В умовах недостатнього зволоження суперабсорбенти мали більший вплив на продуктивність рослин (Fazeli Rostampour et al., 2013; Egrinya Eneji et al., 2013). Суха речовина сорго (*Sorghum bicolor* L. Moench) збільшилася лише при нестачі води в супіщаному ґрунті (Fazeli Rostampour et al., 2013). У 3-річному дослідженні використання суперабсорбентів підвищувало врожайність пшениці порівняно з роками з дефіцитом води (Grabinski et al., 2019). Подібні результати були отримані з квасолею, вирощеною за допомогою суперабсорбентів Satriani et al., 2018).

Отже результати інших вчених підтверджують ефективність використання абсорбуючих полімерів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

Висновки. Результати досліджень вказують на покращення продукційних процесів сільськогосподарського агроценозу, що в подальшому сприяє підвищенню врожайності помідора. З метою формування високої продуктивності помідора у богарних умовах товаровиробникам пропонується використовувати у сівозміні абсорбент ТМ «MaxiMarin» у формі гранул, який вноситься локально в борозни перед посівом на глибину 20–25 см з розрахунку 15 кг/га, що забезпечить врожайність гібридів помідора Бобкат F₁ на рівні 46,0 т/га і Усмань F₁ на рівні 44 т/га товарних плодів.

Бібліографічні посилання:

1. Abdallah, A. M. (2019). Influence of Hydrogel Type and Concentration, and Water Application Rate on some Hydraulic Properties of a Sandy Soil. *Alex. Sci. Exch. J.*, 40, 349–362. doi: 10.21608/ASEJAIQJSAE.2019.36940
2. Bai, W., Zhang, H., Liu, B., Wu, Y., Song, J. (2010). Effects of super-absorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles. *Soil Use Manag.*, 26, 253–260. doi: 10.1111/j.1475-2743.2010.00271.x
3. Barihi, R., Panahpour, E., Hossein, M. & Beni, M. (2013). Super Absorbent Polymer (Hydrogel) and its Application in Agriculture. *World of Sciences Journal*. 01. 15, 223–228.
4. Bondarenko, H. L. & Yakovenko, K. I. (2001). *Metodyka doslidnoyi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methodology of experimental work in vegetable and melon]. Osnova, Kharkiv. 369 pp. (in Ukrainian).
5. Bykin, A.V., Lohinova, I.V. & Bilyera, N.M. (2010). Yefektyvnist' zastosuvannya polimeriv u zemlerobstvi (analytychnyy ohlyad). [Efficiency of polymers in agriculture (analytical review)] *Naukovyy zbirnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy*. 149, 28–41 (in Ukrainian).
6. Cheruigot, G. & Sirmah, P. (2014) Effects of Hydrogels on Soil Moisture and Growth of *Gajahus Cajan* in semi Arid Zone of kongelai. *West Pokot County. Open Journal of Forestry*. 4, 1, 34–37. doi: 10.4236/ojf.2014.41006.
7. Dehkordi, D. K. (2018). Effect of superabsorbent polymer on soil and plants on steep surfaces. *Water Environ. J.*, 32, 158–163. doi: 10.1111/wej.12309
8. Dospikhov, B. A. (1985). *Metody polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. 5th ed., Ext. and rework. Moscow : Agropromizdat, 351.
9. Dwivedi, A. (2021). Super Absorbent polymers and their Composites for Application in Agriculture. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9, 665–672. doi: 10.22214/ijraset.2021.38048
10. Egrinya Eneji, A., Islam, R., An, P., Amalu, U. C. (2013). Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. *Journal of Cleaner Production*, 52, 474–480. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.02.027/
11. Ekebafe, L. O., Ogbefun, D. E. & Okieimen, F. E. (2011). Polymer Applications in Agriculture. *Biokemistri* 23(2):81–89. URL: <http://www.bioline.org.br/pdf?bk11011>
12. Fazeli Rostampour, M., Yarnia, M., Rahimzadeh Khoei, F., Seghatoleslami, M. J. & Moosavi, G. R. (2013). Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. *Agronomy Journal*. 105, 951–959. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0071/>
13. Gorobets, A. M., Moroz, L. V., Smirnyk, V. M. & Mostyonova, N. A. (2013). Vykorystannya superabsorbenta maksymarny dlya pokrashchennya volohozabezpechennya buryakiv tsukrovyykh [Use of superabsorbent maximarin to improve moisture supply of sugar beets]. *Sugar beets*. 3:20–22.
14. Grabiński, J. & Wyzińska, M. (2019). The effect of superabsorbent polymer application on yielding of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural Sciences (Crop Sciences, Animal Sciences)*, 2:55–61. doi: 10.22616/rrd.24.2018.051.
15. Hou, X., Li, R., He, W., Dai, X., Ma, K. & Liang, Y. (2017). Superabsorbent polymers influence soil physical properties and increase potato tuber yield in arid-farming region. *Journal of Soils and Sediments*, 18, 816–826. doi: 10.1007/s11368-017-1818-x
16. Kavana, G. B. & Thejashree, M. (2021). Hydrogel – super absorbent polymer in Horticulture-. *Agriculture & Food*. 3(11):390–393.
17. Laftah, W. A., Hashim, S. & Ibrahim, A. N. (2011). Polymer Hydrogels: A Review. *Polym. Technol. Eng.*, 50, 1475–1486. doi: 10.1080/03602559.2011.593082
18. Loginova, I. V. & Martyniuk, O. S. (2011). Rezul'taty vyprovovannya kompozytsiynoho azotu dobrovya prolonhovoyi diyi z vodo utrymuyuchym efektom u laboratornomu doslidi [Results of testing of composite nitrogen of long-acting fertilizer with water-retaining effect in laboratory experiment]. *Collection of works of VNAU, Agriculture*. 9 (49):25–34.
19. Lykhatsky, V. U. & Cherednychenko, V. M. (2011). Nasinneva produktyvnist' roslyn kapusty tsvitnoyi za zastosuvannya vodoutrymuyuchykh hranul AKBOD v umovakh Lisostepu Ukrainy. [Seed productivity of cauliflower plants with the use of water-retaining AKBOD granules in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Bulletin of Sumy National Agrarian University, Agronomy and Biology Series* 9(24), 70–79.
20. Mandal, U. K., Sharma, K. L., Venkanna, K., Korwar, G. R., Reddy, K. S., Pushpanjali, Reddy, N. N., Venkatesh, G., Masane, R. N. & Yadaiah, P. (2015). Evaluating hydrogel application on soil water availability and crop productivity in semiarid tropical red soil. *Indian J. Dryland Agric. Res. Dev.*, 30, 1–10. doi: 10.5958/2231-6701.2015.00018.4
21. Montesano, F. F., Parente, A., Santamaria, P., Sannino, A. & Serio, F. (2015). Biodegradable superabsorbent hydrogel increases water retention properties of growing media and plant growth. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4:451–458. doi: 10.1016/j.aaspro.2015.03.052
22. Nedvyha, M. V. (1994). *Morfologichni kryteriyi ta henezys suchasnykh gruntiv Ukrainy* [Morphological criteria and genesis of modern soils of Ukraine] *Agricultural Education, Kyiv*. 344 p.
23. Rabaa, Y., Rehab, H., Mohammed, K., Doaa, E. (2020). Effect of super absorbent polymer and bio fertilization on Maize productivity and soil fertility under drought stress conditions. *Egyptian Journal of Soil Science*. 4(60), 377–395. doi: 10.21608/ejss.2020.35386.1372.
24. Salavati, S., Valadabadi, S. A., Parvizi, K. H., Sayfzadeh, S. & Hadidi Masouleh, E. (2018). The effect of super-absorbent polymer and sowing depth on growth and yield indices of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Hamedan Province, Iran. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16:7063–7078. doi: 10.15666/aeer/1605_70637078

25. Satriani, A., Catalano, M. & Scalcione, E. (2018). The role of superabsorbent hydrogel in bean crop cultivation under deficit irrigation conditions: A case-study in Southern Italy. *Agricultural Water Management* 195, 114–119. doi: 10.1016/j.agwat.2017.10.008
26. Shing, M., Ceccarelli, S. & Hambling, J. (1993). Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics*. 86, 437–441.
27. Sinha, S. (2018). Biodegradable superabsorbents: Methods of preparation and application – A review. *Fundam. Biomater. Polym.*, 307–322. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102194-1.00014-1>
28. State Standard Specifications ISO 6635: 2004 Фрукты, овоchi та продукти перероблення. Vyznachennya vmistu nitrativ ta nitrytiv spektrometrychnym metodom molekulyarnoyi absorbttsiyi [Fruits, vegetables and processed products. Determination of nitrate and nitrite content by molecular absorption spectrometric method].
29. State Standard Technical Conditions 4875.93. Фрукты, овоchi та продукти yikh перероблення. Vyznachennya vmistu masovoyi kontsentratsiyi tsukriv (suma) [Fruits, vegetables and products of their processing. Determination of the mass concentration of sugars (sum)], 1993. 3 p.
30. State Standard Technical Conditions 4958: 2008. Фрукты, овоchi та продукти yikh перероблення. Metod vyznachennya askorbinovoyi kysloty [Fruits, vegetables and products of their processing. Method for determination of ascorbic acid], 2008. 4 p.
31. State Standard Technical Conditions 6008: 2008. Томат. Tekhnolohiya vyroshchuvannya. Zahal'ni vymohy [Tomato. Growing technology. General requirements. [Effective December 22, 2008]. Derzhspozhyvstandart. Kyiv. Ukrainy, 2010. 18 p.
32. State Standard Technical Conditions 7804: 2015. Produkty pereroblyannya fruktiv ta ovochiv. Metody vyznachannya sukhykh rehovyn abo volohy [Fruit and vegetable processing products. Methods for determining dry matter or moisture. [Effective from 2015-06-22]. Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Kyiv. 2015. 19 p.
33. State standard Technical Conditions ISO 5983-2003. Kormy dlya tvaryn. Vyznachannya vmistu azotu i obchyslyuvannya vmistu syroho bilka. Metod K"yel'dalya [Animal feed. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content. Kjeldahl method] (ISO 5983: 1997, IDT).
34. Tomášková, I., Svatoš, M., Macku, J., Vanická, H., Resnerová, K., Cepl, J., Holuša, J., Hosseini, S. M., Dohrenbusch, A. (2020). Effect of different soil treatments with hydrogel on the performance of drought-sensitive and tolerant tree species in a semi-arid region. *Forests*, 11, 211. doi: 10.3390/f11020211
35. Wilson, A., Crisp, S. (1975). Rigid Highly carboxylated ionic polymers. *Ionic Polimers*. Chapman and Hall, New York, № 7. P 208–260.
36. Yang, F., Cen, R., Feng, W., Liu, J., Qu, Z. & Miao, Q. (2020). Effects of super-absorbent polymer on soil remediation and crop growth in arid and semi-arid areas. *Sustain. J. Rec.*, 12, 7825. doi: 10.3390/su12187825

Yatsenko V. V., Doctor of Philosophy, Lecturer, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Vorobiova N. V., Doctor (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Kravchenko V. S., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Vyshnevskaya L. V., PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

Formation of tomato productivity after absorbents

The research was conducted in 2020–2021 in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The results of studying the effectiveness of absorbents in the form of gel and granules on the productivity of tomato plants when applied under the predecessor – basil. The scheme of the experiment included hybrids of Bobcat F1 and Usman F1 tomatoes, which were grown according to the generally accepted technology, and absorbents of TM «MaxiMarin» in the form of granules and gel. The use of absorbent materials increased the number of raceme per plant by 1 piece, or 20%, but unfilled raceme, which formed 2–3 fruits instead of 4–5 pieces; contributed to an increase in the number of flowers by 25.0–47.1% depending on the hybrid and absorbent; the number of fruits per plant increased by 21.4 and 18.8% in Bobcat and Usman hybrids due to the use of absorbent in the form of granules. The use of absorbents contributed to an increase in fruit weight by 2.3–4.5% relative to control. Bobcat hybrid reacted more significantly, the increase in fruit weight with the use of granules was 5.0%, gel – 2.2%. In the Usman hybrid, fruit weight increased by 4.5 and 2.6%, respectively. The yield of tomatoes using absorbent materials in the form of granules increased by 27.1 and 24.0%, respectively, in the hybrid Bobcat and Usman; in the form of a gel – by 16.9 and 15.4%. Tomato productivity is increased with the use of superabsorbent polymers. Analyzing the indicators of biochemical composition, it can be stated that absorbent materials significantly reduce the quality of products. Thus, the dry matter content in fruits decreased by 7.3–13.1% depending on the hybrid and the form of the absorbent; ascorbic acid content of 5.3–16.8%; protein by 6.4–12.8%. The results of research indicate an improvement in the production processes of the agricultural agrocenosis, which further contributes to increasing the yield of tomatoes. This element of technology can be recommended to farmers who grow vegetables in areas with unstable or insufficient rainfall, which will significantly increase yields and conditional yield per unit area, but insignificantly reduce the quality of tomato fruit.

Key words: hydrogel, granule, fruit weight, nitrates, protein, dry matter, yield.