

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

Випуск 1 (11)

Київ 2024

Наукове видання

Засновник — ННЦ «ІЗ НААН»

«Землеробство та рослинництво: теорія і практика»

науково-теоретичний журнал

Ідентифікатор медіа – R30-03454. Рішення Національної Ради України з питань телебачення і радіомовлення від 28.03.2024 р. №1024, протокол №12.

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань (категорія «Б») згідно з наказом **МОН України від 07.04.2022 р. № 320.**

У журналі можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії. Галузь – «Сільськогосподарські науки» за спеціальністю 201 — Агрономія.

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради ННЦ «ІЗ НААН», протокол № 4 від 18 березня 2024 р.

У журналі висвітлюються наукові статті з питань актуальних проблем аграрної науки.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

КАМІНСЬКИЙ В.Ф.

д. с.-г. н., проф., акад. НААН

Заступник головного редактора

ТКАЧЕНКО М.А.

д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН

БОЙКО П.І., BOIKO P.I., *Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*
д. с.-г. н., проф.

ВОЛКОГОН В.В., VOLKOHON V.V.,
д. с.-г. н., проф., *Doctor of Agricultural Sciences, акад. НААН*
Prof., Acad. of NAAS

ГАНГУР В.В., GANGUR V.V.,
д. с.-г. н. *Doctor of Agricultural Sciences*

ГОЛОДНА А.В., GOLODNA A.V.,
д. с.-г. н. *Doctor of Agricultural Sciences*

ДЕМИДЕНКО О.В., DEMYDENKO O.V.,
д. с.-г. н. *Doctor of Agricultural Sciences*

ДМИТРУК Ю.М., DMYTRUK Yu.M.,
д. б. н., проф. *Doctor of Biological Sciences, Prof.*

ІВАНІНА В.В., IVANINA V.V.,
д. с.-г. н. *Doctor of Agricultural Sciences*

КОЛЕСНИКОВ М.О., KOLESNIKOV M.O.,
к. с.-г. н. *Candidate of Agricultural Sciences*

КОЛОМІЄЦЬ Л.П., KOLOMIIETS L.P.,
к. с.-г. н. *Candidate of Agricultural Sciences*

КУЛІК М., KULIK M.,
д. ф. *Doctor of Philosophical Sciences*

КУРГАК В.Г., KURGAK V.H.,
д. с.-г. н., проф., *Doctor of Agricultural Sciences, чл.-кор. НААН*
Prof., Corresponding Member of NAAS

ЛЕВЧЕНКО О.С., LEVCHENKO O.S.,
д. ф. *Doctor of Philosophical Sciences*

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

KAMINSKYI V.F.

Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Acad. of NAAS

Deputy Editor-in-Chief

TKACHENKO M.A.

Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Corresponding Member of NAAS

МАЛИНОВСЬКА І.М., MALYNOVSKA I.M.,
д. с.-г. н., чл.-кор. НААН *Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of NAAS*

МОЙСІЄНКО В. В., MOISIENKO V.V.,
д. с.-г. н., проф. *Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*

ПАТИКА В. П., PATYKA V.P.,
д. б. н., проф., акад. *Doctor of Biological Sciences, Prof., НААН*
Acad. of NAAS

РАФІК Іслам, RAFIK I.,
д. ф. *Doctor of Philosophical Sciences*

РЯБОВОЛ Л. О., RYABOVOL L.O.,
д. с.-г. н., проф. *Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*

САРУНАЙТЕ Л., SARUNAITE L.,
д. с.-г. н. *Doctor of Agricultural Sciences*

СЛЮСАР І.Т., д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН *Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Corresponding Member of NAAS*

СЛЮСАР І.Т., SLUSAR I.T.,
д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН *Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Corresponding Member of NAAS*

ТИМОЩУК Т.М., TYMOSHCHUK T.M.,
к. с.-г. н. *Candidate of Agricultural Sciences*

ФЕДОРЧУК М.І., FEDORCHUK M.I.,
д. с.-г. н., проф. *Doctor of Agricultural Sciences, Prof.*

ШЕВЧУК В., SHEVCHUK W.,
д. ф. *Doctor of Philosophical Sciences*

ШТАКАЛ М.І., SHTAKAL M.,
д. с.-г. н. *Doctor of Agricultural Sciences*

Адреса редакції:

08162, Київська обл., Фастівський р-н, смт Чабани, вул. Машинобудівників, 2-б

E-mail: zbiruk_iz@ukr.net, сайт: www.journal-agriplant.com

Зміст

ЗЕМЛЕРОБСТВО, МЕЛІОРАЦІЯ, ҐРУНТОЗНАВСТВО, АГРОХІМІЯ

Ткаченко М.А., Kondratyuk I.M., Borys N.Y., Pavlichenko A.I. THE INFLUENCE OF THE COMBINED APPLICATION OF CALCULATED DOSES OF BIOGENIC AND ALKANEOUS EARTH ELEMENTS ON THE FERTILITY OF ARRIVAL GRAY FOREST SOIL	5
Борис Н.Є., Пташнік М.М., Заяць П.С., Красюк Л.М. ФОРМУВАННЯ ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ ЗА РІЗНОГО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ В АГРОСИСТЕМАХ ЛІСОСТЕПУ	13
Цимбал Я.С. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	24
Демиденко О.В., Задубинна Є.В. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ПЕРШІ РОКИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ <i>NO-TILL</i> -ТЕХНОЛОГІЇ	31

РОСЛИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЛУКІВНИЦТВО

Кургак В., Крюз Т., Ворнер Р., Сарунайте Л., Ткаченко М., Коломієць Л., Ткаченко А., Неймет І. ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ ПИРПО ПРОМІЖНОГО (<i>THINOPYRUM INTERMEDIUM</i>) ДЛЯ ЗЕРНОВИХ ТА КОРМОВИХ ЦІЛЕЙ В УКРАЇНІ	44
Голодна А.В., Грицюк Я.В. ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ	57
Красюк Л.М., Сенік І.І., Карасевич Н.В., Болтик Н.П. ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМИХ ПРОМІЖНИХ КОРМОВИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ В ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОМУ	66
Грицюк Н.В., Тимошук Т.М., Бакалова А.В., Іващенко І.В. ВПЛИВ СУМІСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТРУЙНИКІВ ТА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА РІВЕНЬ ЗАХВОРЮВАНОСТІ РОСЛИН СОЇ	73
Забарний О.С., Дем'янюк О.С., Шацман Д.О. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ РІПАКУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	80

СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА, БІОТЕХНОЛОГІЯ, НАСІННИЦТВО

Проданик А.М., Самборська О.В. ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЯКОСТЕЙ ГЕНОМУ ПРОСА ЗА ОЗНАКОЮ «ФОРМА ЗЕРНІВКИ»	91
Поліщук В.В., Коновалов Д.В. УРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ГРУП СТИГЛОСТІ СОРТІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ	96
Штакал М.І., Голик Л.М., Левченко О.С. ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ РІЗНОВИДНОСТЕЙ ЛЮТЕСЦЕНС ТА ЕРИТРОСПЕРМУМ НА ТИПОВИХ ЧОРНОЗЕМАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	102
Матусевич Г.Д., Кічігіна О.О., Смульська І.В., Шацман Д.О. УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ ГІБРИДУ СОНЯШНИКА НК КОНДІ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ	107

Contents

AGRICULTURE, MELIORATION, SOIL SCIENCE, AGROCHEMISTRY

Tkachenko M.A., Kondratyuk I.M., Borys N.Y., Pavlichenko A.I. THE INFLUENCE OF THE COMBINED APPLICATION OF CALCULATED DOSES OF BIOGENIC AND ALKANEUS EARTH ELEMENTS ON THE FERTILITY OF ARRIVAL GRAY FOREST SOIL	5
Borys N.Y., Ptashnik M.M., Zaiats P.S., Krasiuk L.M. FORMATION OF THE NUTRIENT REGIME OF GRAY FOREST SOIL UNDER DIFFERENT ANTHROPOGENIC PRESSURE IN FOREST-STEPPE AGROSYSTEMS	13
Tsymbal Ya. S. EFFICIENCY OF CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS IN SHORT ROTATION CROP ROTATIONS OF THE LEFT BANK FOREST-STEPPE	24
Demydenko O.V., Zadubynna E.V. EFFICIENCY OF BY-PRODUCTS UNDER <i>NO-TILL</i> SYSTEM IN THE FIRST YEARS OF APPLICATION	31

PLANT PRODUCTION, FEED PRODUCTION, GRASSLAND SCIENCE

Kurhak V., Sarunaite L., Crews T., Warner R., Tkachenko M., Kolomiets L., Tkachenko A., Neimet I. PROSPECTS OF PERENNIAL INTERMEDIATE WHEATGRASS (<i>THINOPYRUM INTERMEDIUM</i>) CULTIVATION IN UKRAINE FOR GRAIN AND FEED PURPOSES	44
Holodna A.V., Hrytsiuk Y.V. PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SOYBEAN SOWINGS UNDER VARIOUS FARMING TECHNOLOGIES	57
Krasiuk L.M., Senyk I.I., Karasevych N.V., Boltyk N.P. PRODUCTIVITY OF WINTER INTERMEDIATE FORAGE CROPS DEPENDING ON THE TECHNOLOGICAL MEASURES OF GROWING IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE	66
Hrytsiuk N.V., Tymoshchuk T.M., Bakalova A.V., Ivashchenko I.V. EFFECTIVENESS OF THE COMBINED APPLICATION OF DISINFECTANTS AND FERTILIZERS AGAINST SOYBEAN DISEASES	73
Zabarnyi O.S., Demyanyuk O.S., Shatsman D.O. THE CURRENT STATE OF RAPESEED PRODUCTION IN UKRAINE AND THE WORLD	80

PLANT BREEDING, GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SEED PRODUCTION

Prodanyk A.M., Samborska O.V. IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL QUALITY OF THE MILLET GENOME BY THE “GRAIN SHAPE” TRAIT USAGE	91
Polishchuk V. V., Konovalov D. V. YIELD OF WINTER WHEAT SEEDS DEPENDING ON MATURITY GROUPS OF VARIETIES AND TECHNOLOGY ELEMENTS	96
Shtakal M.I., Holyk L.M., Levchenko O.S. PRODUCTIVITY OF SOFT WINTER WHEAT TYPES LUTESCENCE AND ERYTHROSPERMUM ON TYPICAL BLACK SOILS OF THE FOREST-STEP ZONE	102
Matusevych G.D., Kichigina O.O., Smulska I.V., Shatsman D.O. YIELD AND QUALITY OF SUNFLOWER HYBRID SEEDS NK CONDI UNDER DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES	107

THE INFLUENCE OF THE COMBINED APPLICATION OF CALCULATED DOSES OF BIOGENIC AND ALKALINE EARTH ELEMENTS ON THE FERTILITY OF ARRIVAL GRAY FOREST SOIL

M.A. Tkachenko, I.M. Kondratyuk, N.Y. Borys, A.I. Pavlichenko

(NSC «IA NAAS», Chabany, Ukraine)

Aim. To investigate the effect of the combined application of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements for SGR culture on the change in fertility indicators of arable gray forest soil. **Methods.** field experiment, laboratory, analytical, mathematical-statistical, calculation-comparative. **Results.** The proposed method of calculating the doses of biogenic and alkaline earth elements for the SGR culture is the optimal ratio of N:P:K:Ca:Mg elements, which is calculated according to the physiological needs of the variety or hybrid. Estimated doses of nutrients for SGR cultures ensure a reduction in the doses of phosphorus and potassium fertilizers, in addition, a share of calcium- and magnesium-containing ameliorants is additionally involved in comparison with the traditional system of mineral fertilization. **Conclusions.** It was determined that with the combined application of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements for SGR culture, the agrochemical load on the soil is reduced due to a decrease in the dose of phosphorus and potassium fertilizers by 25–45%, and the annual introduction of alkaline earth elements Ca^{2+} and Mg^{2+} reduces the toxic effect of H^+ and Al^{3+} , while this occurs optimization of the acid-alkaline and nutrient regimes of the soil, the content of forms of nitrogen, phosphorus and potassium available to plants increases. The combined use of nutrients for SGR crops ensured an increase in the productivity of agricultural crops by 0.4–0.6 t/ha.

Key words: mineral fertilization system, by-products, productivity of agricultural crops.

Introduction. The total area of acidic soils in Ukraine is more than 10 million hectares (26.3%), that is, every fourth hectare of land is acidic, and in the Forest Steppe and Polissia – almost every second (50% and 47%). Gray forest soils occupy significant areas arable land – 17%, which is 3.84 million hectares. 2.6 million hectares are used in agriculture (including 17% of glaciated ones), which is 6% of the country's agricultural land area. Acid gray forest soils prevail to a greater extent on the forest islands of Polissia and in the western and right-bank parts of the Forest Steppe, and on the Left Bank they occur in insignificant quantities. Involvement of gray forest soils in intensive farming without the use of periodic liming accelerates the degradation processes, while the content of exchangeable cations in the SGR decreases, acidity increases, the availability of mobile compounds of nitrogen, phosphorus, and potassium is blocked, the activity of soil microorganisms decreases, and other indicators of fertility deteriorate [11; 17].

Insufficient application of organic fertilizers (0.5 t/ha) on acidic soils and failure to carry out chemical reclamation causes intensive annual losses of humus of about 1.0 t/ha, while there is a rapid decrease in both potential and effective fertility [2; 9; 12; 16]. The peculiarity of gray forest soils when using only mineral fertilizer without calcium- and magnesium-containing ameliorants and organic fertilizer is a low absorption capacity and weak buffering capacity, which leads to a violation of the balance of calcium and magnesium in the SGR, the balance of humus and nutrients [1, 5–8, 10]. Preservation of the fertility of gray forest soils, which are used in intensive agriculture, is possible at the expense of periodic liming once every few years, or maintenance – annual application of 350–500 kg/g ameliorants [14; 18].

The intensity of assimilation of biogenic and alkaline earth elements by agricultural crops is a very dynamic process and depends on: the reaction of the soil solution, the localization of nutrients in the soil profile, the varietal characteristics of the crop, the norms of seed sowing and

the depth of sowing, the conditions and duration of the growing season, and the phenological phases of plant development. Accordingly, the assimilation of nutrients by plants changes depending on the action of certain factors. With the simultaneous application of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements for the SGR culture according to the content and ratio of N:P:K:Ca:Mg in the main and by-products, it is possible to study their effective influence on the formation of acid-alkalinity and nutrient regimes of the soil [3; 13].

Analysis of the latest research and publications.

A number of researchers have established that the ratio of biogenic and alkaline earth nutrients in agricultural crops depends not only on the doses of mineral fertilizers, but also on agrotechnical measures and soil and climatic conditions. According to scientists, the content and ratio of nutrients is a hereditary (genetic) trait and can be called or accepted an enviable genotypic ratio (SGR) and belong to only one species, or, as in our case, a variety or hybrid of a culture [4; 19].

It has been studied that the dominance of one of the main elements nitrogen in the mineral nutrition system causes a “violation of the ratio of elements”, creating a deficiency and blocking of other, no less important elements for plant nutrition – phosphorus and potassium. It is known that the use of increased physiologically acidic doses of nitrogen fertilizers by its nature has a negative effect on the physicochemical and agrochemical properties of the soil, which leads to an increase in soil acidity, to the harmful effects of hydrogen and aluminum, as well as to the unavailability of plant fuel, phosphorus and potassium [18].

It is known that increasing the yield of grain and leguminous crops depends on the N:P:K ratio [4; 17]. It was determined that the payback of mineral fertilizers per unit of the main product (grain) is different and depends on the characteristics of the agricultural culture, even under the same soil and climatic conditions [2; 11; 17]. Determining the differences of the variety or hybrid of the culture between the features of assimilation of nutrients makes it possible to bring the ratio of biogenic and alkaline earth elements closer to the more real needs of the plant, realize its genetic potential, and accordingly achieve a high level of payback of mineral fertilizers. Gray forest soils are characterized by an acidic and weakly acidic reaction of the soil environment, and their involvement in intensive agriculture requires root or supporting liming. The first and most common agrotechnical measure is periodic chemical improvement on acidic ($\text{pH}_{\text{sol}} 4.1\text{--}4.5$) and strongly acidic

($\text{pH}_{\text{sol}} \leq 4.1$) soils once every few years with the calculation of the dose of ameliorants according to the hydrolytic acidity of the soil. On these soils, under the main cultivation in the fall, it is necessary to apply approximately 4.5–5.5 t/ha of ameliorants, the action and after-effect of which will last more than 10 years [15, 17]. The second method, which is gaining relevance today, consists in optimizing agrochemical and physicochemical properties according to the annual calculation of supporting calculated doses of alkaline earth elements for the SGR culture, while the amount of calcium and magnesium should be calculated taking into account the doses of nitrogen fertilizers and the requirements of the physiological characteristics of the plant to the soil environment of the root zone [13;17; 18].

At present, there is not enough systematized scientific justification regarding the effect of the combined use of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements according to SGR culture on the formation of gray forest soil fertility indicators. That is why new approaches regarding the combined use of estimated doses of nutrients according to SGR culture with the annual introduction of alkaline earth elements are relevant and have practical value in terms of preserving the potential and increasing the effective fertility of the soil.

The purpose of the research is to investigate the effect of the combined application of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements for SGR culture on the change in fertility indicators of arable gray forest soil.

Research materials and methods – field experiment, laboratory, analytical, mathematical-statistical, calculation-comparative.

Research on preserving the fertility of arable gray forest soil, optimizing its fertility indicators due to the use of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements was carried out in a long-term field stationary experiment of the department of agro-soil science and soil microbiology of the NSC “IA NAAS” “Study of technological methods of reproduction and regulation of gray forest soil fertility”.

The soil of the experimental site is characterized by the following initial parameters: pH_{sol} – 4.6; hydrolytic acidity – 3.6 mg-eq/100 g of soil; exchange bases: calcium – 3.9; magnesium – 0.58 mg-eq/100 g of soil; degree of saturation with bases – 56%, low content of humus – 1.44%, very low content of hydrolyzed nitrogen compounds – 70–90 mg. According to the classification of soils according to the granulometric composition, the soil belongs to the coarse-dusty-light loam type: in the arable layer, the fraction of coarse dust prevails – 52.4%, the

content of physical clay is 20.51%, silt – 12.85%. A high content of the dust fraction and a low content of the silt fraction causes a number of unfavorable physicochemical and agrochemical properties of the studied soil, among which the most important are low absorption capacity, low humus content, which indicates its low natural fertility.

In the arable soil layer of the experimental site, among the factors, the influence of the use of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements for the SGR culture on the change in the fertility indicators of the gray forest soil is investigated.

Results and their discussion. In our research, the use of a new method of calculating the doses of nutrients for SGR culture, which is aimed at solving the following tasks, is indicative for evaluating the effectiveness of preserving fertility and regulating the acid-alkaline and nutrient regimes of gray forest soil, which is aimed at solving the following tasks: improving the physico-chemical, agrochemical, physical properties of the soil, increasing efficiency of application of mineral fertilizers and productivity of agricultural crops. In general, this method of calculation will allow the use of optimized doses of mineral fertilizers that will satisfy the physiological and biological needs of the culture, and when calculating the doses of biogenic and alkaline earth elements according to the SGR of the culture, there will be no oversaturation of the arable layer with nutrients (Table 1).

Systematic monitoring of the state of gray forest soil in terms of physicochemical and agrochemical properties, which has been carried out since 1992, shows the dynamics of these properties and the effect of various doses of mineral fertilizers against the background of periodic chemical reclamation. The annual application of physiologically acidic mineral fertilizers on gray forest soil ($N_{68}P_{50}K_{77}$), especially increased doses ($N_{90}P_{66}K_{102}$) leads to an increase in the acidity of the arable layer (pH_{salt} 4.6–5.0 and H^+ 3.3–3.5 mg-eq/100 g of soil), which corresponds to moderately acidic soils. The productivity of such soils is low and requires additional application of calcium- and magnesium-containing ameliorants, which in one case or another will be justified by the requirements of agricultural crops for the specifics of the formation of acid-alkaline and nutritional regimes of the soil.

Cultivation of agricultural crops in 2016–2020 with the use of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements for SGR crops, compared to the traditional dose of mineral fertilizer, had a positive effect not only on the formation of the nutritional regime, but also on the acid-alkaline content of Ca^{2+} exchangeable cations

and Mg^{2+} in SGR increased to 8.4%, pH_{salt} 5.5–5.7 and H^+ 2.1–2.4 mg-eq/100 g of soil (Table 2).

It should be noted that on the liming background (14th year after the action), the physicochemical properties of the soil were characterized by a high level of acidity – pH_{salt} – 4.5 and H^+ – 3.3 mg-eq/100 g of soil, and the effectiveness of the application of alkaline earth elements was somewhat lower than in previous years of research. Taking into account the parameters of changes in the physical and chemical properties of the soil, the calculated dose of alkaline earth elements (Ca^{2+} , Mg^{2+}) for SGR crops should be applied at an acidity index of at least pH 5.5 (close to neutral), because the assimilation of nitrogen, phosphorus and potassium by plants in an acidic soil environment is unavailable, and the use of increased and high doses of mineral fertilizers leads to deterioration of physicochemical properties, in particular, an increase in hydrolytic acidity is observed (H^+ – 3.5 mg-eq/100 g of soil), which is 42% higher than the optimal value for growing agricultural crops (≤ 2.0 mg-eq/100 g of soil).

It was investigated that with the combined application of the calculated doses of biogenic and alkaline earth elements, the content of exchangeable cations in SGR was higher, in particular, the indicator of hydrolytic acidity (H^+ – 2.0–3.0 mg-eq/100 g of soil) was within the limits

Table 1. Scheme of fertilization and elemental ratio of agricultural crops

Fertilizer, dose	Ratio of nutrients, kg/ha	± to the dose according to SGR of nutrients	
		кг/га	%
wheat Nedra			
$N_{60}P_{30}K_{60}$	40:20:40	–	–
$N_{60}P_{13}K_{20}Ca_5Mg_5$ (SGR)	58:13:15:5:5	–47	–31
soya Arnika			
$N_{30}P_{30}K_{45}$	29:29:43	–	–
$N_{30}P_6K_8Ca_8Mg_2$ (SGR)	57:11:15:14:3	–52	–50
Buckwheat Syntetyk			
$N_{45}P_{45}K_{45}$	40:20:40	–	–
$N_{45}P_{24}K_{68}Ca_{26}Mg_7$ (SGR)	27:14:40:15:4	+35	+26
Barley Sontsedar			
$N_{60}P_{30}K_{60}$	40:20:40	–	–
$N_{60}P_{25}K_{36}Ca_{10}Mg_6$ (SGR)	44:18:26:7:4	–13	–9
wheat Kraievdyd			
$N_{60}P_{30}K_{60}$	40:20:40	–	–
$N_{60}P_{20}K_{25}Ca_7Mg_5$ (SGR)	51:17:22:6:4	–32	–21

of a neutral to slightly acidic reaction of the soil environment. It was determined that in order to optimize the acid-alkaline regime of the soil, it is necessary to calculate the dose of alkaline soil elements according to the SGR of the culture, which is determined by the indicators of soil acidity, doses of physiologically acidic nitrogen fertilizers, and annually apply the calculated dose for each culture. For its effective effect on fertility indicators, it is necessary to add phosphorus and potassium fertilizers to the soil in the fall. In general, the hydrolytic acidity index of $H^+ \geq 3.0$ mg-eq/100 g of soil was determined on experimental plots with the use of increased doses of mineral fertilizers, which indicates the need for periodic liming.

It should be noted that the productivity of soybeans changed significantly depending on the application of mineral fertilizer doses, while the ratio of nutrients in the main product did not change. It was noted that the simultaneous introduction of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements for SGR cultures results in a significant redistribution of the participation share of each element. For example, the total dose of nutrients decreases by 52%, but at the same time, Ca^{2+} and Mg^{2+} are replenished, the share of which is 17%. Analyzing the share of each element in the soybean nutrition system according to SGR, it was determined that nitrogen plays a dominant role – 57%, which is 28% more than in the

traditional mineral fertilizer system, where the share of nitrogen was 29% (Table 3).

A feature of the nutrition of leguminous crops (soy and white lupine) is the structure and ratio of nutrients. It should be noted that the dose of nitrogen for soybean (N_{60}) is twice as large as for lupine (N_{30}) and requires an optimal distribution of elements so that the proportion of potassium and calcium is half as much as nitrogen, and slightly less than phosphorus. In general, the optimal ratio of biogenic and alkaline earth elements according to SGR of soybeans is the equivalent between potassium and calcium, and the nitrogen content should be twice as high.

It was investigated that the use of different doses of mineral fertilizers did not have a significant effect on the ratio of biogenic and alkaline earth elements in the main and by-products. The ratio of nutrients in the roots and above-ground mass of soybeans at the calculated doses for the SGR culture was $N - 50 \pm 3:16 \pm 5$, $K_2O - 14 \pm 4:48 \pm 4$ and $Ca^{2+} - 18 \pm 5:18 \pm 4$, respectively. The smallest fluctuations of nutrient elements and their ratios were found in the roots of soybean plants with the proportions of $P_2O_5 - 13 \pm 2:7 \pm 4$ and $Mg^{2+} - 6 \pm 2:12 \pm 3$.

The trend of distribution of mobile compounds of phosphorus and potassium was revealed layer by layer: in the 0–10 cm layer of the soil it was higher by 32–41%, in the 10–20 cm layer by 20–28%. It was noted that the increase in the content of mobile compounds of

Table 2. Changes in the physical and chemical parameters of the arable layer of the gray forest soil at different doses of mineral fertilizer

Fertilizer, dose	pH_{sol}		Al^{3+} , mg-eq/100 g soil		H^+		Ca^{2+}		Mg^{2+}	
	average 2016–20	2020	average 2016–20	2020	mg-eq/100 g soil					
					average 2016–20	2020	average 2016–20	2020	average 2016–20	2020
Control (without fertilizers)	5.1	4.7	0.257	0.293	2.67	2.98	5.40	4.63	1.12	0.95
$N_{45}P_{33}K_{51}$	4.7	4.5	0.261	0.306	2.88	3.26	5.40	5.25	1.16	0.87
$N_{45}P_{17}K_{30}Ca_{11}Mg_5$	5.2	5.0	0.240	0.282	2.63	3.14	5.83	5.42	1.30	0.93
$N_{45}P_{33}K_{51} + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.5	5.2	0.237	0.300	2.38	3.09	6.05	5.55	1.20	0.95
$N_{45}P_{17}K_{30}Ca_{11}Mg_5 + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.7	5.3	0.206	0.298	2.14	2.69	6.88	6.01	1.28	0.98
$N_{68}P_{50}K_{77} + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.5	4.9	0.294	0.351	2.62	2.78	6.46	6.22	1.20	0.80
$N_{67}P_{25}K_{46}Ca_{17}Mg_7 + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.5	5.0	0.279	0.343	2.35	2.45	6.91	6.29	1.27	0.96
$N_{90}P_{66}K_{102} + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.2	4.8	0.331	0.379	2.81	2.99	6.33	5.98	1.22	0.78
$N_{90}P_{33}K_{47}Ca_{23}Mg_9 + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.4	4.8	0.315	0.360	2.47	2.58	6.61	6.13	1.28	0.79
$N_{45}P_{17}K_{30}Ca_{11}Mg_5 + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.5	5.1	0.209	0.307	2.49	3.19	6.14	5.98	1.29	1.02
$N_{68}P_{50}K_{77} + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.6	4.9	0.277	0.340	2.62	3.49	5.99	5.46	1.20	0.93
$N_{67}P_{25}K_{46}Ca_{17}Mg_7 + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.6	4.9	0.268	0.324	2.39	3.11	6.00	5.70	1.19	0.94
$N_{90}P_{66}K_{102} + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.1	4.8	0.275	0.381	2.59	3.22	5.53	5.00	1.16	0.88
$N_{90}P_{33}K_{47}Ca_{23}Mg_9 + CaCO_3$ (1.0 Hr)	5.3	4.7	0.256	0.374	2.52	3.25	5.59	4.98	1.22	0.87

Table 3. The influence of the fertilization system on soybean productivity and the ratio of biogenic and alkaline earth elements in the plant mass

Fertilizer, dose	Yield, t/ha	N:P:K ratio in grain, %	Mass of harvest by-products, t/ha	Ratio of N:P:K:Ca:Mg in plant mass, %	
				soybean roots	soybean stems and leaves
Control (without fertilizers)	1.68	74:12:14	$\frac{1.87}{1.71}$	50:10:16:19:5	14:6:27:26:27
$N_{30}P_{30}K_{45}$	2.32	75:11:13	$\frac{2.20}{2.36}$	51:12:15:16:6	14:5:48:20:13
$N_{30}P_6K_8Ca_8Mg_2$	2.39	76:11:13	$\frac{2.30}{2.44}$	53:12:15:15:6	14:6:47:20:14
$N_{45}P_{45}K_{68}$	2.69	76:11:13	$\frac{2.36}{2.75}$	49:13:13:19:6	19:7:48:16:11
$N_{45}P_9K_{12}Ca_{11}Mg_2$	2.81	76:11:13	$\frac{2.44}{2.86}$	50:14:12:19:6	14:7:50:17:12
$N_{60}P_{60}K_{90}$	3.01	76:11:13	$\frac{2.49}{3.07}$	50:14:13:19:5	17:9:46:16:12
$N_{60}P_{12}K_{16}Ca_{15}Mg_3$	3.12	75:11:13	$\frac{2.55}{3.18}$	48:14:13:20:6	16:9:46:17:12

phosphorus and potassium after plowing also occurred in the lower 20–30 cm of the soil layer, which was a direct effect of the principle of shelf cultivation, which ensured that the main mass of mineral fertilizer by-products was wrapped in the lower soil layer.

The effectiveness of the application of increased calculated doses of biogenic and alkaline earth elements for SGR cultures $N_{68}P_{25}K_{46}Ca_{17}Mg_7$ and $N_{90}P_{33}K_{47}Ca_{23}Mg_9$ in combination with organic fertilizer (annual plowing of by-products up to 4.0–5.0 t/ha) was determined, which ensured higher productivity of 1 ha of crop rotation area by 9 and 15%, compared with $N_{45}P_{17}K_{30}Ca_{11}Mg_5$ (Table 4).

When growing white lupine with the use of $N_{47}P_{13}K_{23}Ca_{10}Mg_6$, the same trend was observed in terms of yield increase (1.7 t/ha). The quality indicators of the main products of white lupine were also determined, characterized by the content of protein – 29.7%, protein content – 27.3% and fat – 6.88%. It has been proven that the use of reduced doses of phosphorus, potassium, and supplementing the mineral fertilization system with alkaline earth elements ($N_{30}P_7K_{12}Ca_5Mg_4$) ensured an increase in yield to 2.3 t/ha, which is 0.5 t/ha more.

It was noted that the introduction of calculated doses of fertilizer according to the SGR culture $N_{30-60}P_{9-17}K_{15-30}Ca_{6-13}Mg_{4-8}$ (white lupine variety Serpnevyyi) on a limed background in the 14th year of the post-action allows to partially compensate for calcium and magnesium consumption by plants for crop formation within 10–15%

due to the improvement of agrochemical and physicochemical properties of the soil during the growing season, compared to the use of doses of traditional mineral fertilizer $N_{30-60}P_{30-60}K_{45-90}$. Applying the estimated dose of $N_{30}P_7K_{12}Ca_5Mg_4$ with the use of by-products against the background of the aftereffect of defecation (1.0 Hr) ensured a fairly high yield of white lupine – 3.3 t/ha.

It was determined that the use of estimated doses of biogenic and alkaline earth elements by SGR for winter wheat – $N_{51}P_{17}K_{22}Ca_6Mg_4$ ensured an increase in wheat productivity by 0.3 t/ha per unit compared to the traditional dose of $N_{60}P_{30}K_{60}$, and the use of $N_{90}P_{33}K_{47}Ca_{23}Mg_9$ with simultaneous seed sterilization provided the highest productivity – 5.03 t/ha per unit with an increase of 0.25 t/ha per unit, or 9% to the background $N_{90}P_{66}K_{102}$ and 2.96 t/ha, or 143% to the control (without fertilizers).

So, the proposed method of calculating the doses of biogenic and alkaline earth elements for the SGR culture is the optimal ratio of N:P:K:Ca:Mg elements, which is calculated according to the physiological needs of the variety or hybrid. Estimated doses of nutrients for SGR cultures ensure a reduction in the doses of phosphorus and potassium fertilizers, in addition, a share of calcium- and magnesium-containing ameliorants is additionally involved in comparison with the traditional system of mineral fertilization.

Table 4. Productivity of agricultural crops depending on the application of calculated doses of biogenic and alkaline earth elements by SGR of crop on gray forest soil, t/ha per unit

Fertilizer, dose	Productivity, t/ha per unit				± to control		± to doses according to SGR	
	2016–2018	2016–2019	2020	2016–2020	t/ha	%	t/ha	%
Control (without fertilizers)	2.35	2.07	2.06	2.07	–	–	–	–
$N_{45}P_{33}K_{51}$	2.92	3.39	2.95	3.17	1.10	53	–	–
$N_{45}P_{17}K_{30}Ca_{11}Mg_5$	3.31	3.62	3.00	3.31	1.24	60	0.14	4
$N_{45}P_{33}K_{51} + CaCO_3$ (1.0 Hr)	3.38	3.97	3.41	3.69	1.62	79	–	–
$N_{45}P_{17}K_{30}Ca_{11}Mg_5 + CaCO_3$ (1.0 Hr)	3.69	4.20	3.84	4.02	1.95	94	0.33	9
$N_{68}P_{50}K_{77} + CaCO_3$ (1.0 Hr)	3.90	4.26	4.26	4.26	2.19	106	–	–
$N_{68}P_{25}K_{46}Ca_{17}Mg_7 + CaCO_3$ (1.0 Hr)	4.21	4.44	4.11	4.28	2.21	107	0.01	–
$N_{90}P_{66}K_{102} + CaCO_3$ (1.0 Hr)	4.31	4.61	4.03	4.32	2.26	109	–	–
$N_{90}P_{33}K_{47}Ca_{23}Mg_9 + CaCO_3$ (1.0 Hr)	4.55	4.81	4.40	4.60	2.54	123	0.28	6
$N_{45}P_{17}K_{30}Ca_{11}Mg_5 + \text{by-product}$	3.64	4.25	3.79	4.02	1.95	94	–	–
$N_{72}P_{45}K_{77} + CaCO_3$ (1.0 Hr) +by-product	3.64	4.42	4.05	4.24	2.17	105	–	–
$N_{68}P_{25}K_{46}Ca_{17}Mg_7 + CaCO_3$ (1.0 Hr) + by-product	4.54	4.76	4.47	4.62	2.55	123	0.38	9
$N_{90}P_{66}K_{102} + CaCO_3$ (1.0 Hr) +by-product	4.97	4.78	4.64	4.71	2.64	128	–	–
$N_{90}P_{33}K_{47}Ca_{23}Mg_9 + CaCO_3$ (1.0 Hr) + by-product	5.45	5.03	4.87	4.95	2.88	139	0.24	5
$S\bar{x}$, %	2.12	2.05	2.09	2.49	–	–	–	–
LSD _{.05}	0.27	0.26	0.23	0.28	–	–	–	–

CONCLUSIONS

The application of the calculation method of nutritional dose elements according to the SGR culture allows to obtain the optimal ratio of biogenic and alkaline earth elements, to optimize the mineral fertilization system, at the same time to neutralize excess acidity, to improve the physicochemical and agrochemical properties of arable soil during the growing season of agricultural crops and to increase their productivity.

It was determined that with the combined application of calculated doses of biogenic and alkaline earth

elements for SGR culture, the agrochemical load on the soil is reduced due to a decrease in the dose of phosphorus and potassium fertilizers by 25–45%, and the annual introduction of alkaline earth elements Ca^{2+} and Mg^{2+} reduces the toxic effect of H^+ and Al^{3+} , while this occurs optimization of the acid-alkaline and nutrient regimes of the soil, the content of forms of nitrogen, phosphorus and potassium available to plants increases. The combined use of nutrients for SGR crops ensured an increase in the productivity of agricultural crops by 0.4–0.6 t/ha.

REFERENCES

- Arshad M.A., Soon Y.K., Azooz R.H., Lupwayi N.Z., Chang S.X. (2012). Soil and crop response to wood ash and lime application in acidic soils *Agron. J.*, 104, 715–721 [in English].
- Baliuk S., Solovei V., Zakharova M., Kucher A., Truskavetskyi S. (2015). Analysis of information support for the condition of soil resources in Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 2, 77–84. doi.org/10.15407/agrisp2.02.077 [in English].
- Barracough P., Howarth J., Jones J. (2010). Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European Journal of Agronomy*, 33, 1–11 [in English].
- Dmytrenko O.V., Pavlichenko A.I. (2020). Vplyv system udobrennia ta khimichnoi melioratsii na strukturu vbyrnoho kompleksu siroho lisovoho gruntu. *Ahroekologichnyi zhurnal*, 4, 105–113 [in Ukrainian].
- Edmeades D.C., Ridley A.M. (2003). Using lime to ameliorate topsoil and subsoil acidity. *Handbook of soil acidity*. New York, Marcel Dekker. P. 297–336 [in English].
- Gustavo Curaqueo, Edmundo Acevedo et al. (2010). Tillage effect on soil organic matter, mycorrhizal hyphae and aggregates in a mediterranean agroecosystem. *R.C. Suelo Nutr*, 10 (1), 12–21 [in English].
- Hamalei V.I., Dragan M.I., Shkarivska L.I. (2010). Fertility of gray forest soil under different conditions

- of use. *Bulletin of Agricultural Science*, 7, 10–15 [in Ukrainian].
8. Haynes R., Naidu R. (1998). Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51. P. 123–137 [in English].
 9. Hospogarenko H.M., Boiko V.P., Stasinevych O.Y., Cherny O.D. (2018). Influence of doses and relationship based on on yield and quality of grain wheat. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*, 2, 76–79 [in Ukrainian].
 10. Kevin Morgan, Jonathan Murdoch. (2000). Organic vs. conventional agriculture: knowledge, power and innovation in the food chain. *Geoforum*, 31, 159–173 [in English].
 11. Mazur Gh.A. (2008) Vidtvorennia i rehulivannia rodiuchosti lehkykh gruntiv. Monohrafiia. Kyiv. 308 p. [in Ukrainian].
 12. Mazur Gh.A., Tkachenko M.A., Shkljar V.M. (2016). Vplyv vapnuvannja za riznykh system udobrennja v sivozmini na balans ghumusu v siromu lisovomu grunti. *Visnyk aghrarnoji nauky*, 10, 5–11 [in Ukrainian].
 13. Mazur Gh.A., Tkachenko M.A., Kondratjuk I.M. (2020). Zmina potencijnoji rodjuchosti sirogho lisovogho gruntu za riznogho vykorystannja. *Zemlerobstvo* 1 (98). Kyiv. P. 22–32 [in Ukrainian].
 14. Mazur Gh.A., Tkachenko M.A., Jasne L.V., Kondratjuk I.M. (2020). Provedennja khimichnoji melioraciji na sirykh lisovykh gruntakh. Naukovo-metodychni rekomendaciji. Vinnycja. 51 p. [in Ukrainian].
 15. Pavlichenko A.I. (2021). Vplyv riznykh system udobrennia ta khimichnoi melioratsii na fosfornyi rezhym sirogho lisovogho gruntu. *Ahroekologichnyi zhurnal*, 4, 131–138 [in Ukrainian].
 16. Paradeloa R., Virtob I., Chenua C. (2015). Net effect of liming on soil organic carbon stocks: *Environ*, 202, 98–107 [in English].
 17. Tkachenko M.A., Kondratjuk I.M., Borys N.E. (2019). Khimichna melioracija kyslykh gruntiv. Monohrafiia. Vinnycja. 318 p. [in Ukrainian].
 18. Tkachenko M.A., Drach Yu.O., Borys N.E. (2019). Method for optimizing the fertilizer system of agricultural crops on acid soils. Patent on utility model № 133924 Ukraine MPK (1) A01S 21/00. № (u) 201811702 [in Ukrainian].
 19. Tkachenko M.A., Pavlichenko A.I., Kondratiuk I.M., Dmytrenko O.V. (2020). Kyslotni vlastyvoli sirykh lisovykh gruntiv zalezho vid system udobrennia. *Ahroekologichnyi zhurnal*, 2, 62–68 [in Ukrainian].

ЛІТЕРАТУРА

1. Arshad M.A., Soon Y.K., Azooz R.H., Lupwayi N.Z., Chang S.X. Soil and crop response to wood ash and lime application in acidic soils *Agron. J.* 2012. 104. P. 715–721.
2. Baliuk S., Solovei V., Zakharova M., Kucher A., Truskavetskyi S. Analysis of information support for the condition of soil resources in Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2015. 2. P. 77–84. doi.org/10.15407/agrisp2.02.077.
3. Barraclough P., Howarth J., Jones J. Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European Journal of Agronomy*. 2010. 33. P. 1–11.
4. Дмитренко О.В., Павліченко А.І. Вплив системи удобрення та хімічної меліорації на структуру внутрішнього комплексу сірого лісового ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 105–113.
5. Edmeades D.C., Ridley A.M. Using lime to ameliorate topsoil and subsoil acidity. *Handbook of soil acidity*. New York, Marcel Dekker. 2003. P. 297–336.
6. Gustavo Curaqueo, Edmundo Acevedo et al. Tillage effect on soil organic matter, mycorrhizal hyphae and aggregates in a mediterranean agroecosystem. *R.C. Suelo Nutr.* 2010. 10 (1). P. 12–21.
7. Гамалей В.І., Драган М.І., Шкарівська Л.І. Родючість сірого лісового ґрунту за різних умов використання. *Вісник аграрної науки*. 2010. Вип. 7. С. 10–15.
8. Haynes R., Naidu R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 1998. 51. P. 123–137.
9. Господаренко Г.М., Бойко В.П., Стасіневич О.Й., Черно О.Д. Вплив доз та залежність від урожайності та якості зерна пшениці. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. №2. С. 76–79.
10. Kevin Morgan, Jonathan Murdoch. Organic vs. conventional agriculture: knowledge, power and innovation in the food chain. *Geoforum*. 2000. 31. P. 159–173.
11. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів: монографія. Київ. 2008. 308 с.
12. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Шкляр В.М. Вплив вапнування за різні системи удобрення в сівозміні на баланс гумусу в сірому лісовому ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2016. 10. С. 5–11.
13. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Зміна потенціальної родючості сірого лісового ґрунту за різного використання. *Землеробство*. 2020. Вип. I (98). С. 22–32.
14. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Ясне Л.В., Кондратюк І.М. Проведення хімічної меліорації на сірих лісових ґрунтах: науково-методичні рекомендації. Вінниця. 2020. 51 с.

15. Павліченко А.І. Вплив різних систем удобрення та хімічної меліорації на фосфорний режим сірого лісового ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2021. №4. С. 131–138.
16. Paradelo R., Virtob I., Chenua C. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: *Environ.* 2015. 202. P. 98–107.
17. Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: монографія. Вінниця. 2019. 318 с.
18. Ткаченко М.А., Драч Ю.А. О., Борис Н. Є. Спосіб оптимізації системи удобрення сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах. Патент на корисну модель № 133924 Україна МПК (1) А01S 21/00. № (у) 201811702. 2019.
19. Ткаченко М.А., Павліченко А.І., Кондратюк І.М., Дмитренко О. В. Кислотні влади сірих лісових ґрунтів залежно від системи удобрення. *Агроекологічний журнал*. 2020. №2. С. 62–68.

Ткаченко М. А., Кондратюк І.М., Борис Н.Є., Павліченко А.І.

Вплив внесення біогенних і лужноземельних елементів на зміну показників родючості сірого лісового ґрунту

Мета. Дослідити вплив сумісного застосування розрахункових доз біогенних і лужноземельних елементів за ВГС культури на зміну показників родючості орного сірого лісового ґрунту. **Методи.** Польовий експеримент, лабораторні, аналітичні, математико-статистичні, розрахунково-порівняльні. **Результати.** Запропонований метод розрахунку доз біогенних і лужноземельних елементів за ВГС культури – це оптимальне співвідношення елементів N:P:K:Ca:Mg, що розраховується згідно з фізіологічними потребами сорту, або гібриду. Розрахункові дози елементів живлення за ВГС культури забезпечують зниження доз фосфорних і калійних добрив, крім того, додатково залучено частку кальціє- і магнієвмісних меліорантів порівняно з традиційною системою мінерального удобрення. **Висновки.** Визначено, що за сумісного застосування розрахункових доз біогенних та лужноземельних елементів за ВГС культури знижується агрохімічне навантаження на ґрунт за рахунок зниження дози фосфорних і калійних добрив на 25–45 %, а щорічне внесення лужноземельних елементів Ca^{2+} і Mg^{2+} зменшує токсичну дію H^+ та Al^{3+} , при цьому відбувається оптимізація кислотно-лужного і поживного режимів ґрунту, підвищується вміст доступних для рослин форм азоту, фосфору і калію. Сумісне застосування елементів живлення за ВГС культури забезпечило приріст продуктивності сільськогосподарських культур 0,4–0,6 т/га з. од.

Ключові слова: мінеральна система удобрення, побічна продукція, продуктивність сільськогосподарських культур.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ткаченко М.А., доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН, директор, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: i.z.naan.tkachenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6128-4703.

Кондратюк І.М., кандидат с.-г. наук, завідувач відділу агроґрунтознавства і ґрунтової мікробіології, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: irina_kondratjuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8953-8194.

Tkachenko M.A., Doctor of Agriculture of Sciences, professor, corresponding member, director, NSC «IA NAAS», e-mail: i.z.naan.tkachenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6128-4703.

Kondratyuk I.M., Ukraine, candidate of rural Sciences, Head of the Department of Agro-Soil Science and Soil Microbiology, NSC «IA NAAS», e-mail: irina_kondratjuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8953-8194.

Борис Н.Є., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник. відділ обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності, e-mail: nataliaborys2020@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9385-1263

Павліченко А.І., доктор філософії, молодший науковий співробітник відділу агроґрунтознавства і ґрунтової мікробіології, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: alladvd@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6930-2312.

Borys N.Y., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research, of the Department of Tillage and Control of Segetal Vegetation, the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: nataliaborys2020@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9385-1263.

Pavlichenko A.I., Doctor of Philosophy, junior researcher of the department of agro-soil science and soil microbiology, NSC «IA NAAS», e-mail: alladvd@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6930-2312.

Надійшла 08.01.2024

ФОРМУВАННЯ ПОЖИВНОГО РЕЖИМУ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ ЗА РІЗНОГО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ В АГРОСИСТЕМАХ ЛІСОСТЕПУ**Н.Є. Борис, М.М. Пташнік, П.С. Заяць, Л.М. Красюк***ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)*

Мета. Встановити ефективність застосування альтернативних джерел органічних добрив у короткоротаційних зернових сівозмінах, впливу обсягу побічної продукції і корневих решток у поєднанні зі внесенням мінеральних добрив на формування поживного режиму сірого лісового ґрунту. Проаналізувати вплив різноротаційних сівозмін насичених зернобобовими та зерновими колосовими культурами на обсяг надходження рослинної біомаси, як альтернативного органічного добрива, визначити ефективність комплексного застосування побічної продукції та мінеральних добрив. **Методи.** Польовий, лабораторний, вимірально-ваговий, порівняльно-розрахунковий. **Дослідження** проводили в умовах Лісостепу України в тривалому стаціонарному досліді відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності ННЦ «ІЗ НААН» на сірому лісовому ґрунті в двох короткоротаційних сівозмінах. **Результати.** За результатами досліджень отримано дані щодо впливу різних систем обробітку ґрунту, використання побічної продукції рослинництва в органічно-мінеральній системі удобрення культур короткоротаційних сівозмін на зміну поживного режиму сірого лісового легкосуглинкового ґрунту. Рівень надходження елементів живлення у сівозміні залежав від способу основного обробітку ґрунту, рівня урожайності культур сівозміни, обсягу рослинних решток і вмісту в них основних елементів живлення. Відмічено, що за тривалого застосування безпліцевих обробітків, активний і розпушений 0–10 см шар ґрунту найбільш насичений елементами живлення, як за рахунок мінералізації поживних решток, так і за рахунок локалізації основної частини внесених мінеральних добрив тоді як нижній, 10–40 см шар характеризувався низьким рівнем забезпеченості. **Висновки.** Заробляння побічної продукції культур шляхом проведення пліцевого обробітку ґрунту, як у 4-х так і у 5-ти пільних сівозмінах сприяє диференціації 0–40 см шару ґрунту за вмістом гумусу та біогенних елементів живлення. За сумісного використання побічної продукції з мінеральними добрива, диференціація оброблюваного шару ґрунту є більш вираженою, що зумовило зростання рівня продуктивності культур сівозмін. Значний вплив на поліпшення родючості ґрунту має використання в якості органічного добрива листостеблової маси і корневих решток кукурудзи, за рахунок яких формуються найбільші запаси гумусу в 0–40 см ґрунту та відбувається рециркуляція елементів живлення.

Ключові слова: добрива, елементи живлення, запаси гумусу, кореневі рештки, родючість, рослинна біомаса, способи обробітку.

Вступ. Сучасний рівень розвитку агроформувань, для яких характерними є сівозміни з короткою ротацією, насичення їх високоліквідними культурами зернового напрямку, дефіцит органічних добрив, забезпечення позитивного балансу органічної речовини в ґрунті шляхом використання побічної продукції як добриво – призвело до порушень класичних сівозмін і систем обробітку ґрунту в них. Використання рослинної біомаси як органічного добрива в орних

агроекосистемах інтенсивного типу, в сучасних умовах набуває особливого значення. Відповідно, ці обставини потребують нових теоретичних знань і розробки практичних агротехнологічних рішень для одержання конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції з врахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей території вирощування.

Метою досліджень було встановлення можливості застосування альтернативних джерел органічних

добрив у короткочасних зернових сівозмінах, впливу обсягу побічної продукції і кореневих решток у поєднанні зі внесенням мінеральних добрив на формування поживного режиму сірого лісового ґрунту. Проаналізувати вплив різноротаційних сівозмін насичених зернобобовими та зерновими колосовими культурами на обсяг надходження рослинної біомаси, як альтернативного органічного добрива, визначити ефективність комплексного застосування побічної продукції та мінеральних добрив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку зі скороченням галузі тваринництва щороку утворюється дефіцит застосування органічних добрив і це негативно впливає на показники родючості ґрунту. За даними Державної служби статистики України, у 2022 р. обсяг унесення гною у розрахунок на 1 га посівних площ в середньому становив 670 кг/га, а в розрізі культур: кукурудза – 1067 кг/га, коренебульбоплоди їстівні – 941, зернові та зернобобові – 690, пшениця – 488, ріпак – 408 та соя – 395 кг/га. Із органічних добрив в останні роки застосовується пташиний послід, до прикладу із внесених 1067 кг/га добрив під кукурудзу частка посліду становила 12,3 % [3].

Альтернативним джерелом для часткової заміни гною великої рогатої худоби, поліпшення поживного режиму ґрунту і забезпечення культурних рослин елементами живлення є залучення сидератів і застосування побічної продукції культур [4]. Окрім альтернативних джерел надходження поживних речовин у ґрунт, особливо за гострого дефіциту і не прогнозованого зростання вартості мінеральних добрив, актуальності набуває застосування заходів, хоч із більш тривалим, але комплексним впливом на ґрунтову систему – насичення різноротаційних сівозмін бобовими культурами, мінімізація обробітку ґрунту, застосування біологічних препаратів захисту рослин та оптимізації діяльності ґрунтової мікрофлори, тощо.

Загалом збереження, регулювання та відновлення показників природної родючості, особливо ґрунтів із низьким природним рівнем є надзвичайно важливим завданням за сучасних умов ведення землеробства. Практично всі режими ґрунту тісно пов'язані із його рівнем родючості, а поживний режим має пряму залежність, адже в процесі мінералізації вивільняються поживні речовини у ґрунті і стають доступними для засвоєння рослин [9; 10; 16].

Рослинні рештки є цінним елементом і незамінним джерелом відтворення органічної речовини у ґрунті, поживним і енергетичним субстратом для мікроорганізмів, фактором регулювання умісту рухомих елементів мінерального живлення. Подрібнені і зароблені в ґрунт рослинні рештки під дією мікроорганізмів, грибів і актиноміцетів розкладаються. Швидкість розкладання свіжої органічної маси може тривати до 7 років і залежить від хімічного складу органічної маси, способу і глибини зароблення її в ґрунті, гідротермічних умов, чисельності мікроорганізмів, температури, аерації, фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунту [9; 10; 12]. Так, за сприятливих умов ґрунтового середовища, мінералізація листостеблової маси кукурудзи тривала 592 дні, а у перший рік мінералізується близько 60 %. Побічна продукція пшениці за 75–120 днів мінералізується до 46 %, а за 540–720 днів на 80 %. Відповідно кількість новоутвореного гумусу за 2 роки становить 90–100 кг/т, що поповнює лабільний фонд і є джерелом живлення рослин [1; 9].

Надходження азоту за ротацію 5-пільної сівозміни (2009–2013 рр.) з біомасою культур становило в середньому 45,1 кг/га, що на 10,3 кг менше, ніж за ротацію 4-пільної сівозміни за 2005–2008 рр. за чергування культур – горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий та застосування побічної продукції культур попередників, і внесення $N_{68}P_{55}K_{62}$ кг/га сівозмінної площі [5]. У сівозмінні з двома бобовими культурами: горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – соя – ячмінь ярий, встановлено зростання вмісту елементів живлення у ґрунті завдяки прискореному процесу мінералізації стебел та соломі сої і гороху, культур із більш коротким періодом мінералізації побічної продукції, ніж зернових колосових. У середньому за ротацію 5-пільної сівозміни винос азоту зерном культур був вдвічі більшим, ніж поверталось з біомасою (55,4 кг/га д. р. азоту) за повного циклу мінералізації. Загалом повернення сполук фосфору з побічною продукцією за ротацію сівозміни становило 35–40 % від загального його вносу врожаєм. Калійний режим мав свої особливості формування, адже повернення в ґрунт поживного елементу є в рази більшим, ніж винос рослинами на формування основної продукції, завдяки залученню листостеблової маси кукурудзи, з якою в ґрунт надходить у середньому 177–253 кг/га [2].

Дослідженнями на чорноземі південному (вміст гумусу в 0–30 см шарі – 3,3 %) встановлено, що

активність розкладання рослинних решток пшениці озимої та ячменю ярого зростала завдяки застосуванню біодеструктора. За поєднання проведення оранки і застосування деструктора встановлено зростання інтенсивності мінералізації рослинних решток пшениці озимої, і зростання вмісту у ґрунті до 11,3 мг/кг ґрунту – нітратів, 53,9 сполук рухомого фосфору та 261,8 мг/кг ґрунту рухомого калію. У полі ячменю ярого вміст елементів живлення в оброблюваному шарі ґрунту був дещо нижчим, ніж у полі пшениці озимої, а кількість рослинної біомаси, яка залишалась після збирання врожаю ячменю ярого була меншою, ніж після пшениці озимої [5].

Цикл тривалості процесу гуміфікації рослинної біомаси залежить від ґрунтово-кліматичних умов та співвідношення у її складі C:N [8; 17].

Вирощування кукурудзи на зерно в сівозмінних із різним насиченням їх зерновими і зернобобовими культурами, багаторічними травами на фоні застосування органо-мінеральної системи удобрення сприяє оптимізації показників вологозабезпеченості та щільності складення сірого лісового грубопилувато-легкосуглинкового ґрунту. Застосування НРК мінеральних добрив у кількості 320–390 кг/га д. р. комплексно в поєднанні з побічною продукцією пшениці озимої і зеленої маси редьки олійної забезпечувало найвищий вміст продуктивної вологи, зниження щільності складення ґрунту до рівня 1,11–1,12 г/см³ та зростання продуктивності кукурудзи на зерно [7; 11].

У системі регулювання поживного режиму сівозміну як один із ключових чинників впливу, слід аналізувати за ефективністю не лише по виходу основної продукції, а й з точки зору кількості і якості рослинних решток, що надходять у ґрунт як джерела відшкодування втрат гумусу та елементів мінерального живлення. Встановлено, що пріоритетне місце за цим показником належить сівозмінам на 80 % насичених зерновими культурами (у т. ч. 20 % кукурудзи на зерно) і 20 % технічними (соняшником, буряком цукровим), де частка поживних речовин, що повертаються в ґрунт із рослинними рештками становила 57 %, а частка, що відчужується була найменшою серед досліджуваних сівозмін – 43 % [5; 6].

За результатами досліджень щодо вивчення ефективності різноротаційних сівозмін, встановлено, що найбільш ефективним є повернення органічної речовини в ґрунт із рослинними рештками (побічна

продукція, корені) вирізняються сівозміни насичені багаторічними бобовими травами. У сівозмінах із короткою ротацією спостерігається зменшення надходження поживних речовин із рослинними рештками та збільшення виносу елементів живлення з мінеральними добривами [5; 14; 15].

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в умовах північної частини Правобережного Лісостепу України в тривалому стаціонарному досліді відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності ННЦ «ІЗ НААН» на сірому лісовому легкосуглинковому ґрунті в двох короткоротаційних сівозмінах. Впродовж 2009–2013 рр. дослідження проводили в 5-пільній сівозміні з таким чергуванням культур: горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий – соя, а починаючи з 2014 р. у 4-пільній сівозміні: пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий – соя. Частка участі зернобобових становила 25 %, а зернових – 75 %.

Ґрунт дослідних ділянок – сірий лісовий грубопилувато-легкосуглинковий (Haplic Greyzems GRh), який утворився на карбонатному лесовидному суглинку. Система удобрення за ротацію 5-ї сівозміни передбачала внесення 8,5–10,0 т/га біомаси (побічна продукція) і N₆₈P₅₅K₆₂ кг/га сівозмінної площі, за 4-пільної сівозміни відповідно 9,0–9,6 т/га побічної продукції та N₇₀P₅₈K₆₈ кг/га сівозмінної площі. Під час проведення досліджень вивчалися такі системи обробітку ґрунту: різноглибинна полицева на 10–30 см (контроль), різноглибинна плоскорізна на 10–30 см, диференційована на 10–45 см та одноглибинна дискова на 10–12 см.

У досліді застосовували загальноприйняті методики: вміст у ґрунті азоту лужногідролізного визначали за методом Корнфілда (ДСТУ 7863:2015), рухомих сполук фосфору і калію за Кірсановим – ДСТУ 4405:2005, вміст азоту у основній та побічній продукції визначали за ДСТУ ISO 5983:2003, фосфору за ДСТУ ISO 6491:2004 і калію за ДСТУ ISO 7485:2003. Розрахунок маси кореневих решток і побічної продукції культур проводили за методикою ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» [1]. Площа варіанта досліді – 200 м², розмір облікової ділянки – 120 м², повторність досліді триразова. Розміщення варіантів у досліді послідовне.

Оцінку статистичної достовірності отриманих результатів досліджень проведено за інтервальним відхиленням, показником стандартного відхилення (S)

та коефіцієнтом варіації (V , %) з використанням ПК та програмного забезпечення «Статистика 6.1».

Результати та їх обговорення. За результатами досліджень встановлено, що надходження маси рослинних решток залежить від рівня врожайності основної продукції культури, а аналізуючи надходження за сівозміну – від культур, що її формують. Зокрема, в середньому по сівозмінах, група зернобобових формувала найменший об'єм біомаси – 4,82 т/га, і кількість новоутвореного гумусу в середньому на фоні основного обробітку ґрунту становила 0,86 т/га (табл. 1). Для зернобобових характерним є найкоротший термін розкладання біомаси завдяки вузькому співвідношенню C:N, вмісту елементів живлення в біомасі, гідротермічних умов та контрольованого чинника впливу – способу заробляння соломи й стебел шляхом заорювання чи перемішування з верхнім 0–10 см шаром ґрунту. Так, за безполицевих способів обробітку – близько 70 % листостеблової маси локалізувалось на поверхні ґрунту, в полі ячменю ярого після кукурудзи на зерно спостерігались значна частина подрібнених стебел та маси коренів, на другий рік у полі сої їхня кількість істотно зменшується, ніж в перший рік після заробляння в ґрунт у полі ячменю.

Основна рециркуляція елементів живлення відбувалася за рахунок надходження рослинних решток кукурудзи, у стеблах і кореневих рештках якої азоту містилось відповідно 0,60 % і 1,4 %, фосфору – 0,30 % і 0,32% та калію – 1,25 і 0,53 %. За рахунок надходження листостеблової маси кукурудзи в ґрунт кількість новоутвореного гумусу була найвища і, залежно від сівозміни становила 3,14 і 4,44 т/га, або 39,0 і 53,5 % від загальної кількості новоутвореного гумусу за 5-пільної та 4-пільної сівозміни відповідно (табл. 1).

Загалом за ротацію 5-пільної сівозміни із двома бобовими культурами кількість новоутвореного гумусу становила 8,07 т/га, що на 0,23 т/га менше, ніж за ротацію 4-пільної сівозміни. Зростання врожайності культур 4-пільної сівозміни, особливо кукурудзи в умовах 2014 р. – 8,24 і 2016 р. – 8,82 т/га, і сприятливі гідротермічні умови вегетаційного періоду впродовж 2014–2017 рр. забезпечили надходження маси рослинних решток на рівні 46,1 т/га. За розрахунками кількість новоутвореного гумусу сягає 8,30 т/га. Тенденція впливу системи основного обробітку ґрунту впродовж досліджуваного періоду на зазначені показники зберігалась, із найменшими

значеннями за одноглибинного дискового обробітку на 10–12 см, де кількість біомаси і новоутвореного гумусу за обох сівозмін була на 0,49 та 0,86 т/га меншою, порівняно до контролю.

Відомо, що за результатами використання сільськогосподарських земель порушується природно створене ґрунтове середовище, за усіма ґрунтовими режимами і процесами і, відбуваються позитивні зміни природної родючості і процесу гуміфікації за сприятливого нейтрального, або лужного добре аерованого та насиченого киснем ґрунтового середовища [2; 10; 16]. Динаміка запасів гумусу за різноротаційних сівозмін, свідчить про вплив не лише способу основного обробітку, принципу дії робочих органів на ґрунт та заробляння мінеральних добрив і біомаси культури, а й чинника сівозміна – обсяги біомаси, періоду мінералізації та кількості новоутвореного гумусу.

Застосування різноглибинної полицевої на 10–30 см системи обробітку ґрунту, із заорюванням мінеральних добрив та побічної продукції культур сівозміни, як за ротацію 5-пільної сівозміни, так і за дві ротації 4-пільної сівозміни забезпечувало найвищі запаси гумусу та рівномірність їх розподілу в ґрунтовому профілі. За ротації 4-пільної сівозміни за оранки (контроль) відмічено зростання у 0–40 см шарі ґрунту запасів гумусу на 8,8 т/га, або 13,3 % порівняно з сформованими запасами за ротацію 5-пільної сівозміни (табл. 2).

Залучення побічної продукції в органо-мінеральній системі удобрення культур сівозміни впливало на формування показників родючості, зміну поживного режиму 0–40 см ґрунту і в окремих шарах загалом. Встановлено, що за безполицевих обробітків, активний і розпушений 0–10 см шар ґрунту максимально був насичений елементами живлення, і не лише за рахунок надходження біомаси культур, а й за рахунок локалізації основної частини внесених мінеральних добрив. Нижній, 10–40 см шар ґрунту за тривалого застосування безполицевих обробітків характеризувався значно нижчим рівнем забезпеченості, а елементи з низьким рівнем міграції були практично недоступними або характеризувались низьким рівнем забезпеченості.

За вирощування кукурудзи на зерно у 4-пільній сівозміні, під яку заробляли в середньому 6,56 т/га соломи пшениці озимої, встановлено чітку диференціацію 0–40 см шару ґрунту за вмістом елементів живлення. Вміст легкогідролізного азоту

Таблиця 1. Вплив культур та сівозміни на надходження маси рослинних решток та кількості новоутвореного гумусу, т/га

Система обробітку ґрунту	Культура	Надходження маси рослинних решток, т/га			Кількість утвореного гумусу, т/га	Частка культури, %	Надходження маси рослинних решток, т/га			Кількість утвореного гумусу, т/га	Частка культури, %		
		*п.п.		**к.р.			*п.п.		**к.р.			разом	
		п.п.	к.р.	к.р.			п.п.	к.р.	п.п.			к.р.	
Різномісна погіршена на 10–30 см (контроль)	горох	4,39	1,96	6,34	1,46	17,8	–	–	–	–	–		
	пшениця озима	6,80	4,66	11,46	2,29	27,9	6,86	3,69	11,56	2,31	27,1		
	кукурудза зерно	10,10	5,48	15,56	3,11	37,9	12,9	6,95	22,81	4,56	53,5		
	ячмінь ярий	4,39	2,86	7,25	0,87	10,6	4,88	3,07	7,96	0,95	11,1		
	soя	1,86	1,55	3,40	0,48	5,8	3,07	1,97	5,04	0,71	8,3		
	всього за ротацию	27,50	16,50	44,00	8,21	100	27,70	15,70	47,40	8,53	100		
	горох	4,22	1,92	6,13	1,41	17,6	–	–	–	–	–		
	пшениця озима	6,50	4,50	11,01	2,20	27,4	6,27	3,37	10,64	2,13	26,1		
	кукурудза зерно	10,18	5,53	15,71	3,14	39,2	12,4	6,69	21,91	4,38	53,8		
	ячмінь ярий	4,08	2,72	6,81	0,82	10,2	4,79	3,04	7,83	0,94	11,5		
Різномісна на 10–30 см	soя	1,70	1,49	3,18	0,45	5,6	3,03	1,96	4,99	0,70	8,6		
	всього за ротацию	26,70	16,2	42,8	8,02	100,0	26,5	15,1	45,4	8,15	100,0		
	± до контролю, т/га	-0,80	-0,30	-1,20	-0,19	–	-1,20	-0,60	-2,00	-0,38	–		
	горох	4,39	1,96	6,35	1,46	17,5	–	–	–	–	–		
	пшениця озима	6,67	4,59	11,25	2,25	27,0	7,15	3,85	12,0	2,40	27,2		
	кукурудза зерно	10,80	5,53	16,28	3,26	39,1	13,2	7,08	23,3	4,66	52,8		
	ячмінь ярий	4,37	2,85	7,22	0,87	10,4	5,28	3,25	8,53	1,02	11,6		
	soя	1,99	1,59	3,58	0,50	6,0	3,25	2,04	5,29	0,74	8,4		
	всього за ротацию	28,2	16,5	44,7	8,34	100,0	28,90	16,20	49,10	8,82	100,0		
	± до контролю, т/га	0,70	0,00	0,70	0,13	–	1,20	0,50	1,70	0,29	–		
Однобісна на 10–12 см	горох	3,94	1,85	5,78	1,33	17,2	–	–	–	–	–		
	пшениця озима	6,36	4,04	10,4	2,08	27,0	5,94	3,20	10,14	2,03	26,4		
	кукурудза зерно	9,93	5,40	15,3	3,07	39,8	11,70	6,36	20,74	4,15	54,1		
	ячмінь ярий	3,93	2,66	6,59	0,79	10,2	4,39	2,86	7,25	0,87	11,3		
	soя	1,70	1,49	3,19	0,45	5,8	2,68	1,84	4,52	0,63	8,2		
	всього за ротацию	25,90	15,4	41,3	7,72	100,0	24,70	14,3	42,7	7,68	100		
	± до контролю, т/га	-1,60	-1,10	-2,70	-0,49	–	-3,00	-1,40	-4,70	-0,85	–		
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	27,1±0,5	16,2±0,26	43,2±0,74	8,1±0,13	–	27,0±0,9	15,3±0,41	46,2±1,38	8,3±0,25	–		
	S	0,99	0,52	1,49	0,27	–	1,79	0,82	2,75	0,49	–		

Примітка: *п.п. – побічна продукція, *к.р. – кореневі рештки.

Таблиця 2. Динаміка запасів гумусу залежно від систем основного обробітку сірого лісового ґрунту та сівозміни, т/га

Система обробітку ґрунту	Шар ґрунту, см	За ротацію 5-пільної сівозміни	± до контролю		За 2 ротації 4-пільної сівозміни	± до контролю	
			т/га	%		т/га	%
Різноглибинна полицева на 10–30 см (контроль)	0–20	39,2	–	–	42,4	–	–
	20–40	29,7	–	–	35,2	–	–
	0–40	68,9	–	–	77,6	–	–
Різноглибинна плоскорізна на 10–30 см	0–20	39,5	0,3	0,8	42,4	0,0	0,0
	20–40	25,0	–4,7	–15,8	31,2	–4,0	–11,4
	0–40	64,5	–4,4	–6,4	73,5	–4,1	–5,3
Диференційована на 10–45 см	0–20	39,6	0,4	1,0	45,1	2,7	6,4
	20–40	27,5	–2,2	–7,4	32,5	–2,7	–7,7
	0–40	67,1	–1,8	–2,6	77,6	0,0	0,0
Одноглибинна дискова на 10–12 см	0–20	38,9	–0,3	–0,8	42,2	–0,2	–0,5
	20–40	25,3	–4,4	–14,8	28,9	–6,3	–17,9
	0–40	64,2	–4,7	–6,8	71,1	–6,5	–8,4
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	0–40	66,2±1,12	–	–	75,0±1,61	–	–
S	0–40	2,24	–	–	3,21	–	–

за тривалого одноглибинного дискового обробітку в 0–10 см шарі був на 16,2 % вищим, порівняно до різноглибинної оранки (контроль). За останнього у 20–40 см шарі ґрунту запаси легкогідролізного азоту навпаки були вищими, і в сумі становили 82,0 мг/кг ґрунту, або 34,9 %. Загалом це свідчить, що тривале застосування мілкового дискового обробітку призводить до акумуляції та основну локалізацію елементів живлення в верхньому 0–11 см шарі та дефіцит елементів у нижньому 20–40 см шарі ґрунту (табл. 3).

Запаси рухомих сполук фосфору і калію у 0–20 см шарі за усіх способів основного обробітку ґрунту відповідали високому рівню забезпечення – 366 і 215 мг/кг із найвищими значеннями тривалого дискового обробітку на 10–12 см – 451 і 212 мг/кг відповідно. Диференціація оброблюваного шару ґрунту за вмістом рухомих сполук калію за дискування виражається розподілом – 0–10 см шарі – 52 %, а в шарі 30–40 см – 11 % від загального вмісту елементу.

Вирощування у сівозміні культур із різними вилогами до вмісту елементів живлення впродовж вегетації, різним за інтенсивністю засвоєння і типом кореневої системи та її локалізації, має свій істотний вплив на баланс елементів в ґрунті. Зокрема, культури калієфіли інтенсивно засвоюють елементи та накопичують їх у побічній продукції, залучення якої

частково буде забезпечувати рециркуляцію елементів живлення, і не лише калію а й інших біогенних та лужноземельних елементів.

Найвищу врожайність зерна серед досліджуваних сівозмін, отримано у 4-пільній сівозміні, із найвищим рівнем за диференційованої системи основного обробітку ґрунту, яка передбачала проведення під пшеницю озиму та ячмінь ярий мілкового дискового обробітку на 10–12 см, сою – оранку на 22–24 см та чизельне розпушування на 43–45 см під кукурудзу на зерно (табл. 4).

Ця система забезпечила збір зерна на рівні 5,40 т/га сівозмінної площі, тоді як за різноглибинної полицевої – 5,18 т/га. За тривалої плоскорізної та дискової систем відмічено зниження збору зерна на 0,23 та 0,57 т/га сівозмінної площі, або на 4,5 та 11,1 % відповідно.

У 5-пільній сівозміні відмічено подібну закономірність впливу досліджуваних систем обробітку ґрунту на врожайність культур. Порівняно до рівня врожайності 4-пільної сівозміни збір зерна на 1,01–1,47 т/га сівозмінної площі або на 28,1–37,4 % був меншим.

Агрономічно обґрунтовано доцільність проведення одноразово за ротацію сівозміни глибокого чизельного розпушування ґрунту на 43–45 см під кукурудзу на зерно, що забезпечує руйнування плужної

Таблиця 3. Вплив способів основного обробітку та удобрення на вміст у ґрунті елементів живлення у полі кукурудзи на зерно за попередника – пшениця озима (чотирипільна сівозміна), мг/кг

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Н.л.г., за Корнфілдом ДСТУ 7863:2015	N _{мін.} (N-NO ₃ + N-NH ₄), за ДСТУ 4729:2007	P ₂ O ₅	K ₂ O
				за Кірсановим, ДСТУ 4405:2005	
Оранка на 28–30 см (контроль)	0–10	61,8	6,77	181	114
	10–20	63,6	9,59	193	104
	20–30	49,3	10,50	129	76,0
	30–40	32,7	5,88	67,4	48,1
Плоскорізне розпушування на 28–30 см	0–10	66,4	10,60	218	146
	10–20	43,1	7,52	153	80,9
	20–30	39,9	5,04	103	52,5
	30–40	25,5	3,75	55,4	35,4
Чизельне розпушування на 43–45 см	0–10	72,8	9,96	192	127
	10–20	61,2	9,87	160	74,8
	20–30	42,7	7,3	124	61,2
	30–40	29,9	5,02	76,2	50,6
Дискування на 10–12 см	0–10	76,4	11,60	270	150
	10–20	55,1	7,46	181	62,2
	20–30	31,1	4,82	72,9	46,1
	30–40	22,3	4,05	51,8	30,8
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	0–10	69,4±3,3	9,7±1,04	215±19,8	134±8,41
	10–20	55,8±4,6	8,61±0,6	172±9,3	80,5±8,8
	20–30	40,8±3,8	6,92±1,3	107±12,8	59,0±6,5
	30–40	27,6±2,3	4,7±0,5	62,7±5,6	41,2±4,8
S	0–10	6,5	2,1	39,7	16,8
	10–20	9,2	1,3	18,5	17,5
	20–30	7,5	2,6	25,5	12,9
	30–40	4,6	1,0	11,2	9,6

підшви, накопичення вологи в осінньо-зимовий період, а також поліпшення агрофізичних властивостей ґрунту, знижуючи при цьому до оптимальних параметрів показники щільності складення та твердості.

Висновки

Надходження елементів живлення у сівозміні меншою мірою залежало від способу основного обробітку ґрунту, та більшою мірою від рівня урожайності культур сівозміни, обсягу рослинних решток і вмісту в них основних елементів живлення. Заорювання побічної продукції культур як у 4- так і у 5-пільних сівозмінах сприяло поліпшенню поживного режиму сірого лісового ґрунту і диференціації 0–40 см шару за розподілом біогенних елементів. Із зростанням дози внесення мінеральних добрив, диференціація

аналізованого шару ґрунту є більш вираженою, що зумовило зростання рівня продуктивності культур.

На колообіг фітомаси у сівозміні впливали культури, за ротацію 5-пільної сівозміни частка участі культур мала такий розподіл – соя 6 % і горох 17 %; ячмінь ярий – 10 % і пшениця озима – 27 %. Надходження листостеблової маси кукурудзи було в рази більше, ніж за культур групи зернових та зернобобових і, становила 39 %. Подібна тенденція зберігалася і у 4-пільній сівозміні, де частка участі кукурудзи зросла до 53 %, або половину від загального об'єму побічної продукції, що надходила за ротацію сівозміни.

Вилучення зернобобової культури, а саме гороху, зумовило дефіцит азоту на рівні 6,0 %, однак відбулось нагромадження сполук рухомого калію в ґрунті за рахунок високого його вмісту в листостебловій масі

Таблиця 4. Урожайність культур різноротаційних сівозміні залежно від системи удобрення, т/га

Система основного обробітку	Культура	Урожайність зерна, т/га					
		за ротацію 5-пільної сівозміни	± до контролю		за ротації 4-пільної сівозміни	± до контролю	
			т/га	%		т/га	%
Різноглибинна полицева на 10–30 см (контроль)	горох	2,96	–	–	–	–	–
	пшениця озима	5,15	–	–	5,20	–	–
	кукурудза зерно	5,73	–	–	8,53	–	–
	ячмінь ярий	3,57	–	–	3,97	–	–
	соя	1,82	–	–	3,01	–	–
	на 1 га сівозміни	3,85	–	–	5,18	–	–
Різноглибинна плоскорізна на 10–30 см	горох	2,85	–0,11	–3,8	–	–	–
	пшениця озима	4,93	–0,22	–4,3	4,75	–0,45	–8,7
	кукурудза зерно	5,79	0,06	1,0	8,18	–0,35	–4,1
	ячмінь ярий	3,32	–0,25	–7,0	3,90	–0,08	–1,9
	соя	1,66	–0,16	–8,7	2,97	–0,04	–1,3
	на 1 га сівозміни	3,71	–0,14	–3,7	4,95	–0,23	–4,5
Диференційо-вана на 10–45 см	горох	2,97	0,01	0,2	–	–	–
	пшениця озима	5,05	–0,10	–1,9	5,42	0,22	4,2
	кукурудза зерно	6,11	0,38	6,6	8,71	0,18	2,1
	ячмінь ярий	3,55	–0,02	–0,5	4,30	0,33	8,2
	соя	1,95	0,13	7,3	3,19	0,18	6,0
	на 1 га сівозміни	3,93	0,08	2,0	5,40	0,22	4,3
Одноглибинна дискова на 10–12 см	горох	2,66	–0,30	–10,1	–	–	–
	пшениця озима	4,82	–0,33	–6,4	4,50	–0,70	–13,5
	кукурудза зерно	5,64	–0,09	–1,6	7,73	–0,80	–9,4
	ячмінь ярий	3,20	–0,37	–10,5	3,57	–0,40	–10,1
	соя	1,67	–0,15	–8,4	2,63	–0,38	–12,6
	на 1 га сівозміни	3,60	–0,25	–6,6	4,61	–0,57	–11,1
НІР₀₅, т/га	за ротацію 5-пільної сівозміни: горох – 0,15, пшениця озима – 0,21, кукурудза на зерно – 0,23, ячмінь ярий – 0,19, соя – 0,14; за 2 ротації 4-пільної сівозміни: пшениця озима – 0,43, кукурудза на зерно – 0,45, ячмінь ярий – 0,30, соя – 0,23.						

кукурудзи. Необхідно зазначити, що вагомий вплив на поліпшення родючості ґрунту має використання як органічного добрива стебел кукурудзи, адже за рахунок

їхньої маси і кореневих решток кукурудзи відбувається рециркуляція калію на рівні 287 кг/га, або 37 % від загального обсягу за ротацію 4-пільної сівозміни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балюк С.А. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. ННЦ Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського. Харків: КП Міська друкарня, 2011. 30 с.
2. Борис Н.Є., Красюк Л.М. Поживний режим сірого лісового ґрунту залежно від систем основного обробітку і удобрення в короткоротаційній зерновій сівозміні. *Агробіологія*. 2020. Вип. 2. С. 16–26. doi: 10.33245/2310-9270-2020-161-2-16-26.
3. Використання добрив і пестицидів під урожай сільськогосподарських культур. Державна служба статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua/>
4. Застосування побічної продукції рослинництва і сидератів у відновлювальному землеробстві України: наук.-практ. реком. /за наук. ред. Е.Г. Дегодюка. Київ: Аграрна наука, 2014. 60 с.

5. Літвінов Д.В., Борис Н.Є. Рециркуляція органічної речовини та біогенних елементів у різноротаційних сівозмінах. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Землеробство»*. 2018. Вип. 1 (94). С. 14–19.
6. Продуктивність сортів і гібридів кукурудзи за різних систем удобрення та беззмінного їх вирощування / А.В. Кохан та ін. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10 (799). С. 18–23. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2019_10_03.pdf.
7. Саверин І.В., Качмар О.Й. Продуктивність кукурудзи за різних систем удобрення в короткоротаційних сівозмінах. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 73 (2). С. 91–109. DOI:10.32636/01308521.2023-(73)-2-7.
8. Танчик С.П., Центилю Л.В., Цюк О.А. Вплив удобрення та обробітку ґрунту на врожайність культур сівозміни. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 8. С. 11–16. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201908-02>.
9. Тараріко Н.М., Ятчук В.Я., Гаврилов С.О., Крацюк Л.М., Зведенюк Т.Б. Ефективність застосування побічної продукції зернових культур на добриво за різних способів обробітку сірого лісового ґрунту. *Міжвідомчий тематичний збірник «Землеробство»*. 2012. Вип. 84 –2. С. 56–62.
10. Технологія відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах / за ред. С.М Рижук, Медведєва В.В. Київ, 2003. 213 с.
11. Degodyuk S.E., Degodyuk E.G., Litvinova O.A. etc. Change in agrophysical indicators of gray forest soil with long-term use of organic and mineral fertilizers. *Bulletin of Agricultural Science*. 2020. № 1. P. 19–24. doi :<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-03>.
12. Demyanyuk O., Symochko L., Mostoviak I.I. Soil microbial diversity and activity in different climatic zones of Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. 11 (2). P. 338–343. <https://doi.org/10.15421/022051>.
13. Kaminskiy V., Bulgakov V., Tkachenko M., Kolomiets M., Kaminska V., Ptashnik M., Ivanovs S., Kiernicki Z. Research into Comparative Performance of Different Tillage and Fertilization Systems Applied to Grey Forest Soil of Forest Steppe in Grain Crop Rotation. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. 23(12). 163–178. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/155057>.
14. Litvinov D.V., Butenko A.O., Onychko V.I., Onychko T.O., Malynka L.V., Masyk I.M., Bondarieva L.M., Ihnatieva O.L. Parameters of biological circulation of phytomass and nutritional elements in crop rotations. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. 9(3). P. 92–98. DOI: https://doi.org/10.15421/2019_714.
15. Litvinova, O., Dehodiuk, S., Litvinov, D., Symochko, L., Zhukova, Y., Kyrylchuk, A. the Impact of Agrochemical Loading on Nutritive Regime of Gray Forest Soil During Field Crop Rotation. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2021. Vol. 11 (4). 831–836. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess11.4>.
16. Litvinova, O., Tonkha, O., Havryliuk, O., Litvinov, D., Symochko, L., Dehodiuk, S., Zhyla, R. Fertilizers and Pesticides Impact on Surface-Active Substances Accumulation in the Dark Gray Podzolic Soils. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. 24 (7). P. 119–127. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/163480>.
17. Panfilova A., Byelov Y. The influence of the stubble biodestroyer and the main tillage method on the nutrient regime of the soil. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2022. 26(3). P. 47–54. DOI: 10.56407/2313-092X/2022-26(3)-4.

REFERENCES

1. Baliuk, S. A. (2011). Calculation of the balance of humus and nutrients in the agriculture of Ukraine at different levels of management. NNTs in-t gruntoznavstva ta ahrokhimii im. O.N. Sokolovskoho. Kharkiv: KP Miska drukarnia. 30 p. [in Ukrainian].
2. Borys, N.Ye., Krasiuk, L.M. (2020). Nutrient regime of gray forestal soil depending on the systems of main cultivation and fertilization in shortrotation grain crop rotation. *Ahrobiolohiia*, 2, 16–26. URL: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/def> [in Ukrainian].
3. Vykorystannia dobryv i pestytsydiv pid urozhai silskohospodarskykh kultur. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. URL: <https://ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
4. The application of household products of crop production and siderates in regenerative agriculture of Ukraine: nauk.-prakt. rekom. Za nauk. red. E.H. Dehodiuka. Kyiv: Ahrarna nauka, 2014. 60 p. [in Ukrainian].
5. Litvinov, D., Borys, N. (2018). The Recirculation of organic matter and biogenic elements in multi-rotational crop rotations. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Zemlerobstvo» 1 (94)*, 14–19 [in Ukrainian].
6. Kokhan, A.V. et al. (2019). Productivity of varieties and hybrids of corn under different fertilization systems and their unchanged cultivation. *Visnyk ahraranoi nauky*, 10 (799), 18–23. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2019_10_03.pdf [in Ukrainian].

7. Saveryn, I.V., Kachmar, O.I. (2023). The maize productivity under different fertilization systems in short-rotation crop rotations. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 73 (2), 91–109. DOI:10.32636/01308521.2023-(73)-2-7 [in Ukrainian].
8. Tanchyk, S.P., Tsentylo, L.V., Tsiuk, O.A. (2019). The effect of fertilization and tillage on the yield of crop rotation. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 8, 11–16. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201908_-02 [in Ukrainian].
9. Tararyko, N.N., Yatuk, V.Ia., Havrylov, S.O., & Krasiuk, L.M., Zvedeniuk, T.B. (2012). Effectiveness of the use of by-products of grain crops for fertilizer in different ways of processing gray forest soil. *Agriculture*, 84-2, 56–62 [in Ukrainian].
10. Technology of reproduction of soil fertility in modern conditions (2003). *Pid red. S.M Ryzhuka, Medvedeva V.V. Kyiv. 213 p.* [in Ukrainian].
11. Degodyuk, S.E., Degodyuk, E.G., Litvinova, O.A. etc. (2020). Change in agrophysical indicators of gray forest soil with long-term use of organic and mineral fertilizers. *Bulletin of Agricultural Science*, 1, 19–24. DOI:<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202001-03> [in Ukrainian].
12. Demyanyuk, O., Symochko, L., Mostoviak, I. (2020). Soil microbial diversity and activity in different climatic zones of Ukraine. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(2), 338–343. DOI: <https://doi.org/10.15421/022051> [in Ukrainian].
13. Kaminskiy V., Bulgakov V., Tkachenko M., Kolo-miiets M., Kaminska V., Ptashnik M., Ivanovs S., Kiernicki Z. (2022). Research into Comparative Performance of Different Tillage and Fertilization Systems Applied to Grey Forest Soil of Forest Steppe in Grain Crop Rotation. *Journal of Ecological Engineering*, 23(12),163–178. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/155057> [in Ukrainian].
14. Litvinov, D.V., Butenko, A.O., Onychko, V.I., Onychko, T.O., Malynka, L.V., Masyk, I.M., Bondarieva, L.M., Ihnatieva, O.L. (2019). Parameters of biological circulation of phytomass and nutritional elements in crop rotations. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(3), 92–98. DOI: https://doi.org/10.15421/2019_714 [in Ukrainian].
15. Litvinova, O., Dehodiuk, S., Litvinov, D., & Symochko, L., Zhukova, Y., Kyrylechuk, A. (2021). the Impact of Agrochemical Loading on Nutritive Regime of Gray Forest Soil During Field Crop Rotation. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, 11 (4), 831–836. DOI:<https://doi.org/10.31407/ijeess11.4> [in Ukrainian].
16. Litvinova, O., Tonkha, O., Havryliuk, O., & Litvinov, D., Symochko, L., Dehodiuk, S., Zhyla, R. (2023). Fertilizers and Pesticides Impact on Surface-Active Substances Accumulation in the Dark Gray Podzolic Soils. *Journal of Ecological Engineering*, 24 (7), 119–127. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/163480> [in Ukrainian].
17. Panfilova, A., Byelov, Y. (2022). The influence of the stubble biodestroyer and the main tillage method on the nutrient regime of the soil. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 26(3), 47–54. DOI: [10.56407/2313-092X/2022-26\(3\)-4](https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26(3)-4) [in Ukrainian].

Borys N.Y., Ptashnik M.M., Zaiats P.S., Krasiuk L.M.

Formation of the nutrient regime of gray forest soil under different anthropogenic pressure in Forest-Steppe agrosystems

Aim. The purpose of the research is to establish the effectiveness of the use of alternative sources of organic fertilizers in short-rotation grain crop rotations, the influence of the volume of by-products and root residues in combination with the application of mineral fertilizers on the formation of the nutritional regime of gray forest soil. To analyze the impact of different crop rotations saturated with leguminous and grain ear crops on the amount of plant biomass input as an alternative organic fertilizer; to determine the effectiveness of the complex application of by-products and mineral fertilizers. **Methods.** Research methods are field, laboratory, measuring-weighing, comparative-calculating. The research was carried out in the conditions of the Forest Steppe of Ukraine in a long-term stationary experiment of the Department of Soil Tillage and Segetal Vegetation Control of the NSC «IZ NAAN» on gray forest soil in two short-rotational crop rotations. **Results.** Based on the results of the research, data were obtained on the influence of different tillage systems, the use of plant by-products in the organo-mineral fertilization system of short-rotation crops on the change in the nutrient regime of gray forest light loamy soil. The level of supply of nutrients in the crop rotation depended on the method of the main tillage, the yield level of the crops of the crop rotation, the amount of plant residues and the content of the main nutrients in them. It was noted that with the long-term use of tillage, the active and loosened 0–10 cm layer of the soil is the most saturated with nutrients, both due to the mineralization of crop residues and due to the localization of the main part of the applied

mineral fertilizers, while the lower, 10–40 cm layer was characterized by low security level. **Conclusions.** Earning by-products of crops by carrying out shelf cultivation of the soil, both in 4 and in 5 field crop rotations, contributes to the differentiation of the 0–40 cm soil layer by the content of humus and biogenic nutrients. With the combined use of by-products with mineral fertilizers, the differentiation of the treated soil layer is more pronounced, which led to an increase in the productivity of crop rotations. The use of leaf-stem mass and root residues of corn as an organic fertilizer has a significant effect on improving soil fertility, due to which the largest reserves of humus are formed in 0–40 cm of soil and recirculation of nutrients occurs.

Key words: fertilizers, nutrients, humus reserves, root residues, fertility, plant biomass, processing methods.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Борис Н.Є., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник. відділ обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності, e-mail: nataliaborys2020@gmail.com, ORCID:0000-0002-9385-1263.

Пташник М.М., кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності, e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID:0000-0001-8002-7139.

Borys N.Y., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research, of the Department of Tillage and Control of Segetal Vegetation, the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: nataliaborys2020@gmail.com, ORCID:0000-0002-9385-1263.

Ptashnik M.M., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Tillage and Control of Segetal Vegetation, the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail:obrobitok@ukr.net, ORCID:0000-0001-8002-7139.

Заяць П.С., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності, e-mail:zayats1986z@gmail.com, ORCID:0000-0002-2655-105X.

Красюк Л.М., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail:iznaanaspirant@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9871-8253.

Zaiats P.S., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research, the Department of Tillage and Control of Segetal Vegetation, the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail:zayats1986z@gmail.com, ORCID:0000-0002-2655-105X.

Krasiuk L.M., Candidate of Agricultural Sciences, NSC «Institute of agriculture of NAAS», e-mail:iznaanaspirant@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9871-8253.

Надійшла 12.01.2024

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Я.С. Цимбал

ННЦ «ІЗ НААН» (с.мт Чабани, Україна)

Мета. Встановлення впливу структури, набору та розміщення польових культур у короткоротаційних сівозмінах на урожайність і економічну ефективність залежно від попередників та різних систем інтенсифікації. **Методи.** Польові, лабораторно-польові, розрахунково-порівняльні. **Дослідження** проведено в підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України на чорноземі типовому малогумусному Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН». **Технологія** вирощування сільськогосподарських культур у досліді загальноприйнята і рекомендована для зони проведення досліджень. **Застосовували** хімічні засоби захисту рослин для вирощування конкурентоспроможної товарної продукції сільськогосподарських культур короткоротаційних сівозмін. **Результати.** Результати досліджень, проведених у тривалому стаціонарному польовому досліді, який закладено у 2001 р., з вивчення сівозмін на типових чорноземах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу, переконливо свідчать про те, що упродовж 2016–2020 рр. досліджень найбільш раціональною в цій підзоні виявилася 4-пільна сівозміна (горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий) за органічної системи інтенсифікації (побічна продукція попередника), де умовно чистий прибуток становив 14,73 тис. грн/га за рентабельності 142 %. **Висновки.** Показники економічної ефективності вирощування культур короткоротаційних сівозмін за їх відповідного набору показали пряму залежність від систем удобрення і знаходилися на рівні: умовно чистого прибутку – 12,11–14,73 тис. грн/га за рівня рентабельності – 83–144 %. Серед досліджуваних культур 4-пільних сівозмін найбільш економічно вигідним виявилось вирощування кукурудзи на зерно (16,04–21,34 тис. грн/га) за найвищого показника за внесення побічної продукції попередника – 21,34 тис. грн/га умовно чистого прибутку та рівня рентабельності 180 %.

Ключові слова: агрофітоценоз, системи удобрення, продуктивність, собівартість, рентабельність, умовно чистий прибуток.

Вступ. У сучасних умовах економічних та екологічних викликів, оптимальне використання земельних ресурсів і раціональна організація сільськогосподарських площ є ключовими чинниками для досягнення сталого розвитку. Оптимізація структури посівних площ, зокрема зернових і технічних культур, у всіх природно-кліматичних зонах, з урахуванням специфіки кожного регіону, разом із збереженням навколишнього середовища, стає необхідним завданням.

Забезпечуючи оптимальну структуру посівних площ, співвідношення, розміщення і чергування культур, сівозміни створюють найкращі умови для отримання високих урожаїв з одночасним підвищенням родючості ґрунту. Тільки за наявності

раціональних сівозмін формуються умови для планового застосування технологій на кожному полі, планового ведення всього господарства, ефективного використання сільськогосподарських угідь і, зокрема, орних земель [1].

Розв'язання поставлених завдань можливе за рахунок впровадження нових підходів до системи землеробства та сівозмін загалом. Це передбачає розробку принципів та практичних заходів, спрямованих на досягнення високопродуктивного, екологічно збалансованого та стійкого землеробства, яке забезпечить благополуччя майбутніх поколінь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Економічна ефективність різноротаційних сівозмін залежить від набору в них сільськогосподарських

культур, їх насичення і чергування, систем удобрення, обробітку ґрунту, рівня механізації та ін. Повна оцінка різноротаційних сівозмін можлива лише за умови порівняння складу та виходу продукції сільськогосподарських культур з одиниці земельної площі. Слід враховувати, що підвищення загальної ефективності сівозмін передусім досягається за рахунок їх насичення найпродуктивнішими і високоліквідними культурами за оптимальних, науково обґрунтованих параметрів [2; 3].

На основі цього встановлюють оптимальний варіант сівозміни, яка гарантує найбільший вихід продукції за найменших затрат праці й коштів, підвищення рівня родючості ґрунту, одержання екологічно безпечної продукції та охорону навколишнього середовища [2; 4].

Порівняльна оцінка сівозмін змушує агровиробників та науковців до додаткового економічного аналізу прийнятих рішень. Економічний аналіз – визначення чистого доходу, рентабельності та собівартості отриманої продукції по кожній вирощуваній культурі в сівозмінах, а також по сівозміні загалом. Такий аналіз обмежений часовими межами, оскільки вимагає щорічного врахування цін на насіння, добрива, пестициди, паливно-мастильні матеріали, тощо [5–8].

Виробничники, в більшості випадків, схильні застосовувати практичні та більш дешеві рішення, які не завжди сприяють покращанню родючості ґрунту, частіше навпаки – його погіршенню, тим самим знижуючи природний потенціал ґрунту, а відповідно й економічну ефективність вирощування різних сільськогосподарських культур [9].

Як зазначає П. І. Бойко, для визначення економічної ефективності сівозмін їх потрібно аналізувати з урахуванням напрямів спеціалізації та різної структури посівних площ для того, щоб вибрати найбільш ефективне співвідношення і набір культур у сівозміні. Для господарств різної спеціалізації виробництва сільськогосподарської продукції важливо визначити найкраще співвідношення між зерновими, технічними і кормовими культурами [2].

За даними В. Ф. Камінського, В. М. Булгакова, М. А. Ткаченка та ін. середня собівартість зерна в перспективних агротехнологіях на основі адаптивних прийомів основного обробітку ґрунту та органо-мінеральної системи удобрення культур сівозміни становить 3,6 тис. грн/т, дохідність 24,5 тис. грн/га, рівень рентабельності 139 %. Економічна доцільність (окупність) вирощування зернових культур

у ґрунтово-екологічних умовах Правобережного Лісостепу має низхідний характер у ряді: кукурудза на зерно (163 %), пшениця озима (146 %), соя (132 %), ячмінь (97 %) [10].

Однак із переходом на ринкові відносини в економіці, приватизації землі та створення дрібних фермерських господарств із невеликою площею землекористування, спостерігається повна відмова від класичних сівозмін. Тому виникла гостра потреба у розробці короткоротаційних сівозмін із максимальним насиченням зерновими культурами та їх економічного обґрунтування.

Тому, одним із найважливіших завдань сьогодення є активізація наукового потенціалу галузі, стимулювання розвитку аграрної науки й активне впровадження результатів наукових досліджень у виробничу практику, розробка та впровадження адаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур короткоротаційних сівозмін за обмежених умов використання засобів захисту рослин, мінеральних і органічних добрив.

Мета досліджень полягає у встановленні впливу структури, набору та розміщення польових культур у короткоротаційних сівозмінах на урожайність і економічну ефективність залежно від попередників та різних систем інтенсифікації.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження з вивчення впливу попередників та систем удобрення на продуктивність і показники економічної ефективності в 4-пільних сівозмінах проводили у підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу на чорноземі типовому малогумусному Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» у тривалому польовому стаціонарному досліді впродовж 2016–2020 рр.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок – чорнозем типовий малогумусний грубопилувато-легкосуглинковий. Уміст гумусу в орному шарі ґрунту в межах 3,08–3,15 %, у підорному – від 2,72 до 2,9 %. Ґрунт характеризується високим умістом рухомих сполук фосфору – 233–270 мг/кг ґрунту в орному і 227–270 мг/кг – у підорному шарах, високим і середнім умістом сполук рухомого калію (80–100 мг/кг ґрунту) за Чириковим. Уміст лужногідролізованого азоту в орному шарі ґрунту становить 110–124 мг/кг, у підорному – 99–106 мг/кг. Реакція ґрунтового розчину слабкисла, ступінь насичення вбирного комплексу основами високий (85–99 %). Аналіз ґрунту проводили за загальноприйнятими методиками.

Повторення досліду триразове. Посівна площа однієї ділянки – 90 м² (6x15 м), облікова – 40 м² (4x10 м). Розміщення ділянок – рендомізоване.

Технологія вирощування сільськогосподарських культур у досліді загальноприйнята і рекомендована для зони проведення досліджень.

Сільськогосподарські культури висівали у короткоротаційних 4-пільних сівозмінних із 100 % насиченням зерновими культурами за такою схемою: горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий за різних систем удобрення: без добрив (контроль), мінеральна (N₄₅P₅₅K₅₅ на 1 га сівозмінної площі), органо-мінеральна (побічна продукція попередника + N₄₅P₅₅K₅₅ на 1 га сівозмінної площі) та органічна (побічна продукція попередника) з внесенням відповідних пестицидів під культуру.

Результати та їх обговорення. Визначення економічної ефективності функціонування сівозмін проведено на основі складання агротехнічних карт для усіх вирощуваних культур з урахуванням витрат на обробіток ґрунту, оплати праці, вартості добрив, насіння, засобів захисту і одержаної продукції. Оскільки дослідження проводилися в 2016–2020 рр., той розрахунки проведено за закупівельними цінами на сільськогосподарську продукцію, що склалися у 2020 р. Аналіз експериментальних даних із вивчення впливу досліджуваних чинників на економічну ефективність 4-пільних сівозмін засвідчив, що найвитратнішими в них є кукурудза на зерно та пшениця озима, менш витратними – горох і ячмінь ярий. Згідно з розрахунками економічної ефективності, кукурудза на зерно та пшениця озима є найприбутковішими і найрентабельнішими культурами.

Аналіз ефективності чотирипільних сівозмін у середньому за 2016–2020 рр. досліджень показав залежність економічних показників від системи удобрення у сівозмінних. Так за 100 % насичення зерновими культурами урожайність зернових була на рівні 4,50–6,29 т/га, показники прибутку відповідно 13,36–14,73 тис. грн на 1 га сівозмінної площі за найвищого показника за внесення побічної продукції попередників (органічна система удобрення), що на 1,04 тис. грн більше порівняно до мінеральної системи удобрення та на 1,37 тис. грн з 1 га сівозмінної площі більше, ніж за органо-мінеральної системи інтенсифікації. Рівень рентабельності за різних систем удобрення знаходився в межах від 83 до 142 %. Умовно чистий прибуток на контролі був на рівні 12,11 тис. грн

з 1 га сівозмінної площі за високого рівня рентабельності – 144 % (табл. 1).

Серед досліджуваних культур короткоротаційних (4-пільних) сівозмін за різних систем удобрення найвищу врожайність (5,86–8,30 т/га) та умовно чистий прибуток забезпечила кукурудза на зерно, де цей показник становив 18,34–21,34 тис. грн/га за рентабельності 112–180 %. В посівах кукурудзи, яку вирощували після пшениці озимої, найбільший умовно чистий прибуток був за використання побічної продукції попередника (органічна система удобрення) і знаходився в межах 21,34 тис. грн/га та рівень рентабельності, який становив 180 %, що на 10 % більше порівняно з органо-мінеральною та на 14 % більше порівняно з мінеральною системою інтенсифікації. Прибуток на контролі був у межах 16,04 тис. грн/га за високого рівня рентабельності (165 %). Затрати на вирощування кукурудзи були на рівні від 9,75 до 17,23 тис. грн за найвищого показника при застосуванні органо-мінерального удобрення. Собівартість 1 т урожаю, в середньому за роки досліджень, знаходилася в межах від 1,57 до 2,08 тис. грн.

Пшеницю озиму в досліджуваних короткоротаційних сівозмінних вирощували за застосування різних систем удобрення за попередника горох. Урожайність культури в середньому за 2016–2020 рр. була в межах від 4,67 до 6,75 т/га. Умовно чистий прибуток з отриманого врожаю пшениці озимої відповідно становив 18,13–19,40 тис. грн/га, рентабельність при цьому була на рівні від 116 до 199 %. Найбільший прибуток забезпечила мінеральна (19,40 тис. грн/га) та органічна (19,10 тис. грн/га) системи удобрення за високого рівня рентабельності – 140 і 199 % відповідно. Найнижчим умовно чистий прибуток був на контролі (без добрив) 15,09 тис. грн/га, що на 22 % менше, ніж за мінеральної, на 21 % менше, ніж за органічної та на 17 % менше, ніж за органо-мінеральної системи удобрення. Рентабельність на контролі становила 183 %. Затрати на вирощування пшениці озимої залежали від системи інтенсифікації і знаходилися в межах від 8,26 до 15,62 тис. грн за найвищого показника за внесення органо-мінеральних добрив. Собівартість 1 т урожаю зерна пшениці також залежала від удобрення і була на рівні від 1,67 до 2,32 тис. грн за найнижчого значення за застосування побічної продукції попередника.

Ячмінь ярий у короткоротаційних 4-пільних сівозмінних вирощували після кукурудзи на зерно як попередника та за різних систем удобрення. Врожайність

Урожайність та показники економічної ефективності 4-пільних сівозмін, середнє за 2016–2020 рр.

Культура	Урожайність зернових, т/га	Усього витрат, тис. грн	Вартість валової продукції, тис. грн	Собівартість 1 т урожаю, тис. грн	Прибуток, тис. грн/га	Рентабельність, %
<i>Без добрив (контроль)</i>						
Горох	3,21	10,82	16,05	3,37	5,23	48
Пшениця озима	4,67	8,26	23,35	1,77	15,09	183
Кукурудза на зерно	5,86	9,75	25,78	1,66	16,04	165
Ячмінь ярий	4,18	6,72	18,81	1,61	12,09	180
На 1 га	4,50	8,89	21,00	2,10	12,11	144
<i>$N_{45}P_{55}K_{55}$ на 1 га сівозмінної площі</i>						
Горох	3,90	13,52	19,50	3,47	5,98	44
Пшениця озима	6,65	13,86	33,25	2,08	19,40	140
Кукурудза на зерно	7,64	15,28	33,62	2,00	18,34	120
Ячмінь ярий	5,19	12,33	23,34	2,38	11,03	89
На 1 га	5,92	13,75	27,43	2,48	13,69	98
<i>Побічна продукція попередника + $N_{45}P_{55}K_{55}$ на 1 га сівозмінної площі</i>						
Горох	4,28	15,14	21,40	3,54	6,26	41
Пшениця озима	6,75	15,62	33,75	2,32	18,13	116
Кукурудза на зерно	8,30	17,23	36,52	2,08	19,29	112
Ячмінь ярий	5,54	15,18	24,93	2,74	9,75	64
На 1 га	6,29	15,79	29,15	2,67	13,36	83
<i>Побічна продукція попередника</i>						
Горох	3,60	12,02	18,00	3,34	5,98	50
Пшениця озима	5,74	9,60	28,70	1,67	19,10	199
Кукурудза на зерно	7,54	11,84	33,18	1,57	21,34	180
Ячмінь ярий	4,76	8,93	21,42	1,88	12,49	140
На 1 га	5,48	10,60	25,33	2,12	14,73	142

культури знаходилася в межах від 4,18 до 5,54 т/га залежно від системи інтенсифікації. З отриманого врожаю ячменю ярого умовно чистий прибуток був на рівні від 9,75 до 12,49 тис. грн/га, рентабельність від 64 до 180 % за найвищого показника за застосування побічної продукції попередника (органічна система удобрення), де рівень рентабельності був у межах 140 %. На контролі (без добрив) прибуток становив 12,09 тис. грн/га, рентабельність – 180 %. Найнижчим умовно чистий прибуток був за органо-мінеральної системи удобрення, що пов'язано з високою ціною на мінеральні добрива та найбільшими виробничими затратами (15,18 тис. грн), рентабельність при цьому була на рівні 64 %, прибуток 9,75 тис. грн/га, що на 1,28 тис. грн/га менше, ніж

за мінеральної та на 2,74 тис. грн/га менше, ніж за органічної системи удобрення. Затрати на вирощування ячменю ярого залежали від системи удобрення і знаходилися на рівні від 6,72 до 15,18 тис. грн за найнижчого показника 6,72 тис. грн на контролі та 8,93 тис. грн за застосування лише побічної продукції попередника. Собівартість 1 т урожаю залежала від різних видів інтенсифікації і коливалися від 1,61 до 2,74 тис. грн за найвищого показника за застосування органо-мінерального удобрення.

Горох у досліджуваних 4-пільних сівозмінах вирощували після ячменю ярого за різних систем інтенсифікації. Урожайність культури в середньому за п'ять років була в межах 3,21–4,28 т/га. Показники прибутку мало залежали від удобрення і становили

від 5,23 до 6,26 тис. грн/га за найвищого умовно чистого прибутку за застосування органо-мінеральної системи удобрення. Найнижчим прибуток був на контролі (без добрив), що на 0,75 тис. грн/га менше, ніж за мінеральної і органічної та на 1,03 тис. грн/га менше, ніж за органо-мінеральної систем інтенсифікації. Рівень рентабельності був на рівні від 41 до 50 %. Загальні затрати на вирощування гороху коливалися в межах від 10,82 до 15,14 тис. грн за найвищого значення за внесення органо-мінеральних добрив.

Висновки

Встановлено, що у підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України на чорноземі типовому вирощування зернових культур у 4-пільних сівозмінах було економічно вигідним. З'ясовано, що серед досліджуваних моделей короткоротаційних сівозмін із 100 % насиченням зерновими культурами

найвищий прибуток забезпечила чотирипільна сівозміна: горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – ячмінь ярий за органічної системи інтенсифікації, де умовно чистий прибуток становив 14,73 тис. грн/га, рентабельність 142 %.

Виявлено, що поміж досліджуваних культур 4-пільних сівозмін найприбутковішими і найрентабельнішими, згідно з розрахунками економічної ефективності, виявилися кукурудза на зерно та пшениця озима. Найвищий умовно чистий прибуток за вирощування кукурудзи отримано за внесення побічної продукції попередника і цей показник становив 21,34 тис. грн/га за високого рівня рентабельності 180%. Найбільший умовно чистий прибуток за вирощування пшениці озимої отримали за застосування мінеральної системи інтенсифікації – 19,40 тис. грн/га, рентабельність 140 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цимбал Я. С., Бойко П. І., Мартинюк І. В., Кальчун Т. Р., Якименко Л. П., Бакумова М. В. Продуктивність пшениці ярої в різноротаційних сівозмінах за органо-мінерального удобрення в умовах Лівобережного Лісостепу. *Науково-теоретичний журнал «Землеробство та рослинництво: теорія і практика»*. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2023. Вип. 2 (8). С 26–32.
2. Бойко П. І., Коваленко Н. П. Проблеми екологічно врівноважених сівозмін. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 8. С. 9–13.
3. Сайко В. Ф., Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України. Київ: Аграрна наука, 2002. 147 с.
4. Сківка Л. М., Гудзь С. О., Цвей Я. П., Присяжнюк О. І. Економічна ефективність вирощування культур агроценозу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2020. Вип. 28. С. 121–129.
5. Харченко О. В., Прасол В. І., Ільченко О. В. Агро-економічне і екологічне обґрунтування рівня живлення сільськогосподарських культур. Суми: Університетська книга, 2009. 125 с.
6. Харченко О. В., Міщенко Ю. Г., Масик І. М., Прасол В. І., Давиденко Г. А. Агroeкономічне та екологічне оцінювання сівозміни. Суми: Мрія, 2015. 70 с.
7. Kudria S. I., Tarariko Yu. O., Kudria N. A., Dehtiarova Z. O. Efficiency of different models of agroecosystems. *SWorldJournal*. 2020. Issue 6 / Part 7. P. 61–66. DOI: 10.30888/2663-5712.2020-06-07-127.
8. Oleh Stasiv, Oksana Kachmar, Oksana Vavrynovych, Ekaterina Arabska. Ecological and economic efficiency of growing maize for grain in short-rotation cultivation of the western region. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2021. Vol. 7, № 2. P. 182–199.
9. Коваленко Н. П. Становлення та розвиток науково-організаційних основ застосування вітчизняних сівозмін у системах землеробства (друга половина XIX – початок XXI століття). Київ: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 490 с.
10. Kaminskiy V., Bulgakov V., Tkachenko M., Kolomiets M., Kaminska V., Ptashnik M., Ivanovs S., Kiernicki Z. Research into Comparative Performance of Different Tillage and Fertilization Systems Applied to Grey Forest Soil of Forest Steppe in Grain Crop Rotation. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. 23 (12). 163–178. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/155057>.

REFERENCES

1. Tsybmal Ya. S., Boiko P. I., Martyniuk I. V., Kalchun T. R., Yakyumenko L. P., Bakumova M. V. (2023). Produktyvnyist pshenytsi yaroi v riznorotatsiinykh sivozminakh za orhano-mineralnoho udobrennia v

- umovakh Livoberezhnoho Lisostepu [Productivity of spring wheat in multi-rotational crop rotations under organo-mineral fertilization in the conditions of the Left Bank Forest Steppe]. *Naukovo-teoretychnyi zhurnal «Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka» – Scientific and theoretical journal «Agriculture and crop production: theory and practice»*, 2 (8), 26–32 [in Ukrainian].
- Boiko P. I., Kovalenko N. P. (2003). Problemy ekolohichno vrinovazhenykh sivozmin [Problems of ecologically balanced crop rotation]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 8, 9–13 [in Ukrainian].
 - Saiko V. F., Boiko P. I. (2002). *Sivozminy u zemlerobstvi Ukrainy [Crop rotations in agriculture of Ukraine]*. Kyiv: Ahraryna nauka [in Ukrainian].
 - Skivka L. M., Hudz S. O., Tsvei Ya. P., Prysiazhniuk O. I. (2020). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya kultur ahrotsenozu [Economic efficiency of growing agrocenosis crops]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 28, 121–129 [in Ukrainian].
 - Kharchenko O. V., Prasol V. I., Ilchenko O. V. (2009). *Ahroekonomichne i ekolohichne obruntuвання rivnia zhyvlennia silskohospodarskykh kultur [Agro-economic and ecological justification of the level of nutrition of agricultural crops]*. Sumy: Universytetska knyha [in Ukrainian].
 - Kharchenko O. V., Mishchenko Yu. H., Masyk I. M., Prasol V. I., Davydenko H. A. (2015). *Ahroekonomichne ta ekolohichne otsiniuvannia sivozminy [Agro-economic and ecological assessment of crop rotation]*. Sumy: Mriia [in Ukrainian].
 - Kudria S. I., Tarariko Yu. O., Kudria N. A., Dehtiarova Z. O. (2020). Efficiency of different models of agroecosystems. *SWorldJournal*, 6/7. DOI: 10.30888/2663-5712.2020-06-07-127 [in English].
 - Oleh Stasiv, Oksana Kachmar, Oksana Vavrynovych, Ekaterina Arabska (2021). Ecological and economic efficiency of growing maize for grain in short-rotation cultivation of the western region. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 7, 2 [in English].
 - Kovalenko N. P. (2014). *Stanovlennia ta rozvytok naukovo-orhanizatsiinykh osnov zastosuvannia vitchyznianskykh sivozmin u systemakh zemlerobstva (druha polovyna XIX – pochatok XXI stolittia) [The formation and development of the scientific and organizational foundations of the application of domestic crop rotations in agricultural systems (the second half of the 19th - the beginning of the 21st century)]*. Kyiv: TOV «Nilan-LTD» [in Ukrainian].
 - Kaminskiy V., Bulgakov V., Tkachenko M., Kolomiets M., Kaminska V., Ptashnik M., Ivanovs S., Kiernicki Z. (2022). Research into Comparative Performance of Different Tillage and Fertilization Systems Applied to Grey Forest Soil of Forest Steppe in Grain Crop Rotation. *Journal of Ecological Engineering*, 23 (12). DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/155057> [in English].

Tsybmal Ya. S.

Efficiency of cultivation of agricultural crops in short rotation crop rotations of the Left Bank Forest-Steppe

Aim. To determine the influence of the structure, recruitment and placement of field crops in short-rotation crop rotations on productivity and economic efficiency depending on predecessors and different intensification systems. **Methods.** Field, laboratory-field, calculation-comparative. The study was carried out in the subzone of unstable moisture of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine on typical low-humus chernozem of the Panfil Research Station of the NSC «IA NAAS». The technology of growing agricultural crops in the experiment is generally accepted and recommended for the research area. Chemical plant protection agents were used to grow competitive commercial products of short-rotation agricultural crops. **Results.** The results of research conducted in a long-term stationary field experiment, which was established in 2001, on the study of crop rotations on typical chernozems of unstable moisture in the Left Bank Forest Steppe, convincingly show that during the 2016–2020 research period, a 4-field crop rotation turned out to be the most rational in this subzone (peas – winter wheat – corn for grain – spring barley) under the organic system of intensification (by-products of the predecessor), where the conditional net profit was 14,73 thousand UAH/ha with a profitability of 142 %. **Conclusions.** Indicators of the economic efficiency of growing short-rotation crops with their appropriate set showed a direct dependence on fertilization systems and were at the level of: conditionally net profit – 12,11–14,73 thousand UAH/ha at the level of profitability – 83–144 %. Among the studied

crops of 4-field crop rotations, growing corn for grain turned out to be the most economically profitable (16,04–21,34 thousand UAH/ha) for the highest indicator when introducing by-products of the predecessor – 21,34 thousand UAH/ha of conditional net profit and profitability level of 180 %.

Key words: *agrophytocenosis, fertilization systems, productivity, cost price, profitability, conditionally net profit.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Цимбал Я.С., кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: tsimbal.ya@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0414-885X.

Tsymbol Ya.S., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Crop Change and Agriculture on Reclaimed Lands of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: tsimbal.ya@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0414-885X.

Надійшла 8.01.2024

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ПЕРШІ РОКИ
ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ NO-TILL-ТЕХНОЛОГІЇ****О.В. Демиденко¹, Є.В. Задубинна²**¹Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»²Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»

Мета. Встановити особливості впливу сформованого шару побічної продукції у вигляді мульчі на поверхні поля на зміну агрофізичного стану чорнозему та накопичення продуктивного запасу вологи в метровому шарі ґрунту у весняний період за переходу на систему no-till-технології після відмови від систематичної оранки та довгострокового поверхневого обробітку в агроценозі 5-пільної зернової сівозміни в умовах центральної частини Лісостепу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, математичні методи, порівняльно-розрахунковий. **Результати.** При переході від систематичної оранки та довгострокового поверхневого обробітку в 5-пільній зерновій сівозміні вихід побічної продукції достатній для нормативного покриття поверхні поля шаром рослинної мульчі, що дає змогу встеляти поверхню поля від 75% до 90% залежно від культури в сівозміні. Застосування системи no-till-технології у перші роки забезпечує навесні рівень щільності будови в 0–30 см шарі чорнозему в межах 1,23–1,24 г/см³ (по оранці) та 1,24–1,26 г/см³ (по поверхневому обробітку); в літній період щільність будови знаходилася в межах 1,25–1,27 г/см³, а в осінній період щільність будови не за межу критичних значень (1,30–1,32 г/см³), тоді як за оранки щільність досягає значень >1,35 г/см³. Розпушення чорнозему за період осінь–зима–весна за систем no-till-технології становила: 0,07–0,08 г/см³ та 0,05–0,11 г/см³ відповідно по-till-технології по оранці та поверхневому обробітку, тоді як за оранки за рахунок «фізіації» розпушення зростає до 0,11–0,19 г/см³. За системи no-till-технології на 2–3 рік виконання в метровому шарі ґрунту накопичується продуктивної вологи на 8–12 мм більше відносно оранки, а відносно запасів у 2022 р. запас вологи в 2023 р. збільшився на +19,0 мм (після оранки) та на +14,0 мм (по поверхневому обробітку), що пов'язано з формуванням шару мульчі на поверхні поля та створення вертикальних ходів дощових черв'яків і вертикальних макрошпарин від перегнивання коріння, які не руйнуються інтенсивним обробітком. **Висновки.** При переході на систему no-till-технології в 5-пільній зерновій сівозміні залишення побічної продукції для створення шару мульчі на поверхні поля у кількості 5,40–5,65 т/га; загальної надземної маси – 6,42–7,22 т/га та загальної побічної фітомаси 9,50–10,2 т/га забезпечує оптимальні значення щільності будови 0–30 см шару чорнозему у сезонному та річному вимірі та формує більш ефективні умови вологонакопичення на 2–3 рік застосування системи no-till-технології.

Ключові слова: оранка, поверхневий обробіток, щільність будови, продуктивна волога, температура ґрунту, гумус.

Вступ. Постановка проблеми. Відмова від технологій обробітку чорнозему за вирощування культур в агроценозах Лісостепу України, заснованих на інтенсивному розпушуванні (фізіації), і перехід до ресурсощадних та ґрунтовідновних, одна з яких система no-till-технології, – це світова тенденція [Д. Г. Поляков, Ф. Г. Бакиров, 2020]. Під системою no-till-технології сьогодні у світі знаходиться 125 млн

га, що становить 9% від усіх орних угідь. При цьому 42% площ розташовано в Південній Америці, 35% – у США і Канаді та 11,4% – в Австралії та Новій Зеландії. На частку України припадає 5,49 млн га, або 18,3% [1–4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За розрахунками вчених no-till-технології системи можуть запроваджуватися в Україні на площі 600–700

тис. га, а в перспективі до 1 млн га, оскільки рівноважна щільність будови орних ґрунтів у шарі 0–50 см на значних масивах земель Лісостепу перед проведенням основної обробки не перевищує $1,25 \text{ г/см}^3$, а тому чорноземи науковці вважають сприятливими в технологічному розумінні [5; 6]. На думку науковців, із 30 млн га ріллі в Україні на 6,4 млн га мінімізація обробки практично неможлива, на 5,10 млн га мають застосовуватися зональні технології з окремими елементами мінімізації, на 13,01 млн га – пропонується мінімальний обробіток, а на 5,49 млн га – нульовий. Один з основних принципів *no-till*-технології – це збереження та накопичення рослинних решток на полі, як джерела органічного вуглецю, які відіграють декілька важливих функцій – захищають ґрунт від нагрівання та втрати вологи, запобігають вітровій і водній ерозії, затримують сніг взимку на полях [7–10].

Стійкий ефект від використання системи *no-till*-технології проявляється при накопиченні мульчі певної маси на поверхні поля, що сприяє підвищенню вмісту вологи в ґрунті до певного рівня. Зі збільшенням маси мульчі від 1–2 т/га до 8–10 т/га скорочуються ерозійні втрати ґрунту та є дієвим способом підвищення вмісту ґрунтової вологи і зниження коефіцієнта водоспоживання культур [11; 12]. В умовах семиаридного клімату перед осіннім обробітком вологість ґрунту за оранки та мілкої розпушування була нижчою, ніж за *no-till*-технології 22,4% і 12,8% відповідно, а за 3 тижні після обробки вологість становила – 21,1% і 14,3%, що можна пояснити зниженням випаровування і підвищенням в 2,4 рази коефіцієнта фільтрації ґрунту завдяки збільшенню вертикальних макрошпарин [13].

За створення мульчі вологозбереження відзначають одразу, як на обробленому, так і на необробленому ґрунті. Виявлено, що вміст продуктивної вологи за *no-till*-технології вищий, ніж за обробку ґрунту: у 50% випадків, однаковий – у 35% і нижчий – у 15%, що пов'язано поліпшенням агрофізичних показників [14–17]. Вплив органічної мульчі на ґрунтові процеси полягає в поліпшенні параметрів, що забезпечують прояв його родючості, що пов'язано із надходженням додаткової кількості органічної речовини та захистом поверхні ґрунту [18; 19]. Негативні оцінки свідчать про ущільнення ґрунту за відсутності розпушування [15; 13], що зумовлено особливостями ґрунту, кліматичними умовами, недостатньою потужністю або невеликою тривалістю використання мульчі.

Дослідженнями фізичних властивостей ґрунтів за використання технології *no-till*-технології, показано,

що з 62 досліджень, які порівнювали *no-till*-технології і інтенсивний обробіток ґрунту, у 26 випадках не відбувалося достовірної зміни щільності, у 24 – спостерігали ущільнення, а у 12 випадках – відбувалося розпушування [14; 15]. У довгостроковому досліді щільність будови в орному шарі ґрунту за оранки становила $1,25 \text{ г/см}^3$, за мінімального обробки ґрунту – $1,24 \text{ г/см}^3$, у варіанті з *no-till*-технології – $1,29 \text{ г/см}^3$ [13], а у тривалому (23 роки) експерименті в Університеті Південної Дакоти (США) у варіанті *no-till*-технології показано зниження щільності ґрунту до глибини 60 см, порівняно з оранкою [20]. Додатковий розпушувачий ефект *no-till*-технології може проявлятися за довгоротаційних сівозмінах, порівняно з короткоротаційними або монокультурою [15; 20], а також за додаткового потрапляння органічної речовини на поверхню ґрунту, наприклад, за поживного посіву [15; 21–23].

Актуальність. Особливо актуально стоїть питання дослідження та розроблення енерго- та ресурсоощадних систем землеробства в Лісостепу України. Пріоритетною для сучасного землеробства є *no-till*-технологія, що передбачає відмову від обробки ґрунту, посів по стерні, застосування покривних культур і використання сівозміни. За *no-till*-технології посів проводиться без механічного впливу на ґрунт у поживні рештки, що утворюють мульчувачий шар, який зберігає вологу, захищає ґрунт від водної, вітрової ерозії та пилових бур, що особливо актуально в умовах недостатнього зволоження. Важливим залишається вивчення особливостей перебудови ґрунтових процесів та режимів у перші 3–4 роки переходу на систематичне застосування системи *no-till*-технології, як по беззмінній оранці, так довгостроковому поверхневому обробітку. Нерозуміння або при виникненні ризиків застосування *no-till*-технології у перші роки, відбувається дискредитація ідеї нульового обробки.

Мета. Встановити особливості впливу сформованого шару побічної продукції у вигляді мульчі на поверхні поля на зміну агрофізичного стану чорнозему та накопичення продуктивного запасу вологи в метровому шарі ґрунту у весняний період за переходу на систему *no-till*-технології після відмови від систематичної оранки та довгострокового поверхневого обробки в агроценозі 5-пільної зернової сівозміни в умовах центральної частини Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводилися на експериментальній базі Черкаської ДСГДС ННЦ «ІЗ НААН» в умовах польового стаціонарного досліді, який закладено в 2010 р. Ґрунтовий

покрив поля – чорнозем опідзолений сильнореградований малогумусний середньосуглинковий на карбонатному лесі. Уміст гумусу в орному горизонті 2,58–3,08% з глибиною він поступово зменшується і на глибині одного метра становить 0,96%. За нормативами агрофізичних показників, які відпрацьовано у попередні 5 років проведення досліджень, чорнозем опідзолений відповідає вимогам мінімізації обробітку та спеціальних сировинних зон біологізації землеробства. Дослідження проводилися в польовому стаціонарному досліді з вивчення продуктивності 5-пільної зерно-просапної сівозміни, яка включали: ячмінь ярий – горох – пшениця озима – соя – пшениця яра. Структура сівозміни: зернові – 60%, в. т. ч.: пшениця озима – 20%; ярі колосові – 40%; зернобобові (горох) – 20%; технічні (соя) – 20%. Схема польового стаціонарного досліді:

1 – Оранка – систематична від 10–12 до 22–25 см залежно від культури в сівозміні;

2 – Система нульового обробітку по перехідному мінімальному обробітку (2021р.) після систематичної оранки від 10–12 см до 22–25 см;

3 – Система нульового обробітку по поверхневому обробітку на 10–12 см 6 років;

4 – Поверхневий обробіток на 10–12 см 8 років.

Система удобрення: $N_{75}P_{65}K_{82}$ на гектар сівозмінної площі.

До 2021 р. дослідження проводилися в 5-пільній сівозміні: соя–ячмінь–буряки цукрові–соняшник–кукурудза.(зернові – 40%; технічні – 60%). Система обробітку: оранка в сівозміні від 22 см до 25 см. Систематичний поверхневий обробіток на 10–12 см з глибоким чизелюванням в 2016 р. Удобрення – $N_{75}P_{65}K_{82}$.

Кількість побічної продукції, пожнивних решток визначали рамочним методом за Н.З. Станковим (розмір рамки – $50,0 \times 50$ см²) та розрахунково за трансформованими рівняннями Ф. І. Левіна для визначення врожайності і побічної продукції [2017]. Аналізи зразків ґрунту, обліки та розрахунки проводилися відповідно до спеціальних методик: вологість – термогравіметричним методом за основними періодами росту культур (ДСТУ ISO 11465:2001); щільність складення (будови) – методом різальних кілець у модифікації Н. А. Качинського в періоди інтенсивного росту культур та в періоди формування врожаю (ДСТУ ISO 11272:2001); Структурно-агрегатний склад – ситовим методом у модифікації Н. І. Савінова (ДСТУ 4744:2007) та водостійкість ґрунтової структури за методом І. М. Бакшеева. Уміст загального гумусу – за

І. В. Тюрнім у модифікації М. В. Сімакова (ДСТУ 4289:2004).

Статистичні розрахунки результатів досліджень здійснювали за «Методом дисперсійного аналізу» з використанням програми «STATISTICA» методів статистики, кореляційного аналізу.

Результати та їх обговорення. Розрахунок виходу побічної продукції показав, що перед закладанням досліді з вивчення ефективності різних систем обробітку кількість побічної продукції, яка надійшла від попереднього етапу досліджень (2016–2020 рр.), становила за оранки 60,4 т (12,1 т/га) проти 57,1 т (11,4 т/га) за поверхневого обробітку (табл. 1). З врахуванням пожнивних решток та усієї побічної фітомаси надходження за оранки становило 65,5 т (13,1 т/га) та 85,2 т (17,0 т/га). За поверхневого обробітку надходження було меншим, а насичення органічною масою становило 12,7 т/га і 16,4 т/га.

За 2021–2022 рр. в умовах 5-пільної зернової сівозміни за оранки побічної продукції, надземної побічної фітомаси та загальної побічної продукції, включаючи коріння, надійшло 12,1 т, 16,0 т та 22,7 т/га, що відповідало 6,03 т/га, 8,02 т/га та 11,3 т/га відповідно. За поверхневого обробітку надходження органічної рослинної маси було меншим на неістотному рівні, а насиченість побічною продукцією становила 5,92 т/га, 7,88 т/га та 11,4 т/га, що майже на рівні оранки.

Загалом за 6 років досліджень (2016–2022 рр.) за оранки надійшло 72,5 т/га побічної продукції, 81,5 т/га – надземної фітомаси та 107,9 т/га побічної загальної фітомаси, що відповідало 12,1 т/га, 13,6 т/га і 17,9 т/га. За поверхневого обробітку надходження було меншим в 1,05, 1,03 та 1,03 раза відповідно, а насиченість рослинними рештками була на рівні оранки.

За шість років досліджень за оранки зазначені об'єми побічної продукції зароблялися у товщу 0–25 см, тоді як за поверхневого обробітку вся біомаса зароблялася у шар ґрунту 0–12 см. Наведені дані свідчать про те, що зазначена кількість побічної продукції достатня для переходу до системи *no-till*-технології, як за оранки, так і поверхневого обробітку.

За період 2021–2022 рр. за системи *no-till*-технології по оранці та поверхневому обробітку надходило 10,8–11,4 т, або 5,42–5,65 т/га. Кількість надземної побічної фітомаси за оранки була вища в 1,14 раза, а загальної побічної фітомаси становила за оранки 20,4 т (10,2 т/га) та 9,50 т (9,50 т/га).

За період 2016–2022 рр. за *no-till*-технології по оранці надійшло органічної маси 71, 2 т, 79,9 т та

Таблиця 1. Динаміка виходу складових загальної фітомаси залежно від системи обробітку чорнозему в 5-пільній зерновій сівозміні

Роки	Основна продукція	Побічна продукція, П	Надземна маса (П+пожнивні рештки)		***Коренева маса, т/га	Надземна маса +корені
			т/га			
Оранка						
2016–2020	62,3**	60,4**	65,5**		19,7 (23,1%)	85,2**
	12,5	12,1	13,1		3,5	17,0
2021–2022	8,92**	12,1**	16,0**		6,7	22,7**
	4,46	6,03	8,02		3,4	11,3
2016–2022	71,2**	72,5**	81,5**		26,4(24,5%)	107,9**
	11,9	12,1	13,6		6,0	17,9
Безполицевий мілкий обробіток						
2016–2020	60,8**	57,1**	63,4**		18,8 (22,8%)	82,2**
	12,2	11,4	12,7		3,76	16,4
2021–2022	8,76**	11,8**	15,8**		7,1	22,9**
	4,38	5,92	7,88		3,6	11,4
2016–2022	69,6**	68,8**	79,2**		25,9 (24,6%)	105,1**
	11,6	11,5	13,2		4,3	17,5
No-till-технології по оранці						
2016–2020	62,3**	60,4**	65,5**		19,7 (23,1%)	85,2**
	12,5	12,1	13,1		4,9	17,0
2021–2022	8,00**	10,8** (15,2%)*	14,4** (18,2%)*		6,0	20,4** (19,3%)*
	4,01	5,42	7,22		3,0	10,2
2016–2022	70,3**	71,2**	79,9**		25,7(24,3%)	105,6**
	11,7	11,9	13,3		4,3	17,6
No-till-технології по поверхневому обробітку						
2016–2020	60,8**	57,1**	63,4**		18,8(22,9%)	82,2**
	12,2	11,4	12,7		4,7	16,4
2021–2022	8,33**	11,2** (16,5%)*	12,8** (16,7%)*		6,2	19,0** (18,7%)*
	4,16	5,65	6,42		3,1	9,50
2016–2022	69,1**	68,3**	76,2**		25,0 (24,7%)	101,2**
	11,5	11,4	12,7		4,2	16,9

Примітка. *% від надходження за 2016–2022 рр.; **чисельник – вихід у тоннах; знаменник – т/га; *** Коренева маса – в дужках % від загальної надземної маси.

105,6 т, що відповідає 11,9 т/га, 13,3 т/га та 17,6 т/га, а за *no-till*-технології по поверхневому обробітку надходження побічної продукції по категоріях (табл. 1) було меншим на 2,9 т, 3,7 т та 4,4 т. Починаючи з 2021 р. частина побічної продукції за системи *no-till*-технології використовувалася для мульчування поверхні поля. За *no-till*-технології по оранці вилучення на мульчування становило 15,2–18,2% від загальної кількості,

тоді як за *no-till*-технології по поверхневому обробітку вилучення становило 16,5–16,7%.

Встановлено, що 5-пільна зернова сівозміна достатньо забезпечує побічною продукцією системи *no-till*-технології, як енергетичного матеріалу для відтворення гумусного та агрофізичного стану чорнозему опідзоленого, а пожнивні рештки на 2-й рік виконання встеляють поверхню поля на 80–90%.

Навесні було визначено загальний уміст гумусу в 0–30 см шарі чорнозему. У середньому в сівозміні в 0–20 см шарі ґрунту за систематичного поверхневого обробітку уміст гумусу був вищим на +0,07%, а на мінімальному обробітку – на +0,03%, що є достовірно вищим у першому випадку і недостовірно у другому відносно оранки. У шарі ґрунту 20–30 см закономірність зворотна. За оранки уміст загального гумусу був найвищим, а за поверхневого обробітку він був нижчим на 0,03%, що є достовірно нижчим. Середній уміст гумусу в 0–30 см шарі ґрунту був у межах недостовірної різниці і становив 2,83–2,85%.

За аналогічною закономірністю змінювався запас гумусу. У середньому за сівозміну за поверхневого обробітку в 0–20 см шарі гумусу було більше на 5 т/га, а за мінімального по оранці – на 3 т/га. У шарі ґрунту 20–30 см запас гумусу був у межах 30–32 т/га з тенденцією зростання за мінімізації обробітку. У цілому найвищим запас гумусу в 0–30 см шарі ґрунту був за систематичного поверхневого обробітку. За утримання перелогу запас гумусу в шарі ґрунту 0–20 см становив 85 т/га, 20–30 см – 40 т/га, а загалом в 0–30 см шарі – 125 т/га, що вище порівняно з оранкою на 25%, з мінімальним обробітком – на 26% та на 24% вище порівняно з систематичним поверхневим обробітком.

Упродовж 2020–2023 рр. вивчалась щільність будови у товщі 0–30 см за різних систем обробітку чорнозему опідзоленого, що дало можливість встановити, що за оранки у весняний період щільність будови у шарі ґрунту 0–20 см змінювалася у межах 1,06–1,18 г/см³. За поверхневого обробітку щільність становила 1,12–1,23 г/см³ (0–20 см) та 1,15–1,20 г/см³ (20–30 см). За системи *no-till*-технології по поверхневому обробітку щільність мала тенденцію до зростання, але не виходила за межі оптимальних значень (табл. 2).

У літній період за оранки відбувалося наростання щільності будови до значень 1,24–1,28 г/см³ (2022 р.). За поверхневого обробітку до 1,25–1,29 г/см³ (2022 р.). За системи *no-till*-технології ущільнення в літній період досягало 1,24–1,27 г/см³ (2022 р.). В осінній період щільність за оранки становила 1,15–1,29 г/см³ (0–20 см) та 1,16–1,38 г/см³. Крайні границі ущільнення були в 2022 р.

За поверхневого обробітку ущільнення за 2020–2023 рр. в осінній період сягало 1,12–1,29 г/см³ та 1,16–1,31 г/см³ відповідно, а за системи *no-till*-технології ущільнення в 2022 р. в осінній період становило

1,29–1,30 г/см³, що є нижньою межею оптимального ущільнення оброблюваного шару ґрунту.

За період осінь–весна 2022–2023 рр. за оранки розпушування оброблюваного шару ґрунту становило 0,11–0,19 г/см³ (активна фізіація оранкою), за поверхневого обробітку – 0,06–0,11 г/см³. За системи *no-till*-технології: 0,07–0,08 г/см³ (по оранці) та 0,05–0,11 г/см³ (по поверхневому обробітку). В умовах поверхневого обробітку та системи *no-till*-технології розпушування відбувається за рахунок набухання оброблюваного шару навесні, тоді як за оранки за рахунок активної фізіації інтенсивним обробітком, що формує пухку побудову орного шару.

Розрахунок кореляційних зв'язків між виходом побічної продукції та щільністю будови частин оброблюваного шару чорнозему (0–30 см) показав, що за оранки у весняний період між щільністю будови і кількістю заораної побічної продукції встановлено обернену сильну кореляцію ($R > 0,70$). У шарі ґрунту 0–20 см $R = -0,71 - 0,76 \pm 0,02$, а у товщі 20–30 см $R = -0,80 - 0,84 \pm 0,02$. У першому випадку коефіцієнт детермінації (R^2) становив $R^2 = 0,50 - 0,58$, а у другому $R^2 = 0,64 - 0,67$, що пов'язано з локалізацією органічної маси побічної продукції при обробітку. За поверхневого обробітку коефіцієнти кореляції для шару ґрунту 0–20 см зростали до $R = -0,83 - 0,87 \pm 0,02$, $R^2 = 0,69 - 0,75$, а у шарі ґрунту 20–30 см кореляція мала обернений сильний зв'язок на рівні $R = -0,72 - 0,79 \pm 0,02$, $R^2 = 0,52 - 0,62$, що пов'язано з локалізацією побічної продукції у товщі 0–20 см (табл. 3).

У літній період кореляційні зв'язки між щільністю та побічною продукцією за оранки досягали рівня оберненої сильної кореляції ($R = -0,83 - 0,88 \pm 0,02$, $R^2 = 0,69 - 0,77$) для усього оброблюваного шару 0–30 см, тоді як за поверхневого обробітку у шарі 0–20 см рівень кореляції становив $R = -0,84 - 0,90 \pm 0,02$, $R^2 = 0,71 - 0,81$, а у шарі ґрунту 20–30 см кореляція послаблювалася до $R = -0,77 - 0,79 \pm 0,02$, $R^2 = 0,59 - 0,62$, що пов'язано з локалізацією побічної продукції при загортанні та життєдіяльності кореневої системи у процесі наростання більшою мірою, ніж за оранки. В осінній період за оранки кореляція між щільністю та заробленою побічною продукцією послаблюється до середнього оберненого рівня в 0–20 см шарі ґрунту ($R = -0,62 - 0,66 \pm 0,02$, $R^2 = 0,38 - 0,44$), а у шарі ґрунту 20–30 см залишається на більш високому рівні, але з чітким послабленням відносно весняного періоду, що пов'язано з інтенсивною мінералізацією заробленої побічної продукції у попередній рік (табл. 3).

Таблиця 2. Сезонна та щорічна динаміка щільності будови оброблюваного шару залежно від системи обробітку ґрунту в агроценозі 5-пільної зернової сівозміни

Роки	Весна (на час посіву)		Літо (на час дозрівання)		Осінь (на час виконання основного обробітку під наступну культуру сівозміни)	
	Щільність будови, г/см ³					
	0–20 см	20–30 см	0–20 см	20–30 см	0–20 см	20–30 см
Оранка						
2020	1,12	1,17	1,09	1,14	1,15	1,16
2021	1,07	1,13	1,09	1,09	1,19	1,19
2022	1,06	1,15	1,24	1,28	1,29	1,38
2023	1,11	1,15	–	–	–	–
<i>No-till</i> -технології по оранці						
2020*	1,12	1,17	1,09	1,14	1,15	1,16
2021	1,12	1,15	1,13	1,13	1,18	1,28
2022	1,24	1,22	1,25	1,27	1,29	1,30
2023	1,23	1,25	–	–	–	–
Поверхневий обробіток						
2020	1,13	1,14	1,12	1,18	1,12	1,16
2021	1,12	1,15	1,13	1,14	1,14	1,21
2022	1,15	1,18	1,20	1,26	1,29	1,31
2023	1,23	1,20	–	–	–	–
<i>No-till</i> -технології по поверхневому обробітку						
2020*	1,13	1,14	1,12	1,18	1,12	1,16
2021	1,14	1,17	1,15	1,12	1,16	1,25
2022	1,24	1,24	1,24	1,27	1,30	1,32
2023	1,24	1,26	–	–	–	–
НІР₀₅	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03

Примітка. *2021 р. – мінімальний обробіток.

За поверхневого обробітку у шарі ґрунту 0–20 см рівень кореляції між щільністю та заробленою побічною продукцією був вищим проти оранки ($R=-0,76-0,82\pm 0,02$, $R^2=0,58-0,67$), а у шарі ґрунту 20–30 см зв'язок між параметрами послаблюється як проти оранки, так і весняних значень. Посилення зв'язку в осінній період слід віднести на посилену гуміфікацію побічної продукції у шарі ґрунту 0–20 см, а послаблення в 20–30 см шарі ґрунту з затуханням біологічних процесів і зниження активності кореневих систем культур в агроценозі.

При переході на систему *no-till*-технології по оранці та поверхневому обробітку в 0–20 см шарі ґрунту було зароблено 57,1–60,4 т (9,3–10 т/га) побічної продукції, 63,4–65,5 т загальної побічної біомаси

(10,5–10,9 т/га) та 82,6–85,2 т (13,8–14,2 т/га) загальної побічної фітомаси. В якості мульчі було залишено побічної продукції у кількості 5,42–5,65 т/га та 6,42–7,22 т/га відповідно до побічної продукції та загальної побічної біомаси, а у ґрунті активним резервом органічної речовини залишалася органічна коренева маса.

Розрахунок показав, що навесні між побічною продукцією та щільністю виявлено високий обернений кореляційний зв'язок $R=-0,81-0,89$, $R^2=0,66-0,79$ у шарі ґрунту 0–20 см та $R=-0,89-0,93$, $R^2=0,79-0,86$ у товщі 20–30 см. Улітку рівень кореляційних зв'язків зберігається на рівні $R=-0,81-0,87\pm 0,02$, а в осінній період зв'язок знижується до рівня $R<0,70$. Однак, кореляція між загальною побічною продукцією

Таблиця 3. Кореляційна залежність між виходом складових побічної продукції та щільністю будови залежно від системи обробітку в 5-пільній сівозміні

Весна		Літо		Осінь	
0–20 см	20–30 см	0–20 см	20–30 см	0–20 см	20–30 см
Оранка					
Побічна продукція, т/га					
–0,75	–0,71	–0,83	–0,85	–0,62	–0,79
Загальна надземна маса, т/га					
–0,76	–0,69	–0,84	–0,85	–0,63	–0,78
Загальна надземна маса +корені, т/га					
–0,71	–0,63	–0,87	–0,88	–0,66	–0,74
Поверхневий обробіток					
Побічна продукція, т/га					
–0,85	–0,76	–0,84	–0,77	–0,76	–0,80
Загальна надземна маса, т/га					
–0,83	–0,79	–0,86	–0,79	–0,79	–0,82
Загальна надземна маса +корені, т/га					
–0,87	–0,72	–0,90	–0,79	–0,82	–0,79
<i>No-till</i> -технології по оранці та поверхневому обробітку					
Побічна продукція, т/га					
–0,89	–0,89	–0,87	–0,81	–0,76	–0,77
Загальна надземна маса, т/га					
–0,81	–0,89	–0,87	–0,81	–0,77	–0,77
Загальна надземна маса +корені, т/га					
–0,84	–0,93	–0,84	–0,83	–0,71	–0,72

і щільністю будови залишається на оберненому сильному рівні $R > 0,80$.

Виявлено, що у перші роки застосування системи *no-till*-технології активним стабілізатором щільності будови є коренева маса культур і активність залучення побічної продукції мезофауною в 0–20 см шар ґрунту. За 2016–2022 рр. у оброблюваний шар чорнозему надійшло від 25,0 до 26,4 т, або від 4,2 до 4,4 т/га, що є 24,3–24,1 % від загальної надземної маси. За оранки маса коренів зароблялася в товщу 22–25 см, тоді як за поверхневого обробітку та систем *no-till*-технології залишалися в 0–12 см шарі ґрунту (табл. 1). У рівняннях регресії залежності між кореневою масою та щільністю від весни до осені коефіцієнти регресії становили 0,030–0,036 одиниць кореневої маси на 0,001 г/см³ зміни щільності будови, а у тій самій залежності між побічною продукцією та щільністю будови коефіцієнти регресії були меншими у 4,2–4,3 раза, що свідчить

про значну роль кореневої маси культур у сівозміні на рівень значень щільності будови у шарі ґрунту 0–30 см (рис.).

У весняний період коефіцієнт кореляції між щільністю будови і масою коренів був на рівні $R = -0,65 - 0,69 \pm 0,02$, $R^2 = 0,42 - 0,48$, а при наростанні кореневої маси улітку та восени кореляція зростала до рівня $R = -0,81 - 0,91 \pm 0,02$, $R^2 = 0,66 - 0,83$. Коефіцієнти детермінації в останньому випадку зросли в 1,57–2,5 раза, що свідчить про посилення ролі кореневої маси. Коефіцієнти кореляції та детермінації між побічною продукцією та щільністю будови більш високими були у весняний та літній періоди ($R^2 = 0,65 - 0,74$), а далі від літа до осені вплив побічної маси на поверхні поля знижував вплив на формування рівня щільності ґрунту у зв'язку з її мінералізацією. Зазначені зворотні закономірності впливу кореневої маси та побічної продукції є саморегулюючим механізмом стабілізації агрофізичного стану ґрунту.

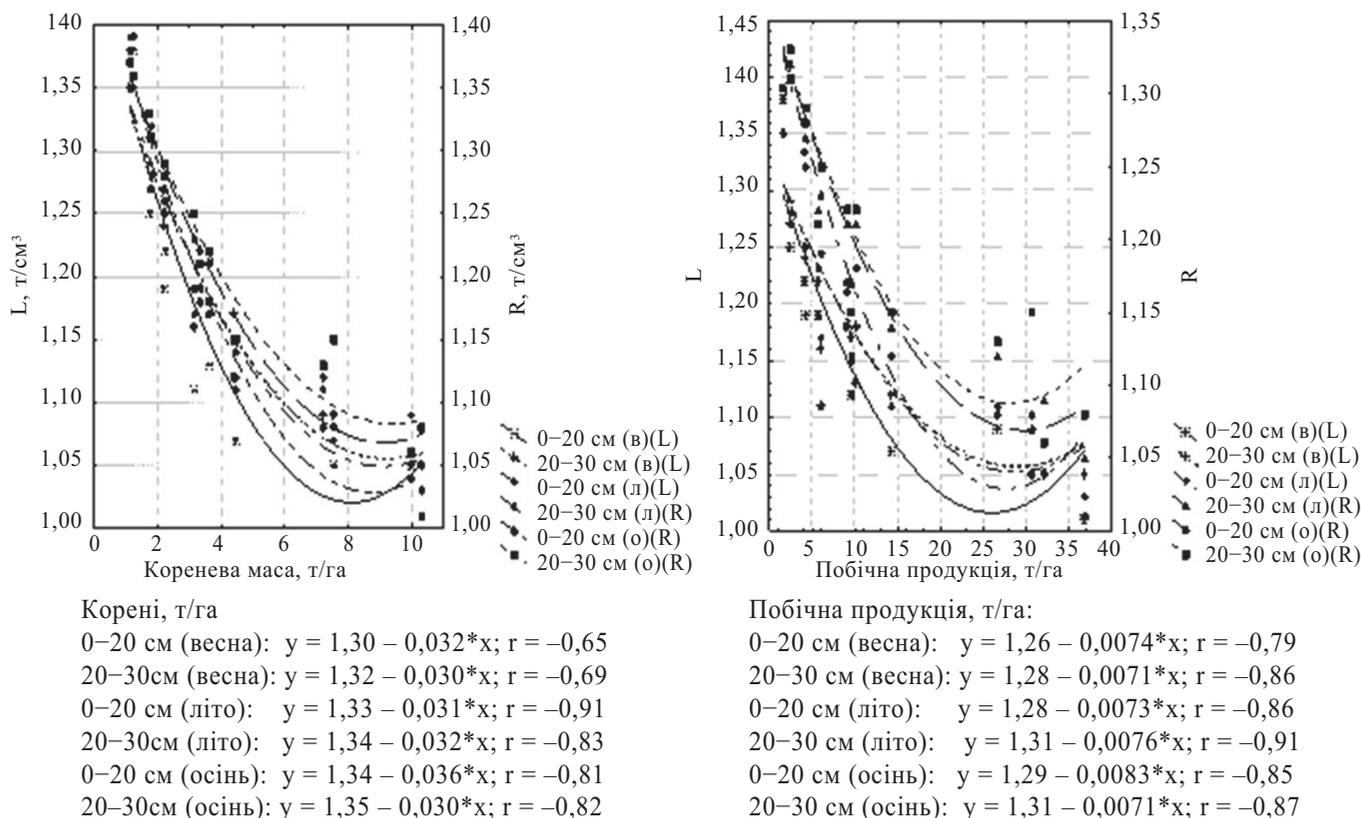


Рис. 1. Залежність між виходом кореневої маси, побічної продукції та щільністю будови 0–30 см шару ґрунту за системи no-till-технології

Встановлено, що за період виконання поверхневого обробітку уміст структурних окремоостей 3–0,5 мм був вищим на 2,0 %, їхній уміст зростає за рахунок зменшення вмісту окремоостей 0,5–0,25 мм, зростання вмісту окремоостей 7–5 мм та зниження вмісту окремоостей >7 мм на 3,6 %. Хоча характер розподілу структурних окремоостей практично не змінювався.

Визначення водостійкості структури в 0–30 см чорнозему показало, що кількість водостійких агрегатів >0,25 мм за поверхневого обробітку була вища в 1,2 раза відносно оранки і перехідного варіанта обробітку. Відповідно уміст цінних водостійких агрегатів (>3–0,5 мм) був більшим в 1,3 раза за рахунок зростання на 4,9–6,7% та зниження кількості агрегатів 0,5–0,25 мм на 2,8–5,4 %.

Розрахунок показав, що між середньозваженим діаметром водостійких агрегатів та складовими структурно-агрегатного складу виявлено прямий кореляційний зв'язок $R = +0,71 - 0,96 \pm 0,02$, тоді як з критерієм водостійкості зв'язок був оберненим на рівні $R = -0,67 - 0,71 \pm 0,02$. Аналогічно обернений зв'язок був встановлений між критерієм водостійкості та вмістом агрономічно-цінних водостійких агрегатів та вмістом найбільш цінних фракцій водостійких агрегатів (3–0,5 мм та 5–0,5 мм) на рівні $R = -0,65 - 0,72 \pm 0,03$.

Встановлено, що при покращенні водостійкості структури відбувається збільшення розміру середньозваженого водостійких агрегатів за зниження критерію водостійкості (Квд). Цей процес відбувається за рахунок укрупнення агрегатів розміром >1 мм, як це відбувається за поверхневого обробітку та системи no-till-технології, а за оранки обробітку утворюється більше агрегатів <1 мм, що впливало на накопичення продуктивного запасу вологи навесні.

У 2022 р. запас продуктивної вологи у метровій товщі за оранки та системи no-till-технології по поверхневому обробітку був на рівні 154–155 мм, а системи no-till-технології по оранці та поверхневому обробітку запаси вологи були достовірно нижчими. Тенденцію до більш кращого промочування метрової товщі виявлено за системи no-till-технології по поверхневому обробітку (табл. 4).

У умовах весни 2023 р. запас вологи у товщі 0–100 см за оранки та поверхневого обробітку був на рівні 155–157 мм, тоді як за системи no-till-технології по оранці та поверхневому обробітку запаси були вищими на 8–12 мм. Накопичення вологи спостерігалося по всіх складових шарах ґрунтової товщі.

При порівнянні весняних запасів вологи 2023 р. відносно 2022 р. виявлено, що за оранки у товщі 0–100 см

Таблиця 4. Динаміка формування весняних продуктивних запасів вологи в метровій товщі чорнозему залежно від системи обробітки в агроценозі 5-пільної зернової сівозміни

Глибина, см	Запас продуктивної вологи по роках, мм				± до оранки по обробітках, мм		± в 2023 р. до 2022 р.
	2020*	2021	2022	2023*	2022	2023	
1. Оранка							
0–20	30,0	45,0	25,0	30,0	–	–	+5,0
0–50	70,0	102,0	72,0	77,0	–	–	+5,0
50–100	62,0	94,0	82,0	80,0	–	–	–1,0
0–100	132,0	195,0	154,0	157,0	–	–	+3,0
2. <i>No-till</i> -технології по оранці							
0–20	30,0	38,0	26,0	34,0	+1,0	+4,0	+8,0
0–50	70,0	108,0	70,0	83,0	–2,0	+6,0	+13,0
50–100	62,0	97,0	76,0	83,0	–6,0	+1,0	+6,0
0–100	132,0	205,0	146,0	165,0	–8,0	+8,0	+19,0
3. Безполицевий мілкий обробіток							
0–20	37,0	39,0	29,0	35,0	0	–1,0	+4,0
0–50	75,0	99,0	73,0	75,0	–1,0	–2,0	+4,0
50–100	65,0	96,0	72,0	80,0	–10,0	–2,0	+7,0
0–100	140,0	195,0	145,0	155,0	–11,0	–2,0	+11,0
4. <i>No-till</i> -технології по поверхневому обробітку							
0–20	37,0	40,0	27,0	35,0	+2,0	+3,0	+6,0
0–50	75,0	105,0	75,0	82,0	+3,0	+5,0	+7,0
50–100	65,0	117,0	80,0	85,0	–2,0	+4,0	+5,0
0–100	140,0	215,0	155,0	169,0	+1,0	+12,0	+14,0
0–100 см							
НІР ₀₅	8,0	10,0	8,0	8,0	–	–	–

Примітка. На варіантах 2 та 4 мінімальний обробіток, як перехідний етап входження у систему *no-till*. * в 2023 р. запаси продуктивної вологи відібрано у останній декаді березня.

спостерігалася слабка тенденція до накопичення, а за поверхневого обробітку упродовж 7 років запас вологи у метровій товщі зріс на 10 мм з зростанням запасів вологи по складових шарах ґрунтової товщі. За системи *no-till*-технології по оранці запас вологи у метровій товщі відносно 2022 р. збільшився на 19 мм зі зростанням її запасу у складових шарах ґрунтової товщі +13 мм (0–50 см). Виконання *no-till*-технології по поверхневому обробітку забезпечило зростання запасу вологи у метровій товщі і досягло 14 мм.

Зростання запасів вологи у метровій товщі навесні за системи *no-till*-технології можна пояснити тим, що за 3 роки застосування в 0–30 см товщі формуються вертикальні ходи від життєдіяльності черв'яків та перегнивання коренів, які не руйнуються обробітком

за наявності на поверхні поля рослинної мульчі, що дозволило вже на 3 рік забезпечити ефективність у накопиченні ґрунтової вологи навесні. При розкопках ця морфогенетична ознака добре діагностується. За виконання системи *no-till*-технології по довгостроковому поверхневому обробітку зазначені вище морфогенетичні ознаки проявлялися більш контрастно порівняно з системою *no-till*-технології по оранці.

У 2023 р. кількість опадів за березень становила 28,4 мм (норма –38,4 мм) або 74% від норми. Кількість опадів за квітень – 94 мм (норма – 34 мм) 275% від норми. За березень-квітень атмосферні опади – 122 мм (норма 72,4 мм) або 169% від норми. Запаси продуктивної вологи у травні в товщі 0–100 см становили: 175 мм – оранка; 185 мм – *no-till*-технології

по оранці; 173 мм – поверхневий обробіток; 185 мм – *no-till*-технології по поверхневому обробітку. У початковий період застосування системи *no-till*-технології зростання запасів вологи становило 18,0–20 мм, а ефективність фіксації атмосферних опадів у весняний період становила 15-16%, проти запасів продуктивної за оранки і поверхневого обробітку 173–175 мм, що менше на 10–12 мм за аналогічної ефективності фіксації опадів.

Візуальний підрахунок навесні в 2023 р. дав змогу встановити наявність на поверхні поля за системи *no-till*-технології по поверхневому обробітку 100–120 ходів дощових на 1 м², тоді як за системи *no-till*-технології по оранці таких ходів було менше на 10–15%, що можна пояснити наявною «плужною підшовою» від довгострокової оранки, тоді як за 5 років попереднього поверхневого обробітку наявність «підшови» від колишньої оранки зникли.

Дослідження інших авторів показують, що за системи *no-till*-технології популяція дощових черв'яків була більшою у 2,6 рази порівняно з оранкою, а від сівби до збирання ячменю ярого відбувалося зменшення дощових черв'яків більше ніж у 9 разів, у той час як за нульового обробітку цей показник зменшився у 2,2 рази [25]. Для досягнення такої мети необхідно управляти поживними рештками за різних способів обробітку, що досягається за нульового обробітку [25; 26]. Дощові черв'яки забезпечують кращу інфільтрацію опадів у нижні шари ґрунту. При цьому здатні переробляти за добу до 0,5 т/га, забезпечуючи формування гумусу до 5 т/га [28; 29]. За результатами досліджень К. Чана [26; 27] чисельні зміни у популяції дощових черв'яків істотно залежали від інтенсивності обробітку ґрунту, а чисельність дощових черв'яків може зменшуватися у 2–9 разів [26].

Висновки

При переході від систематичної оранки та довгострокового поверхневого обробітку та системи *no-till*-технології в 5-пільній зерновій сівозміні вихід побічної продукції достатній для нормативного покриття поверхні поля шаром рослинної мульчі: від 75% до 90% залежно від культури в сівозміні, характер розподілу якої за поверхневого обробітку визначається якістю поверхневого обробітку в осінній період, а за системи *no-till*-технології подрібненням при збиранні та якістю роботи жатки комбайну.

Застосування системи *no-till*-технології у перші роки забезпечує навесні рівень щільності будови в 0–30 см шарі чорнозему в межах 1,23–1,24 г/см³ (по оранці) та 1,24–1,26 г/см³ (по поверхневому обробітку); в літній період щільність будови знаходилася в межах 1,25–1,27 г/см³, а в осінній період щільність будови не за межу критичних значень (1,30–1,32 г/см³), тоді як за оранки щільність досягає значень >1,35 г/см³. Розпушення чорнозему за період осінь–зима–весна за систем *no-till*-технології становила: 0,07–0,08 г/см³ та 0,05–0,11 г/см³ відповідно *no-till*-технології по оранці та поверхневому обробітку, тоді як за оранки за рахунок «фізіації» розпушення зростає до 0,11–0,19 г/см³.

За системи *no-till*-технології на 2–3 рік виконання в метровому шарі ґрунту накопичується продуктивної вологи на 8–12 мм більше відносно оранки, а відносно запасів в 2022 р. запас вологи в 2023 р. збільшився на +19,0 мм (після оранки) та на +14,0 мм (по поверхневому обробітку), що пов'язано з формуванням шару мульчі на поверхні поля та створення вертикальних ходів дощових черв'яків та вертикальних макрошпарин від перегнивання коріння, які не руйнуються інтенсивним обробітком.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bisen N., Rahangdale C.P. Crop residues management option for sustainable soil health in rise -wheat system: a review. *International Journal of Chemical Studies*. 2017. No. 5. P. 1038–1042. URL: https://www.researchgate.net/publication/318959582_residues_management_option_for_sustainable_soil_health_in_rise-wheat_sustem_a_review (accessed 05.12.2019).
2. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelehle A., Mayer J. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Front Plant Sci*. 2017. No. (8). P. 284. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284>.
3. Philippot L., Raaijmakers J.M., Lemanceau P., Van der Putten W.H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nat. Rev. Microbiol*. 2013. No. 11. P. 789–799. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro3109>.
4. Torma S., Vilček J., Lošak T., Kužel S., Martensson A. Residual plant nutrients in crop residues – an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil & Plant Science*. 2017. P. 358–366. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1406134>.
5. Примак І.Д., Панченко О.Б., Войтовик М.В., Карпенко В.Г., Левандовська С.М., Панченко І.А. Еволюція теоретичних і практичних основ переходу

- від полиневого до безполицевого і поверхневого та нульового обробітків ґрунту в Україні з середини першої половини 20 ст. до сьогодні. *Агробіологія*, 2. 2018. С.6–17.
6. Медведєв В.В. Нульовий обробіток ґрунту в європейських країнах. Харків: ТОВ “ЕДЕНА”, 2010. 202 с.
 7. Танчик С.П. No-till і не тільки Сучасні системи землеробства. Київ: Юнівест Медіа, 2009. 160 с.
 8. Yasnolob, I. O., Pysarenko, V. M., Чайка, Т. О., Gorb, O. O., Pestsova-Svitalka, O. S., Kononenko, Zh. A., & Pomaz, O. M. Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. 8 (2). P. 280–286. doi: 10.15421/2018_339.
 9. Косолап М.П. Система земледелия NO-TILL. Київ, 2011. 372 с.
 10. Кроветто К.К. No-till. Взаимосвязь между No-till, растительными остатками, питанием растения и почвы. Днепропетровск, 2007. 235 с.
 11. Манушкіна Т. М., Дробітько А. В., Качанова Т. В. та ін. Екологічні особливості технології *No-till* в умовах південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 4 С. 47–53. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-4(108).
 12. В. М. Дудченко, О. П. Кротінов, М. П. Косолап, М. Ф. Іванюк, Щільність ґрунту за нульової технології обробітку (No-till). *Корми і кормовиробництво*. 2014. Вип. 79. С.28–34.
 13. Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semi-arid region with a cool climate / Z. Gozubuyuk, U. Sahin, I. Ozturk et al. *CATENA*. 2014. No. 118. P. 195–205. doi:10.1016/j.catena.2014.01.006.
 14. Mulumba L. N., Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*. 2008. Vol. 98. No. 1. P. 106–111. doi:10.1016/j.still.2007.10.011.
 15. Blanco-Canqui H., Ruis S. J. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*. 2018. Vol. 326. P. 164–200. doi:10.1016/j.geoderma.2018.03.011.
 16. Bhatt R., Khera K. L. Effect of tillage and mode of straw mulch application on soil erosion in the submontaneous tract of Punjab, India. *Soil and Tillage Research*. 2006. Vol. 88. No. 1-2. P. 107–115. doi:10.1016/j.still.2005.05.004.
 17. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China / S. X. Li, Z. H. Wang, S. Q. Li et al. *Agricultural Water Management*. 2013 Vol. 116. P. 39–49. doi:10.1016/j.agwat.2012.10.004.
 18. Vach M., Hlisnikovsky L., Javurek M. The Effect of Different Tillage Methods on Erosion. *Agriculture (Pol'nohospodarstvo)*. 2018. Vol. 64. No. 1. P. 28–34. doi: 10.2478/agri-2018-0003.
 19. Kibet L. C., Blanco-Canqui H., Jasa P. Long-term tillage impacts on soil organic matter components and related properties on a Typic Argiudoll. *Soil and Tillage Research*. 2016. No. 155. P. 78–84. doi:10.1016/j.still.2015.05.006.
 20. Soil Organic Carbon Changes Impacted by Crop Rotational Diversity under No-Till Farming in South Dakota, USA / Alhameid A., Ibrahim M., Kumar S. et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2017. Vol. 81. No. 4. P. 868. doi:10.2136/sssaj2016.04.0121.
 21. Addition of Cover Crops Enhances No-Till Potential for Improving Soil Physical Properties / H. Blanco-Canqui, M. M. Mikha, D. R. Presley et al. *Soil Science Society of America Journal*. 2011. Vol. 75. No. 4. P. 1471. doi:10.2136/sssaj2010.0430.
 22. Olson K., Ebelhar S. A., Lang J. M. LongTerm Effects of Cover Crops on Crop Yields, Soil Organic Carbon Stocks and Sequestration. *Open Journal of Soil Science*. 2014. No. 4. P. 284–292. doi:10.4236/ojss.2014.48030.
 23. Медведєв В.В., Лактіонова Т.М. Ґрунтово-технологічні вимоги до ґрунтообробних знарядь і ходових систем машинно-тракторних агрегатів. Харків: КП «Друкарня № 13», 2008. 68 с.
 24. Танчик С.П., Одарченко О.М. Вплив «нульового» обробітку ґрунту на кількість дощових черв'яків у посівах ячменю ярого Правобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. №3. С.25–27.
 25. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont / [Hendrix P., Mueller B., Bruce R. and others]. *Soil Biology and Biochemistry*. 1992. №24. P. 1357–1361.
 26. Chan K. Y. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity: implications for functioning in soils. *Soil Tillage Research*. 2001. №57. P. 179–191.
 27. Curry J. P. Intensive cultivation can drastically reduce earth worm populations in arable land / J. P. Curry, D. Byrne, O. Schmidt. *European Journal of Soil Biology*. 2002. №38. P. 127–130.
 28. Edwards C. A. Earthworm Ecology. Boca Raton : CRC Press, 2004. 456 p.
 29. Грідчин В. Т. Его величество – червячок: матеріали міжнар. семінару «Практичне природне землеробство: якість продукції, ефективність, перспективи» (листопад 2013 р.). Мелітополь, 2013. С. 144–146.

REFERENCES

1. Bisen N., Rahangdale C.P. (2017). Crop residues management option for sustainable soil health in rise -wheat system: a review. *International Journal of Chemical Studies*, 5, 1038–1042. URL:https://www.researchgate.net/publication/318959582_residues_management_option_for_sustainable_soil_health_in_rise-wheat_sistem_a_review (accessed 05.12.2019) [in English].
2. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelehle A., Mayer J.(2017). Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Front Plant Sci.*, (8), 284. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284> [in English].
3. Philippot L., Raaijmakers J.M., Lemanceau P., Van der Putten W.H. (2013). Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nat. Rev. Microbiol.*, 11, 789–799. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro3109> [in English].
4. Torma S., Vilček J., Lošák T., Kužel S., Martensson A. (2017). Residual plant nutrients in crop residues – an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil & Plant Science*, 358–366. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1406134> [in English].
5. Primak I.D., Panchenko O.B., Vojtovik M.V., Karpenko V.G., Levandovs'ka S.M., Panchenko I.A. Evolyuciya teoretichnih i praktichnih osnov perekhodu vid polinevogo do bezpolicevogo i poverhnevogo ta nul'ovogo obrobittkiv rruntu v Ukraïnv z seredini pershoï polovini 20 st. do s'ogodennya. *Agrobiologiya*, 2, 6–17 [in Ukrainian].
6. Medvedev V.V. (2010). Nul'ovij obrobittok rruntu v Ėvropijs'kih kraïnah. Harkiv:TOV“EDENA”. 202 p. [in Ukrainian].
7. Tanchik S.P. (2009). No-till i ne til'ki Suchasni sistemi zemlerobstva. K.:Yunivest Media. 160 p. [in Ukrainian].
8. Yasnolob, I. O., Pysarenko, V. M., Chayka, T. O., Gorb, O. O., Pestsova-Svitalka, O. S., Kononenko, Zh. A., & Pomaz, O. M. (2018). Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8, (2), 280–286. doi: 10.15421/2018_339 [in English].
9. Kosolap M.P. (2011). Sistema zemledeliya NO-TILL. K. 372 p. [in Ukrainian].
10. Krovetto K.K. (2007). No-till. Vzaimosvyaz' mezhdū No-till, rastitel'nymi ostatkami, pitaniem rasteniya i pochvy. Dnepropetrovsk. 235 p. [in Ukrainian].
11. Manushkina T. M., Drobit'ko A. V., Kachanova T. V. ta in. (2020). Ekologichni osoblivosti tekhnologii No-till v umovah pivdenного Stepu Ukraïni. *Visnik agrarnoi nauki Prichornomor'ya*, 4, 47–53. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-4(108). [in Ukrainian].
12. V. M. Dudchenko, O. P. Krotinov, M. P. Kosolap, M. F. Ivanyuk (2014). Shchil'nist' rruntu za nul'ovoï tekhnologii obrobittku (No-till). *Kormi i kormovirobnictvo*, 79, 28–34 [in Ukrainian].
13. Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semi-arid region with a cool climate (2014). Z. Gozubuyuk, U. Sahin, I. Ozturk et al. *CATENA*, 118, 195–205. doi:10.1016/j.catena.2014.01.006 [in English].
14. Mulumba L. N., Lal R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research.*, 98, 1, 106–111. doi:10.1016/j.still.2007.10.011 [in English].
15. Blanco-Canqui H., Ruis S. J. (2018). No-tillage and soil physical environment. *Geoderma*, 326, 164–200. doi:10.1016/j.geoderma.2018.03.011 [in English].
16. Bhatt R., Khera K. L. (2006). Effect of tillage and mode of straw mulch application on soil erosion in the submontaneous tract of Punjab, India. *Soil and Tillage Research.*, 88, 1-2, 107–115. doi:10.1016/j.still.2005.05.004 [in English].
17. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China (2013). S. X. Li, Z. H. Wang, S. Q. Li et al. *Agricultural Water Management*, 116, 39–49. doi:10.1016/j.agwat.2012.10.004 [in English].
18. Vach M., Hlisnikovskiy L., Javurek M. (2018). The Effect of Different Tillage Methods on Erosion. *Agriculture (Pol'nohospodarstvo)*, 64, 1, 28–34. doi: 10.2478/agri-2018-0003 [in English].
19. Kibet L. C., Blanco-Canqui H., Jasa P. (2016). Long-term tillage impacts on soil organic matter components and related properties on a Typic Argiudoll. *Soil and Tillage Research.*, 155, 78–84. doi:10.1016/j.still.2015.05.006 [in English].
20. Soil Organic Carbon Changes Impacted by Crop Rotational Diversity under No-Till Farming in South Dakota, USA (2017). Alhameid A., Ibrahim M., Kumar S. et al. *Soil Science Society of America Journal*, 81, 4, 868. doi:10.2136/sssaj2016.04.0121 [in English].
21. Addition of Cover Crops Enhances No-Till Potential for Improving Soil Physical Properties (2011). H. Blanco-Canqui, M. M. Mikha, D. R. Presley et al. *Soil Science Society of America Journal*, 75, 4, 1471. doi:10.2136/sssaj2010.0430 [in English].
22. Olson K., Ebelhar S. A., Lang J. M. (2014). Long Term Effects of Cover Crops on Crop Yields, Soil Organic Carbon Stocks and Sequestration. *Open Journal of Soil Science*, 4, 284–292. doi:10.4236/ojss.2014.48030 [in English].
23. Medvedev V.V., Laktionova T.M. (2008). Truntovo-tekhnologichni vimogi do rruntoobobnih znaryad' i hodovih sistem mashinno-traktornih agregativ. Harkiv: KP «Drukarnya № 13». 68 p. [in Ukrainian].

24. Tanchik S.P., Odarchenko O.M. (2016). Vpliv «nul'ovogo» obrobittu gruntu na kil'kist' doshchovih cherv yakiv u posivah yachmenyu yarogo Pravoberezhno-go Lisostepu Ukraïni. *Visnik Poltav's'koï derzhavnoi agrarnoi akademii*, 3, 25–27 [in Ukrainian].
25. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont (1992). [Hendrix P., Mueller B., Bruce R. and others]. *Soil Biology and Biochemistry*, 24, 1357–1361 [in English].
26. Chan K. Y. (2001). An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity: implications for functioning in soils. *Soil Tillage Research*, 57, 179–191 [in English].
27. Curry J. P. (2002). Intensive cultivation can drastically reduce earth worm populations in arable land. *European Journal of Soil Biology*, 38, 127–130.
28. Edwards C. A. (2004). Earthworm Ecology. Boca Raton : CRC Press. 456 p. [in English].
29. Gridchin V. T. (2013). Ego velichestvo – chervyachok : materiali mizhnar. seminaru [«Praktichne prirodne zemlerobstvo: yakist' produkciï, efektyvnist', perspektivi»] (listopad 2013 r.). Melitopol'. P. 144–146 [in Ukrainian].

Demydenko O.V., Zadubynna E.V.

Efficiency of by-products under no-till system in the first years of application

Aim. To determine the special effects of the formed layer of by-products in the form of mulch on the field surface on the change of agrophysical state of chernozem and accumulation of productive moisture reserves in the one-metre soil layer in spring after the transition to No-till system after abandoning systematic ploughing and long-term surface tillage in the agrocenosis of 5-field grain crop rotation in the central part of the Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, mathematical methods, comparative and calculation methods. **Results.** When switching from systematic ploughing and long-term surface tillage in a 5-field grain crop rotation, the yield of by-products is sufficient for the standard coverage of the field surface with a layer of plant mulch, which allows covering the field surface from 75% to 90%, depending on the crop in the crop rotation. The use of the No-till system in the early years ensures a level of soil density in the 0-30 cm layer of black soil in the range of 1.23–1.24 g/cm³ (for ploughing) and 1.24–1.26 g/cm³ (for surface tillage); in summer, the structure density was in the range of 1.25–1.27 g/cm³, and in autumn, the structure density did not exceed the critical values (1.30–1.32 g/cm³), while in ploughing, the density reached values >1.35 g/cm³. Loosening of chernozem for the period autumn-winter-spring under no-till systems was: 0.07–0.08 g/cm³ and 0.05–0.11 g/cm³ respectively for No-till ploughing and surface tillage, while for ploughing due to “physicalisation”, the loosening increased to 0.11–0.19 g/cm³. Under the No-till system, in the 2-3rd year of implementation, 8-12 mm more productive moisture is accumulated in the one-metre soil layer compared to ploughing, and relative to the reserves in 2022, the moisture reserve in 2023 increased by +19.0 mm (after ploughing) and +14, 0 mm (after surface tillage), which is due to the formation of a mulch layer on the field surface and the creation of vertical earthworm passages and vertical macropores from root decay, which are not destroyed by intensive tillage. **Conclusions.** When switching to the No-till system in a 5-field grain crop rotation, leaving the by-products to create a mulch cap on the field surface in the amount of 5.40-5.65 t/ha; total aboveground mass - 6.42-7.22 t/ha and total by-product phyto mass 9.50–10.2 t/ha provides optimal values of the structure density of 0-30 cm of the black soil layer in seasonal and annual measurements and forms more efficient conditions for moisture accumulation for 2-3 years of the No-till system application.

Key words: ploughing, surface tillage, structure density, productive moisture, soil temperature, humus.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Демиденко О.В., доктор сільськогосподарських наук, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН України», e-mail: agrogumys@ukr.net, тел. 0667039409, ORCID: 0000-0002-5334-1154.

Задубинна Є.В., кандидат сільськогосподарських наук, Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: liza_zadubinna@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9428-5603.

Demydenko O.V., Doctor of Agriculture of sciences, Cherkasy State Agricultural Research Station of the National Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine», e-mail: agrogumys@ukr.net, ph. 0667039409, ORCID: 0000-0002-5334-1154.

Zadubynna Ye.V., Candidate of agricultural sciences, Panfily Research Station of the National Scientific Center “Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine”, e-mail: liza_zadubinna@ukr.net, ORCID : 0000-0002-9428-5603.

Надійшла 15.12.2023

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ ПИРІЮ ПРОМІЖНОГО (*THINOPYRUM INTERMEDIUM*) ДЛЯ ЗЕРНОВИХ ТА КОРМОВИХ ЦІЛЕЙ В УКРАЇНІ

В. Кургак¹, Т. Крюз², Р. Ворнер², Л. Сарунайге³,
М. Ткаченко¹, Л. Коломієць¹, А. Ткаченко¹, І. Неймет¹

¹ ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

² Інститут землі, Міжнародна ініціатива (Саліна, США)

³ Литовський науково-дослідний центр сільського та лісового господарства (Литва)

Мета. Узагальнення літературних джерел та ознайомлення наукової спільноти та агровиробників про багаторічну культуру різного призначення, а також у необхідності проведення досліджень із вивчення технологічних аспектів вирощування пирію середнього або проміжного під торговою маркою *Kernza*® в Україні. **Методи.** Загальнонаукові – аналізу та синтезу, аналогії та узагальнення наукових літературних джерел та практики. **Результати.** Багаті глибокі чорноземні ґрунти України сформувалися під впливом різноманітної багаторічної трав'яної рослинності. Перетворення екосистем пасовищ на однорічні зернові започаткувало процес деградації ґрунту, який триває донині. Це пояснюється тим, що припинення вегетації, необхідної для посіву однорічних культур, призводить до нестійких рівнів ерозії ґрунту, втрати органічної речовини ґрунту, вимивання поживних речовин, зменшення дощової інфільтрації та менш функціонального мікробіому ґрунту. В останні десятиліття дослідники в США та дедалі більше в усьому світі почали вирощувати багаторічні зернові культури, які мають потенціал, щоб зменшити деградацію ґрунту, пов'язану з однорічними зерновими культурами. Однією з найбільш перспективних багаторічних рослин, що розробляються, є зернова та фуражна культура подвійного призначення, отримана з проміжного пирію *IWG (Thinopyrum intermedium (Host) Barkworth & DR Dewey)*. Зерно від *IWG* відоме під торговою назвою *Kernza*®. У цьому дослідженні описано роль *Kernza*, пов'язану з навколишнім середовищем і харчовими продуктами, включаючи історію його розвитку та поширення в США та в усьому світі, її внесок у гарантуванні якості навколишнього середовища та продовольчу безпеку, конкретні аспекти технології вирощування пирію проміжного та обґрунтування його розширення в Україні. Унікальне поєднання клімату, ґрунтів та аграрної культури позиціонує Україну як потенційного лідера у відновлювальному переході до багаторічного землеробства. **Висновки.** Сорти пирію проміжного *Kernza (Thinopyrum intermedium (Host) Barkworth & DR Dewey)* є новою перспективною багаторічною зерновою культурою, яка заслуговує всебічного вивчення та поширення в умовах України. Необхідні додаткові дослідження в Україні для розробки сортів *Kernza*, адаптованих для ґрунтів та клімату України, та визначення кращих агрономічних практик вирощування *Kernza* в різних регіонах країни.

Ключові слова: бобові, злакові, середовище, зерно, корм, *Kernza*, пирій проміжний.

Вступ. Дослідження в Україні свідчать, що на дисбаланс просторово-функціональної організації агроландшафтів істотно впливає надмірна обробка земель [1]. За останні два століття українські комплексні лучні, лісові та болотні екосистеми Степу, Лісостепу та Полісся були перетворені на орні землі [2], що

призвело до втрати екосистем, структури ґрунту, ґрунтового вуглецю, порушення кругообігу води та поживних речовин, забруднення ґрунту та води, а також викидів парникових газів, які сприяють глобальній зміні клімату. Сьогодні в Україні триває екологічний спад, де на орних землях переважають щорічні системи

виращування, які регулярно обробляють синтетичними добривами та хімічними засобами захисту рослин. За даними ФАО [3], 4,5 млн га орних земель в Україні уражені від середньої до сильної ерозії. Водна ерозія вражає понад 10 млн га орних земель. Вітрова ерозія на орних землях особливо сильна в південному степовому регіоні. Втрата і деградація ґрунтів, зростає й може погіршитися під впливом глобальної зміни клімату. Додаючи до цих давно відомих проблем негативні наслідки війни на ґрунтах України. Dent et al. та ін. [4] визначили райони України, де сільськогосподарські хімікати, зокрема азот, забруднюють поверхневі та підземні води, що негативно впливає на здоров'я людини й завдає шкоди водним екосистемам. За даними Міністерства охорони навколишнього природного середовища та природних ресурсів України, сільське господарство становить 13% річних викидів парникових газів в Україні [5].

Збільшення використання для практики сталого сільського господарства багаторічних культур може зменшити негативний вплив сільського господарства, а в деяких випадках може скасувати минулі збитки. *No-till*-технології, додавання однорічних покровних культур і багаторічних рослин до сівозмін, а також збільшення площі непорушених земель, зокрема пасовищ та лісів сприяє покращанню екологічних показників сільського господарства. Ці практики мінімізують порушення ґрунту; максимізують час, протягом якого ґрунт покритий рослинністю та пронизаний живим корінням; і часто може вимагати менше хімічних речовин, ніж традиційні однорічні системи вирощування культур [1].

Багаторічні зернові культури давно визнані особливою перспективною складовою майбутньої сільськогосподарської системи [6]. Використання багаторічних зернових, бобових та олійних культур є зміною парадигми сучасного сільського господарства; вони можуть відігравати вирішальну роль у створенні стійких продуктивних агроекосистем. Crews et al. [7] описують екологічні та соціальні переваги агроекосистем, де переважають багаторічні культури, і протиставляють їх проблемам щорічних систем вирощування. Вони припускають, що сільське господарство можна переробити на основі багаторічних культур і багаторічних полікультур, які краще імітують природні екосистеми. З огляду на екологічний мінімум, площа незайманих земель в Україні повинна становити 50% всіх сільськогосподарських угідь. Зокрема, площа під багаторічною трав'янистою

рослинністю (луки та багаторічні культури) має бути збільшена до 30% [1; 8; 9].

Вона тісно узгоджується з українськими принципами сталого розвитку та раціонального землекористування [9; 10]. Щоб будь-яка з цих нових багаторічних культур була успішною, вони мають відповідати соціальним, екологічним та економічним очікуванням [4].

Все це свідчить про необхідність ознайомлення громадськості про культуру, розширення досліджень і розробок щодо вирощування *Kernza* в різних ґрунтово-кліматичних умовах в Україні для виробництва зерна і кормів, екологічних та економічних вигод.

Мета досліджень полягає в необхідності огляду літератури та ознайомлення наукової спільноти та агровиробників про багаторічну культуру різного призначення, а також проведення досліджень із вивчення технологічних аспектів і можливості вирощування пирію середнього або проміжного під торговою маркою *Kernza*® в різних ґрунтово-кліматичних умовах України на зерно, трав'яні корми і для поліпшення довкілля.

Kernza дослідження та розвиток

Походження *Kernza* (рис. 1): *Kernza* – це назва зерна, зібраного з проміжного пирію (*Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & D. R. Dewey). Проміжний пирій (IWG) родом із Південної Центральної Азії через Південну Європу, включаючи Україну, де вид часто згадується як *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski. Перед початком робіт із селекції зерна селекціонери відбирали сорти IWG як високоякісну кормову культуру. Україна має довгу історію селекції та використання кормових сортів IWG, у тому



Рис. 1. *Thinopyrum intermedium*, сорт *Kernza* (Інститут землі)

числі вітчизняних адаптованих сортів, як-от Хорс, Дірос, Ростислав [12]. Кормові сорти IWG широко використовуються в Північній Америці. Пирій проміжний та інші види пирію застосовують у селекції пшениці для поліпшення сортів пшениці [13; 14].

Проміжний пирій отримав користь від понад 30 років селекційних зусиль для покращання виробництва зерна [13]. Науково-дослідний центр Rodale у Пенсильванії, Сполучені Штати Америки, почав розводити IWG як зернову культуру в 1989 р. Насіння з цієї роботи було передано Земельному інституту, який розпочав сучасну програму селекції Kernza у 2003 р. під керівництвом Лі Де Хаана [15].

Програми розведення Kernza та результати: методи розведення та результати спостереження програм розведення Kernza описані Vajgain та ін. [13]. Підсумовуючи, з 2003 по 2016 рр. було завершено шість циклів розмноження, названих TLI Cycle 1 – TLI Cycle 6. Відносно довгий проміжок часу між циклами розмноження відображає багаторічну природу виду, вимоги до яровизації, необхідність спостерігати за ознаками дорослих рослин і зробити нові схрещення в наступні роки.

У 2017 р. програма розведення TLI Kernza здійснила процес геномної селекції. Vajgain et al. [13] надають детальний опис методів селекції. Геномна стратегія відбору можлива частково тому, що геном IWG був секвенований. У геномній селекції генетичні оцінки розсади використовуються для відбору рослин із бажаними ознаками. Обрані рослини вирощують до зрілості і розмножують для створення наступного циклу. Ця стратегія скоротила цикл розмноження до одного року. TLI досягла циклу 10 у 2020 р. та циклу 13 у 2023 р. Використовуючи примусову яровизацію та теплиці для проведення досліджень цілий рік, TLI працює над двома циклами розведення на рік.

Програма селекції TLI обирає передусім підвищення врожайності (яке виражено масою насіння та врожайністю на колос), вільний обмолот (голонасіння) та зменшення осипання (рис. 2). Дані від TLI-циклу 1 до TLI циклу 8 показали, що врожайність зросла більш ніж на 200%, вільний обмолот підвищився майже на 400%, а осипання зменшилося на 36% [13]. Базуючись на поточних темпах прогресу та здійснюючи один селекційний цикл на рік, Vajgain та ін. [13], прогнозують, що через 23–33 роки сорти Kernza можуть досягти врожайності зерна, порівняно з пшеницею в Канзасі, США, у 2825 кг/га. Якщо

цикл розведення завершується двічі на рік, ми можемо досягти цих результатів раніше.

Програми розведення Kernza також ведуться в США в Університеті Міннесоти, який виробляє сорт Kernza MN-Clearwater, де вперше створено харчовий сорт Kernza [16]. Спостереження у Службі досліджень сільського господарства Міністерства сільського господарства США зосереджені на виробництві кормів та подвійного призначення на зерно та корми для напівпосушливих земель. Є також програми розведення Kernza в Канаді, в Університеті Манітоби, в Швеції в Університеті сільськогосподарських наук - Уппсала, і в Україні – в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН у Вінниці. Всі ці програми почалися з насіння, наданого TLI або отриманого з програми розведення TLI Kernza.

Вирощування Kernza. Дослідники і фермери в США розробили і задокументували технології вирощування Kernza. Tautges [17] надає синтез результатів цих досліджень у поєднанні зі знаннями виробників Kernza, які ми підсумовуємо в цьому дослідженні. Kernza має потребу в яровизації. Більшість виробників сіють Kernza восени і збирають перший урожай зерна наступного пізнього літа. Культури, висаджені навесні, навряд чи дадуть зерно в перший рік. Як комерційна зернова культура, Kernza зазвичай вирощується з міжряддям 6 або 7,5 дюймів (15 або 19 см). Дослідники виявили, що існують компроміси між міжряддям і стабільністю середньої врожайності зерна пшениці за роки вирощування. Врожайність



Рис. 2. Зерно сорту Kernza 704 (Інститут землі)

зернових нинішніх сортів Kernza зазвичай знижується починаючи з третього року. Збільшення ширини ряду до 12 або навіть 24 дюймів (30 або 61 см) зменшує конкуренцію між рослинами, мінімізує вилягання і продовжує продуктивний термін служби культури до чотирьох років за вирощування на зерно.

Рекомендована норма висіву насіння Kernza становить 10–8 фунтів на акр [17]. Оптимальна норма висіву залежить від різних чинників, як-от міжряддя та агроекологічні умови. Високі норми висіву запропоновано для більш вузьких міжрядь і при низькопродуктивних агроекосистемах, як-от органічне виробництво. У США на Середньому Заході та Північному Сході, з відносно надійними опадами, Kernza зазвичай висаджують наприкінці літа до початку осені. У напівпосушливих регіонах із недостатніми осінніми опадами весняна посадка може бути кращим варіантом [17].

Для продуктивності Kernza необхідні мінеральні або органічні добрива. Контроль бур'янів важливий для вирощування Kernza, особливо в перший рік. Багаторічні бур'яни, якщо їх не усунути вчасно, можуть стати проблемою в наступні роки. У широкорядних посівах міжрядний обробіток відіграє важливу роль у боротьбі з бур'янами, особливо в контексті органічного землеробства. Хвороби не були серйозною проблемою для виробництва Kernza у Сполучених

Штатах Америки. Однак це може змінитися зі збільшенням виробництва, оскільки Kernza буде засіяно більше землі та полів. Kernza сприйнятлива до фузаріозної кореневої гнилі, кореневої гнилі та фітофтору. Врожайність зерна нинішніх сортів Kernza, як правило, найвища в перший рік і знижується з віком стояння [18]. Випробування сорту Kernza MN-Clearwater дали 696 кг/га в середньому протягом двох років [16]. Ці випробування показали в середньому 77% зниження врожайності в третьому році. Дослідження на піщаних ґрунтах у Міннесоті, Kernza дало 845, 434, 222 кг/га [19]. В Україні Вунайев et al. [20] виявили, що Kernza виробляла на 33% більше насіння за сухою вагою, в середньому протягом трьох років, ніж сорт кормів IWG Hors.

Фермерам, які нині працюють із дрібним зерном і насінням олії, буде нескладно вирощувати сорти Kernza (рис. 3). Обладнання для обробки, посадки, збирання та зберігання дрібного зерна часто можна пристосувати для виробництва Kernza. Затрати на працю, матеріали (наприклад, насіння) і паливо для вирощування багаторічної Kernza зазвичай нижчі, ніж для однорічних зернових культур.

Виробництво кормів з Kernza. Kernza – зернова та кормова культура подвійного призначення. З огляду на нижчу врожайність зерна Kernza, виробникам економічно вигідно використовувати корм шляхом



Рис. 3. Збір урожаю Kernza наприкінці липня (Інститут землі, Канзас, США)

включення тваринницької діяльності в зернову програму Kernza [23–25]. Pugliese et al. [23] виявили, що збір корму з врожаю Kernza сприяє підвищенню продуктивності зерна, корму та кореневої біомаси відносно лише врожаю зерна.

Виробникам рекомендовано збирати літню соломку, яка схожа на соломку інших дрібних зернових, але є значно універсальною, оскільки містить більше протеїну та поживних речовин. Дослідження в США і Швеції повідомляють про врожайність літньої соломи Kernza від 1 до 5,5 т сухої маси на акр [17]. Hunter et al. [24] визначено відносну кормову цінність літньої соломи (RFV) в США, що коливається в межах від 57 до 70 т.

Як багаторічна рослина, Kernza відростає після літнього збирання зерна та соломи, що призводить до цінної отави восени. Favre et al. [25] виявили, що корм Kernza, заготовлений навесні й восени, підходить для телиць, биків та молочних корів. Врожайність кормів Kernza в США коливається від 0,6 до 1,3 т сухого матеріалу на акр. Дослідження, проведено в Міннесоті, Сполучені Штати Америки, показали, що відносна кормова цінність осіннього корму (RFV) Kernza коливається від 100 до 110 [26]. Добре сформовані насадження Kernza можна випасати восени без шкоди для зимування, а випас може навіть підвищити подальшу врожайність зерна [23]. Весняний корм від Kernza ще більш якісний, від RFV від 145 до 160 і вмістом сирого білка в сухій масі від 20 до 28%. Однак, дослідження є непереконливими щодо впливу весняного випасу на подальшу врожайність зернових [17; 23].

Кернза в проміжних посівах з бобовими культурами. Дослідження Kernza, засадженого бобовими, показують перспективні результати для майбутніх багаторічних полікультурних систем землеробства, де бобові забезпечують азотом для виробництва зерна, покращують якість і кількість кормів, знижують тиск бур'янів. Дослідження проміжних посівів бобових культур Kernza показали, що перенесення азоту від бобових до Kernza збільшується з віком насадження та посиленням надземної біомаси [28]. Crews et al. [27] порівняли монокультуру Kernza з проміжними (сумісними) посівами люцерни з Kernza і не виявили значного зниження врожайності зерна протягом п'яти років, що контрастує зі зниженням урожайності зерна в монокультурі Kernza. У дослідженні Law et al. [22] проміжна культура червоної конюшини

Kernza допомогла контролювати бур'яни порівняно з монокультурою Kernza.

Дослідження, проведені в ННЦ «ІЗ НААН» із питань продуктивної довговічності та реакції на пізньоосінній випас восьми сортів багаторічних трав, показали, що проміжний пирій (сорт Вітас) є однією з найпродуктивніших багаторічних трав [30]. Інше дослідження в ННЦ «ІЗ НААН» визначило, що за сумісного вирощування проміжного пирію сорту Вітас і люцерни порівняно із злаковим травостоєм підвищила продуктивність сіяних травостоїв від 3,24 і 3,54 до 7,77 і 10,26 т/га сухої речовини, або у 2,4 й 2,9 раза [31]. Ці дослідження також показують, що проміжний пирій не швидко витісняє компонент бобових у травостої. За рахунок симбіотичного азоту бобового компонента підтримує високу продуктивну довговічність кормового агрофітоценозу. Ці результати сумісні з двокультурними випробуваннями бобових Kernza у Сполучених Штатах Америки і свідчать про те, що Kernza може мати хороші результати в Україні, якщо їх висівати з люцерною або іншими бобовими.

Роль Kernza в екологічній та продовольчій безпеці

Успіх багаторічних зернових залежить від їх виробництва життєво важливих сільськогосподарських продуктів і їх екологічних показників. Дослідники і виробники часто порівнюють Kernza і пшеницю і вказують на нижчий урожай першого. Однак це дуже різні культури і такі порівняння є лише частиною дослідження. З економічної точки зору, переваги багаторічної Kernza перед однорічними зерновими культурами помітні, включаючи менші витрати на введення двох цінних ринкових потоків (зерно і корм) і менші екологічні витрати. Нижчі витрати на введення подвійного використання (зерно + кормові продукти) безпосередньо впливають на рентабельність виробника. Хоча економічна цінність екологічних переваг може бути значною, деякі можуть потребувати десятиліть, щоб вплинути на кінцевий результат виробника (наприклад, від поліпшення ґрунту). Виробники Kernza можуть отримати короткострокові економічні вигоди завдяки політичній підтримці, наприклад, щоб визнати цінність чистішої води для сусідніх громад і зменшити викиди вуглецю, які впливають на зміну клімату. У Сполучених Штатах Америки Міністерство сільського господарства та деякі уряди штатів (наприклад, Міннесота) надають фінансову підтримку виробникам, які вирощують Кернзу, де культура допомагає захистити ґрунти, поверхневі води та підземні води [32]. Уряд платить фермерам за

збереження орних земель у виробництві при наданні екологічних послуг багаторічним культурам.

Роль Kernza в поліпшенні екологічних показників сільського господарства. Екологічні переваги багаторічних культур щодо річних культур описані Crews et al. [7]. На рис. 4 порівнюються екосистемні послуги багаторічних природних екосистем із високим розмаїттям з екосистемними послугами сільського господарства з низьким розмаїттям, де переважають однорічні культури, і з прогнозованою віддачею екосистемних послуг за помірно різноманітних багаторічних сільськогосподарських систем.

Доведено, що Kernza зменшує ерозію та покращує стан ґрунту порівняно з однорічними культурами. Надземна частина рослини та коріння, яке сягає глибини понад 3 м, допомагають утримувати ґрунт на місці, мінімізуючи водну та вітрову ерозію. Kernza зазвичай вирощується протягом 3-4 років без обробки ґрунту. Залишення ґрунту непорушеним упродовж кількох років, коли багаторічна культура є продуктивною, сприяє здоров'ю ґрунту, включаючи покращання структури ґрунту, різноманітну мікрофауну та накопичення органічного матеріалу ґрунту. В одному з досліджень, на другий рік виробництва, показники вуглецевої мінералізації ґрунту були на 13% вище від Kernza порівняно з пшеницею [33].

Kernza значно зменшує забруднення води порівняно з однорічними культурами. Huddell et al. [32] повідомили про великі скорочення вилуговування нітратів у багаторічній Kernza щодо однорічної пшениці, особливо у три і чотири роки, коли коренева система була добре сформована (рис.5). Аналогічним чином, Jungers et al. [33] виявили значно знижене вимивання азоту під Kernza порівняно з кукурудзою. Дослідження на піщаних ґрунтах у штаті Міннесота (США) визначили, $\text{NO}_3\text{-N}$ під Kernza було на 77–96% нижче, ніж під сівозміною кукурудзи та сої [28]. Culman et al. [31] порівняли багаторічну Kernza з однорічною пшеницею в рамках трьох систем управління і виявив, що Kernza зменшила вологість ґрунту і загальне вимивання NO_3 на 86% відносно пшениці, що свідчить про те, що багаторічні корені Kernza використовували більше води і захопили більше добрив, ніж річні корені пшениці. Ці дані свідчать про те, що Kernza може зменшити вилуговування нітратів у підземні води, які використовуються місцевими громадами.

Ринковий успіх Kernza. У США багато фермерів вирощують Kernza. І в інших країнах також зростає інтерес до цієї культури. У 2023 р. близько 2 тис. га були висаджені під комерційне виробництво Kernza в США. Велика частина американського



Рис. 4. Еволюція екосистемних послуг і збитків у сільському господарстві (Crews et al., 2018 [7])



Рис. 5. Системи коренів Kernza (зліва) і пшениці (справа) (фото: Джим Річардсон)

виробництва Kernza сертифікована органічно. IWG було відібрано для багаторічної зернової культури, частково тому, що зерно має хороший смаковий профіль і харчову функціональність. Bharathi et al. [34] узагальнили дослідження харчової науки про зерно Kernza (через цикл TLI 5) та порівняли ці висновки з зерном кормових сортів IWG. Зерно Kernza містить від 71 до 74% вуглеводів, від 18 до 22% білків, від 3,1 до 4,8% жирів і від 2,6 до 3,8% золи. У TLI цикл 5 вуглеводи включені: крохмаль приблизно 74 г/100 г борошна і волокна 17,5 г/100 г борошна. Вміст білка у Kernza трохи вище, ніж у пшениці. Вміст глютену і якість Kernza відрізняється від пшениці і має більш низьке значення індексу глютену [35]. Вчені дійшли висновку, що хліб, виготовлений із борошна Kernza, змішаного з пшеничним борошном, має великий потенціал для використання в хлібопекарській продукції. Хліб із Kernza показано на рис. 6.

Зерно Kernza має широкий спектр застосування в хлібопекарській, кондитерській та пивоварній промисловості. Дедалі більше ресторанів у Сполучених Штатах Америки мають продукти, приготовані з Kernza. Американські пекарні продають

темний хліб, булочки, крекери та млинці, виготовлені з Kernza, з багатим горіховим смаком. Ці продукти часто виготовляються з борошна Kernza, змішаного з пшеничним борошном, щоб досягти кращої консистенції тіста. Першим загальнодоступним витратним продуктом від Kernza став Long Root Ale,



Рис. 6. Хліб Kernza (Інститут землі)

створений у США 2016 р. компаніями Patagonia Provisions і Hopworks Urban Brewery. У 2023 р. Patagonia Provisions об'єдналася з 11 пивоварнями, які виробляють пиво Kernza по всій території США. Широкий вибір харчових продуктів Kernza нині доступні в ресторанах і продуктових магазинах і від онлайн дистриб'юторів у Сполучених Штатах Америки.

Перші врожаї Kernza в Україні можуть бути використані для тестування на багатьох підприємствах, які будуть спрямовані на шляху до розвитку місцевого ринку Kernza і вивчення потенційних експортних ринків.

Обґрунтування розширення досліджень і вирощування Kernza в Україні. Kernza – перспективна багаторічна культура, яка заслуговує на вирощування в Україні. Необхідні додаткові дослідження в Україні для розробки сортів Kernza, адаптованих для ґрунтів та клімату України, та визначення кращих агрономічних практик вирощування Kernza в різних регіонах країни. В українських дослідженнях Бугаєв та ін. (2023) дійшли висновку, що Kernza має значні переваги перед середнім пирієм і що ця культура матиме добрий врожай в Україні. Зокрема, треба вивчити оптимальні методи і терміни посадки цієї культури, її реакцію на внесення добрив, її стійкість до шкідників. Дослідження необхідні для визначення впливу кліматичних умов, включаючи температуру повітря, рівень опадів, продуктивність зерна і кормів. Випробування потрібні для дослідження методів вирощування Kernza в змішаних культурах із багаторічними бобовими, які слугують джерелом недорогого азоту шляхом симбіотичної фіксації. Необхідні довготривалі експерименти, щоб оцінити, як багаторічна Kernza найкраще може використовуватися в сівоzmінах. Вирішення цих питань може сприяти успішній інтеграції зерна Kernza в сільське господарство і забезпечити більшу стійкість аграрного сектору

в умовах сучасних глобальних змін клімату. Для того, щоб отримати відповіді на ці питання в Україні, започатковано проєкт «Диверсифікація сільського господарства та відновлення здоров'я ґрунтів через впровадження багаторічної зернової культури Kernza». Дослідження в рамках цього проєкту проводяться на п'яти локаціях, серед яких Київська, Полтавська, Вінницька, Хмельницька та Миколаївська обл.

Висновки

Сорти пирію проміжного Kernza (*Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & DR Dewey) є новою перспективною багаторічною зерновою культурою, яка заслуговує всебічного вивчення та поширення в умовах України.

Ця багаторічна посухостійка культура має потужну кореневу систему, яка ефективно захищає ґрунти від ерозії. Крім того, вона захищає джерела води від забруднення та замулення і сприяє відновленню органічних речовин ґрунту, особливо у випадку цінних чорноземів. Це має вирішальне значення, враховуючи сучасні проблеми деградації ґрунтів та ксерофітизації клімату. Kernza має подвійне економічне використання як зернової, так і кормової культури. Урожай, створений шляхом одноразового посіву, використовується протягом декількох років для збору зерна. Зібране зерно має широкий спектр застосування в різних галузях харчової промисловості, включаючи випічку, переробку, кондитерські вироби тощо. Скромна продуктивність зерна компенсується широким спектром застосувань харчової промисловості для зерна; додатковий дохід від використання літньої соломи та осінньої зеленої маси як цінного корму, економія коштів за рахунок зменшення витрат (наприклад, менше насіння та добрив, а також менша кількість проїздів трактора, порівняно з однорічними культурами), і потенційні вигоди від позитивного впливу на екологію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кургак В. Г. Лукопасовищні угіддя – основа стабільності агроландшафту. Кормові ресурси природних екосистем: моногр.; за наук. ред. акад. НААН В. Ф. Петриченка, чл.-кор. НААН О. В. Корнійчука. Київ: Аграрна наука, 2023. С.123–193. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9.
2. Moon, D., *The Plough that Broke the Steppes. Agriculture and the Environment on Russia's Grasslands 1790-1914.* Oxford University Press. 2013.
3. FAO. Overview of soil conditions of arable land in Ukraine – Study case for steppe and forest-steppe zones. Budapest. 2020. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca7761en>.
4. Методичні рекомендації щодо відновлення земель сільськогосподарського призначення, порушених внаслідок воєнних дій / В.Ф. Камінський, М.А. Ткаченко, Л.П. Коломієць та ін. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2023. 84 с.

5. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. *Кадастр парникових газів України 1990 – 2020 рр.* Київ, 2022.
6. Jackson, W. *New roots for agriculture.* San Francisco: Friends of the Earth, 1980.
7. Crews, T. E., Carton, W. & Olsson, L. Is the future of agriculture perennial? Imperatives and opportunities to reinvent agriculture by shifting from annual monocultures to perennial polycultures. *Glob. Sustain.* 2018. 1. P. 1–18. doi: 10.1017/sus.2018.11.
8. Кургак В.Г. Лучні агрофітоценози. Київ: ДІА, 2010. 374 с.
9. Кургак В.Г., Карбівська У.М., Панасюк С.С., Гавриш Я.В. Наукові та технологічні основи органічного луківництва. *Вісник аграрної науки.* Вип. 11. 2019. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202008>.
10. Камінський В.Ф., Штакал Н.І., Коломієць Л.П., Штакал В.Н. Сільськогосподарське використання торфво-болотних ґрунтів та зміна обводнення заплав Лівобережного Лісостепу. *Український екологічний журнал.* 2020.10(2). С. 23–27. doi:10.15421/2020_58.
11. Reynolds J., M Bell M., Grace J., Gratton C., D. Jackson R., O. Keeley K. & Mayerfeld D. An agroecological vision of perennial agriculture. *Agroecology and Sustainable Food Systems.* 2021. №45. Вип. 10. P. 1470–1479. doi:<https://doi.org/10.1080/21683565.2021.1918313>.
12. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. 2023. Київ, 2023. 447 с.
13. Bajgain, P., Crain, J. L., Cattani, D. J., Larson, S. R., Altendorf, K. R., Anderson, J. A., Crews, T. E., Hu, Y., Poland, J. A., Turner, M. K., Westerbergh, A. & DeHaan, L. R. Breeding intermediate wheatgrass for grain production. *Plant Breeding Reviews.* 2023. Vol. 46. Wiley-Blackwell. P. 119–217.
14. Голик Л.М., Штакал М.І., Левченко О.С. Тимошенко О.В., Шпакович І.В. Основні етапи створення сортів пшениці м'якої озимої в ННЦ «ІЗ НААН». *Землеробство та рослинництво: теорія і практика.* 2023. Вип. 3. С. 108–119. doi:<https://doi.org/10.54651/agri.2023.02.12>.
15. DeHaan, L.R., et al. Agricultural and biofuel implications of a species diversity experiment with native perennial grassland plants. *Agriculture, Ecosystems and Environment.* 2010. 137. P. 13–24. doi:10.1016/j.agee.2009.10.017.
16. Bajgain, P., X. Zhang, J.M. Jungers, L.R. DeHaan, B. Heim, C.C. Sheaffer, D.L. Wyse, J.A. Anderson. 'MN Clearwater', the first food grade intermediate wheatgrass (Kernza perennial grain) cultivar. *J. Plant Regist.* 2020.14. P. 288–297.
17. Tautges N, Detjens A & Jungers J. *Kernza® Grower Guide.* Minnesota and broader Midwest Region. 2023. 48 p.
18. Jungers J.M., DeHaan L.R., Betts K.J., Sheaffer C.C., Wyse D.L. Intermediate wheatgrass grain and forage yield responses to nitrogen fertilization. *Agron. J.* 2017. №109. P. 462–472.
19. Reilly E., Gutknecht J.L., Sheaffer C.C. and Jungers J.M. Reductions in soil water nitrate beneath a perennial grain crop compared to an annual crop rotation on sandy soil. *Front. Sustain. Food Syst.* 2022. №6. P. 996586. doi: 10.3389/fsufs.2022.99658.
20. Бугайов В.Д., Бугайов В.В., Векленко Ю.А., Вороньцька І.С. Потенціал кормової та насінневої продуктивності *Thinopyrum intermedium* Kernza за роками використання травостою. *Корми та кормовиробництво.* 2023. Вип. 96. С. 30–39. doi:<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396-03>.
21. Culman, S.W., Pinto, P., Pugliese, J., Crews, T., DeHaan, L., Jungers, J., Larsen, J., Ryan, M., Schipanski, M., Sulc, M., Wayman, S., Wiedenhoft, M., Stoltenberg, D., & Picasso, V. Forage harvest management impacts “Kernza” intermediate wheatgrass productivity across North America. *Agronomy Journal.* 2023. 115(5). P. 2424–2438. doi: <https://doi.org/10.1002/agj2.21402>.
22. Law, E. P., Pelzer, C. J., Wayman, S., Di Tommaso, A., & Ryan, M. R. Strip-tillage renovation of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for maintaining grain yield in mature stands. *Renewable Agriculture and Food Systems,* 2021. №36(4). P. 321–327.
23. Pugliese, J. Y., Culman, S. W., & Sprunger, C. D. Harvesting forage of the perennial grain crop kernza (*Thinopyrum intermedium*) increases root biomass and soil nitrogen cycling. *Plant and Soil.* 2019. №437. P. 241–254.
24. Hunter, M. C., Sheaffer, C. C., Culman, S. W., & Jungers, J. M. Effects of defoliation and row spacing on intermediate wheatgrass I: Grain production. *Agronomy Journal.* 2020. 112 (3). P.1748-1763. <https://doi.org/10.1002/agj2.20128>.
25. Favre, J.R., T. Munoz Castiblanco, D.K. Combs, M.A. Wattiaux, and V.D. Picasso. Forage nutritive value and predicted fiber digestibility of Kernza intermediate wheatgrass in monoculture and in mixture with red clover during the first production year. *Animal Feed Science and Technology.* 2019. 258. 114298 DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114298.

26. Reilly(a) E., J. Gutknecht, N. Tautges, C. C. Sheaffer, J. M. Jungers. Nitrogen transfer and yield effects of intercropped legumes with the perennial grain crop intermediate wheatgrass. *Field Crops Research*. 2022. № 286. P.108627.
27. Crews, T.E., L. Kemp, J.H. Bowden, E.G. Murrell. How the nitrogen economy of a perennial cereal-legume intercrop affects productivity: can synchrony be achieved? *Front. Sustain. Food Syst.* 2022. №6. Article 755548.
28. Кургак В.Г., Кулик Р.М., Клименко Т.Е. Удосконалення укісно-пасовищного конвеєра з багаторічних травостоїв. *Вісник аграрної науки*. 2009. Вип.8. С. 25–30.
29. Кургак В. Г., Дегодюк Є. Г., Гавриш Я. В. Кормова продуктивність люцерно-злакових агроценозів з різними злаковими компонентами. *Вісник аграрної науки*. 2022. Вип. 3. С. 28–36. Doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203>.
30. Green Lands Blue Water. Continuous Living Cover and Perennial Grains in NRCS Practices. Minnesota Institute of Sustainable Agriculture, University of Minnesota. Online factsheet reviewed March. 2022. 2024.URL: <https://greenlandsbluwaters.org/wp-content/uploads/2022/06/GLBW-CLC-NRCS-funding-pools-perennial-grains-June-2022-rev1.pdf>.
31. Culman, S.W., S.S. Snapp, M. Ollenburger, B. Basso, L.R. DeHaan. Soil and water quality rapidly responds to the perennial grain Kernza wheatgrass. *Agron. J.* 2013. № 105. P. 735–744.
32. Huddell, A., Neill, C., Palm, CA, Nunes, D., and Menge, DN. Здатність до аніонного обміну пояснює глибоке накопичення нітратів у ґрунті на бразильських амазонських посівах. *Екосистеми*. 2023. Вип. 26. С. 134–145. doi: 10.1007/s10021-022-00747-8.
33. Jungers, J.M., L.H. De Haan, D.J. Mulla, C.C. Sheaffer, D.L. Wyse. Reduced nitrate leaching in a perennial grain crop compared to maize in the Upper Midwest, USA. *Agric., Ecosyst. Environ.* 2019. №272. P. 63–73.
34. Bharathi, R., Muljadi, T., Tyl, C., & Annor, G. A. Progress on breeding and food processing efforts to improve chemical composition and functionality of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for the food industry. *Cereal Chemistry*. 2021. №99. P. 235–252. doi:<https://doi-org.ezp1.lib.umn.edu/10.1002/cche.10482>.
35. Marti A., Qiu X., Schoenfuss TC, Seetharaman K. Characteristics of perennial ryegrass (*Thinopyrum intermedium*) and a blend of refined wheat flour: effect on rheological properties. *Cereal chemistry*. 2015. №92. P. 34–440. doi: 10.1094/CCHEM-01-15-0017-R.

REFERENCES

1. I. Kurgak V. G. (2023). *Cepa pascua — fundamentum stabilitatis landscape agriculturae. Cibaria copiarum oecosystematum naturalium: monogr.; scientiarum ed. Acad. NAAS V. F. Petrichenko, membrum-cor. O. V. Korniychuk Academia Scientiarum Nationalis. Kyiv: Scientiae agrariae. P.123–193. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9 [in Ukrainian]*.
2. Moon, D. (2013). *The Plough that Broke the Steppes. Agriculture and the Environment on Russia's Grasslands 1790-1914. Oxford University Press [in English]*.
3. FAO. (2020). *Overview of soil conditions of arable land in Ukraine – Study case for steppe and forest-steppe zones. Budapest. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca7761en> [in English]*.
4. *Commendationes methodologicae ad terras agriculturae restituendas propter operationes bellicas turbatas (2023). V.F. Kaminsky, M.A. Tkachenko, L.P. Kolomiets et al. Kyiv: NNC «IAE». 84 p. [in Ukrainian]*.
5. *Ministerium Environmentalis Protectionis et Resources Ucrainae Naturalis (2022).Cadastre gasi conservatoris Ucrainae 1990 – 2020. Kyiv [in Ukrainian]*.
6. Jackson, W. (1980). *New roots for agriculture. San Francisco: Friends of the Earth [in English]*.
7. Crews, T. E., Carton, W. & Olsson, L. (2018). *Is the future of agriculture perennial? Imperatives and opportunities to reinvent agriculture by shifting from annual monocultures to perennial polycultures. Glob. Sustain. 1. P. 1–18. doi: 10.1017/sus.2018.11 [in English]*.
8. Kurgak V.G. (2010). *Pratum agrophytocenoses. Kyiv: DIA. 374 p. [in Ukrainian]*.
9. Kurgak V.G., Karbivska U.M., Panasiuk S.S., Havrysh Y.V. (2019). *Bases scientificae et technologicae culturae cepae organicae. Herald of Agrarian Science, 11, 28–33. DOI:<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202008> [in Ukrainian]*.
10. Kaminsky V.F., Shtakal N.I., Kolomiets L.P., Shtakal V.N. (2010). *Usus agriculturae terrae et palustris mutationibus in cataracta inundatione sinistrae Bank silvae Steppe. Acta Societatis Ucrainae*

- fringilla*, 10(2), 23–27. doi:10.15421/2020_58 [in Ukrainian].
11. Reynolds J., M Bell M., Grace J., Gratton C., D. Jackson R., O. Keeley K. & Mayerfeld D. (2021). An agroecological vision of perennial agriculture. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 45, 10, 1470–1479. doi:https://doi.org/10.1080/21683565.2021.1918313 [in English].
 12. Tabulae publicae plantarum varietates ad distributionem in Ucraina idoneas (2023). Kyiv. 447 p. [in Ukrainian].
 13. Bajgain, P., Crain, J. L., Cattani, D. J., Larson, S. R., Altendorf, K. R., Anderson, J. A., Crews, T. E., Hu, Y., Poland, J. A., Turner, M. K., Westerbergh, A. & DeHaan, L. R. (2023). Breeding intermediate wheatgrass for grain production. *Plant Breeding Reviews*, Vol. 46. Wiley-Blackwell. P. 119–217 [in English].
 14. Golyk L.M., Shtakal M.I., Levchenko O.S. Tymoshenko O.V., Shpakovich I.V. (2023). Praecipuae gradus creationis tritici mollium varietatum in NSC «IZ NAAS». *Agriculture and crop production: theory and practice*, 3, 108–119. doi:https://doi.org/10.54651/agri.2023.02.12 [in Ukrainian].
 15. DeHaan, L.R., et al. (2010). Agricultural and biofuel implications of a species diversity experiment with native perennial grassland plants. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 137, 13–24. doi:10.1016/j.agee.2009.10.017 [in English].
 16. Bajgain, P., X. Zhang, J.M. Jungers, L.R. DeHaan, B. Heim, C.C. Sheaffer, D.L. Wyse, J.A. Anderson. (2020). ‘MN Clearwater’, the first food grade intermediate wheatgrass (Kernza perennial grain) cultivar. *J. Plant Regist.*, 14, 288–297 [in English].
 17. Tautges N, Detjens A & Jungers J. (2023). Kernza® Grower Guide. Minnesota and broader Midwest Region. 48 p. [in English].
 18. Jungers J.M., DeHaan L.R., Betts K.J., Sheaffer C.C., Wyse D. L. (2017). Intermediate wheatgrass grain and forage yield responses to nitrogen fertilization. *Agron. J.*, 109, 462–472 [in English].
 19. Reilly E., Gutknecht J.L., Sheaffer C.C. and Jungers J.M. (2022). Reductions in soil water nitrate beneath a perennial grain crop compared to an annual crop rotation on sandy soil. *Front. Sustain. Food Syst.*, 6, 996586. doi: 10.3389/fsufs.2022.99658 [in English].
 20. Bugayev V.D., Bugayev V.V., Veklenko Yu.A., Voronetska I.S. (2023). Pabulum et semen fructibus potentiale *Thinopyrum intermedium* Kernza ab annis usui sicut gramen stant. *Cibaria, pabulum purus*, 96, 30–39. doi:https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202396-03 [in Ukrainian].
 21. Culman, S.W., Pinto, P., Pugliese, J., Crews, T., DeHaan, L., Jungers, J., Larsen, J., Ryan, M., Schipanski, M., Sulc, M., Wayman, S., Wiedenhoef, M., Stoltenberg, D., & Picasso, V. (2023). Forage harvest management impacts “Kernza” intermediate wheatgrass productivity across North America. *Agronomy Journal*, 115(5), 2424–2438. doi: https://doi.org/10.1002/agj2.21402 [in English].
 22. Law, E. P., Pelzer, C. J., Wayman, S., DiTommaso, A., & Ryan, M. R. (2021). Strip-tillage renovation of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for maintaining grain yield in mature stands. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 36(4), 321–327 [in English].
 23. Pugliese, J. Y., Culman, S. W., & Springer, C. D. (2019). Harvesting forage of the perennial grain crop kernza (*Thinopyrum intermedium*) increases root biomass and soil nitrogen cycling. *Plant and Soil*, 437, 241–254 [in English].
 24. Hunter, M. C., Sheaffer, C. C., Culman, S. W., & Jungers, J. M. (2020). Effects of defoliation and row spacing on intermediate wheatgrass I: Grain production. *Agronomy Journal*, 112 (3), 1748–1763. doi :https://doi.org/10.1002/agj2. 20128 [in English].
 25. Favre, J.R., T. Munoz Castiblanco, D.K. Combs, M.A. Wattiaux, and V.D. Picasso (2019). Forage nutritive value and predicted fiber digestibility of Kernza intermediate wheatgrass in monoculture and in mixture with red clover during the first production year. *Animal Feed Science and Technology*, 258, 114298. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114298 [in English].
 26. Reilly(a) E., J. Gutknecht, N. Tautges, C. C. Sheaffer, J. M. Jungers (2022). Nitrogen transfer and yield effects of intercropped legumes with the perennial grain crop intermediate wheatgrass. *Field Crops Research*, 286, 108627 [in English].
 27. Crews, T.E., L. Kemp, J.H. Bowden, E.G. Murrell (2022). How the nitrogen economy of a perennial cereal-legume intercrop affects productivity: can synchrony be achieved? *Front. Sustain. Food Syst.* №6. Article 755548 [in English].
 28. Kurgak V.G., Kulyk R.M., Klymenko T.E. (2009). Ad emendationem herbae falcatae TRADUCTOR ex perenni herba stat. *Herald of Agrarian Science*, 8, 25–30 [in Ukrainian].
 29. Kurgak V.G., Degodyuk E.G., Havrysh Ya.V. (2022). Pabulum fructuum agrocenosorum medicae

- in sacrificiis cum diversis componentibus cerealibus. *Herald of Agrarian Science*, 3, 28–36. Doi: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk_202203 [in Ukrainian].
30. Green Lands Blue Water (2022). Continuous Living Cover and Perennial Grains in NRCS Practices. Minnesota Institute of Sustainable Agriculture, University of Minnesota. Online factsheet reviewed March. 2024. URL: <https://greenlandsbluewater.org/wp-content/uploads/2022/06/GLBW-CLC-NRCS-funding-pools-perennial-grains-June-2022-rev1.pdf> [in English].
 31. Culman, S.W., S.S. Snapp, M. Ollenburger, B. Basso, L.R. De Haan (2013). Soil and water quality rapidly responds to the perennial grain Kernza wheatgrass. *Agron. J.*, 105, 735–744 [in English].
 32. Huddell, A., Neill, C., Palm, CA, Nunes, D., and Menge, D.N. (2023). Anion exchange capacity explains deep soil nitrate accumulation in Brazilian Amazon Croplands. *Ecosystemy*, 26, 134–145. doi: [10.1007/s10021-022-00747-8](https://doi.org/10.1007/s10021-022-00747-8) [in English].
 33. Jungers, J.M., L.H. DeHaan, D.J. Mulla, C.C. Sheaffer, D.L. Wyse. (2019). Reduced nitrate leaching in a perennial grain crop compared to maize in the Upper Midwest, USA. *Agric., Ecosyst. Environ.*, 272, 63–73 [in English].
 34. Bharathi, R., Muljadi, T., Tyl, C., & Annor, G. A. (2021). Progress on breeding and food processing efforts to improve chemical composition and functionality of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for the food industry. *Cereal Chemistry*, 99, 235–252. doi: <https://doi.org/10.1002/cche.10482> [in English].
 35. Marti A., Qiu X., Schoenfuss TC, Seetharaman K. (2015). Characteristics of perennial ryegrass (*Thinopyrum intermedium*) and a blend of refined wheat flour: effect on rheological properties. *Cereal chemistry*, 92, 34–440. doi: [10.1094/CCHEM-01-15-0017-R](https://doi.org/10.1094/CCHEM-01-15-0017-R) [in English].

Kurhak V., Sarunaite L., Crews T., Warner R., Tkachenko M., Kolomiets L., Tkachenko A., Neimet I. *Prospects of perennial intermediate wheatgrass (Thinopyrum intermedium) cultivation in Ukraine for grain and feed purposes*

Aim. Generalization of literary sources and familiarization of the scientific community and agro-producers about the perennial culture of various purposes, as well as the need to conduct research on the technological aspects of growing wheatgrass medium or intermediate under the Kernza® trademark in Ukraine. **Methods.** General scientific analysis and synthesis, analogy and generalization of scientific literary sources and practice. **Results.** The rich, deep Chernozem soils of Ukraine were formed under the influence of diverse, perennial grassland vegetation. The conversion of grassland ecosystems to annual grains initiated a process of soil degradation that continues to this day. This is because the termination of vegetation required to sow annual crops results in unsustainable levels of soil erosion, loss of soil organic matter, leaching of nutrients, reduced rain infiltration, and a less functional soil microbiome. In recent decades, researchers in the USA and increasingly around the world have begun to develop perennial grain crops that have the potential to reverse the soil degradation associated with annual grain crops. One of the most promising perennials being developed is a dual purpose grain and forage crop derived from intermediate wheatgrass - IWG (*Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & D.R. Dewey). The grain from IWG is known under the trade name Kernza®. New research in Ukraine is needed to assess the potential economic and environmental benefits of cultivating Kernza across diverse soil and climatic zones. This paper outlines the environmental and food-related roles of Kernza, including its history of development and dissemination in the USA and worldwide, its contribution to safeguarding environmental quality and food security, specific aspects of intermediate wheatgrass cultivation technology, and the justification for its expansion in Ukraine. Ukraine's unique combination of climate, soils, and agrarian culture position it to be a potential leader in the regenerative transition to a perennial agriculture. **Conclusions.** Varieties of Kernza wheatgrass (*Thinopyrum intermedium* (Host) Barkworth & DR Dewey) are a new promising perennial grain crop that deserves comprehensive study and distribution in the conditions of Ukraine. Kernza is a promising perennial crop that deserves to be grown in Ukraine. Additional research is needed in Ukraine to develop Kernza varieties adapted to the soils and climate of Ukraine, and to document the best agronomic practices for growing Kernza in different regions of the country.

Key words: legumes, cereals, environment, grain, fodder, Kernza, wheatgrass intermediate.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Кургак В., доктор с.-г. наук, професор, головний науковий співробітник ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: kurgak_luki@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2309-0128.

Крюз Т., головний науковий співробітник, Директор міжнародної ініціативи, Інститут землі, Саліна, ORCID: 0000-0003-4764-341X.

Ворнер Р., старший аналітик, Інститут землі, Міжнародна ініціатива.

Сарунайте Л., доктор с.-г. наук, Литовський науковий центр землеробства і лісівництва, e-mail: lina.sarunaite@lammc.lt, ORCID :0000-0002-7080-7454.

Kurhak V., doctor of agricultural sciences, Professor, Chief Researcher of NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: kurgak_luki@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2309-0128.

Crews T., Chief Scientist, Director of The Land Institute International Initiative, Salina, ORCID: 0000-0003-4764-341X.

Warner R., Senior Analyst, The Land Institute, International Initiative.

Sarunaite L., Doctor of Agriculture of Sciences, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, e-mail: lina.sarunaite@lammc.lt, ORCID :0000-0002-7080-7454.

Tkachenko M., Doctor of Agriculture of Sciences, professor, corresponding member, director, NSC «IA NAAS»,

Ткаченко М., доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН, директор, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: i.z.naan.tkachenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6128-4703.

Коломієць Л., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: erosia-stop@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3408-8541.

Ткаченко А., кандидат економічних наук, старший дослідник, завідувач відділу економіки, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: qtkachenkop@gmail.com, ORCID : 0000-0001-9145-7003.

Неймет І., аспірант, ННЦ «Інститут землеробства НААН», ORCID: 0009-0002-5239-9087.

e-mail: i.z.naan.tkachenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6128-4703.

Kolomiets L., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, National Research Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: erosia-stop@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3408-8541.

Tkachenko A., Ph.D. in Economics, Senior Researcher, Head of Department of Economics, NSC «Institute of Agriculture of NAASU», e-mail: qtkachenkop@gmail.com, ORCID : 0000-0001-9145-7003.

Neimet I., Postgraduate student, National Scientific Center «Institute of Agriculture of NAAS», ORCID :0009-0002-5239-9087.

Надійшла 5.02.2024

ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСЬ ПОСІВІВ СОЇ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ

А.В. Голодна, Я.В. Грицюк

ННЦ «ІЗ НААН» (с.мт Чабани, Україна)

Мета. Визначити вплив варіантів основного удобрення, позакореневого підживлення легкодоступним органо-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку культури, передпосівного оброблення насіння коренеутворювачем, а також коренеутворювачем у поєднанні з протруйником на фотосинтетичну діяльність сої в динаміці. **Методи.** Польовий (для вивчення взаємодії об'єкта досліджень з біотичними та абіотичними чинниками); морфологічний (для біологічного контролю за розвитком елементів продуктивності за етапами органогенезу); статистичний (статистична обробка результатів досліджень). **Результати.** В статті представлені результати сформованої посівами сої листової поверхні за фазами росту та розвитку рослин, а також їх фотосинтетичний потенціал, розраховано рівняння залежності врожайності насіння сої від показників індексу листової поверхні у фазі наливу бобів. **Висновки.** З метою отримання максимального врожаю насіння технологія вирощування має включати агрозаходи, спрямовані на забезпечення біологічних потреб рослини впродовж періоду вегетації, зменшення впливу несприятливих зовнішніх чинників. Оптимальними умови для росту, розвитку та формування врожаю насіння сої сорту Муза були за технології вирощування, яка передбачала внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ передпосівне оброблення насіння коренеутворювачем у поєднанні з протруйником, а також позакоренево підживлення органо-мінеральним добривом у фазі гілкування чи бутонізації, коли відбувається формування рослинами квіток, бобів і насінин у бобі. За поєднання цих агрозаходів формувалася індекс листової поверхні у фазі наливу бобів 9,7 і 9,8 м²/м², фотосинтетичний потенціал посіву у міжфазний період цвітіння–налив бобів – 1,53 і 1,54 млн м²/га×дів за показників на абсолютному контролі відповідно 6,92 м²/м² й 0,93 млн м²/га×дів.

Ключові слова: коренеутворювач, мінеральне добриво, органо-мінеральне мікродобриво, позакоренево підживлення, протруйник, індекс листової поверхні, фази росту та розвитку, фотосинтетичний потенціал посіву.

Вступ. Соя є цінною культурою для сільського господарства та економіки України. Її вирощування дає можливість одночасного вирішення проблеми рослинного білка та олії, збільшення виробництва харчових продуктів. Є цінним попередником для більшості культур, адже завдяки здатності до азотофіксації, рослини сої на 65–80% забезпечують свої потреби в азоті, покращують поживний режим ґрунту, залишаючи після збирання врожаю з кореневими та поживними рештками до 80 кг/га азоту, 25 кг/га фосфору та до 40 кг/га калію, що прирівнюється до 10–15 т/га органічних добрив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні десятиліття посівні площі сої тримаються на рівні понад млн га, а в 2015 р. навіть перевищували

2 млн і становили 2147,3 тис. га. У 2022 р. через військові дії, що спричинили зменшення площі ріллі майже на 25%, посівні площі під культурою становили 1538 тис. га, у 2023 р. відмічали їх зростання до 1780 тис. га [1].

Основними чинниками, що визначають урожайність сої, є удобрення, частка впливу якого становить 30%, сорт – 20%, погодні умови та засоби захисту рослин – по 15%, обробіток ґрунту та його родючість – по 10% [2; 3].

Рекомендовані для вирощування сорти сої мають високий потенціал продуктивності, проте у виробничих умовах його реалізація залишається низькою та нестабільною за роками. Погодні умови сьогодення не завжди сприятливі для ефективного

функціонування агроєкосистем [4]. Як стверджують низка науковців [5–7], останніми десятиліттями відчутні зміни клімату, які спричинили появу в сільськогосподарському виробництві таких проблем, як дефіцит вологи та температурні стреси для рослин.

Технології вирощування сільськогосподарських культур потребують перегляду та пристосування до умов сьогодення, адже лише сорти з високим рівнем адаптивності здатні в умовах зміни клімату реалізувати свій біологічний потенціал.

Фотосинтетична активність посівів будь-якої культури є складовою формування її продуктивності. Рослини понад 90% врожаю формують за рахунок фотосинтетичної діяльності [8]. Тому важливим завданням технології вирощування є створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, при якому посіви найбільш ефективно використовували б сонячну енергію для накопичення господарсько-цінного врожаю. За характером зміни цього показника впродовж періоду вегетації культури можливо визначити, наскільки сприятливими були умови зовнішнього середовища для рослин та визначити реакцію на агрозаходи, що вивчали.

Мета і завдання досліджень – показати вплив варіантів основного удобрення, позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку культури, передпосівного оброблення насіння коренеутворювачем, а також коренеутворювачем із протруйником на процес формування та функціонування листової поверхні посіву сої. Аналіз закономірностей формування листової поверхні рослинами сої на одиниці площі, тривалість функціонування та величина листової поверхні посіву рослин за різних досліджуваних агрозаходів надасть можливість визначити оптимальний варіант моделі технології вирощування сої, та розробити заходи, які позитивно впливатимуть на ріст і розвиток рослин, що забезпечить стабільну максимальну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності культури.

Матеріали та методи досліджень

Методика досліджень. Дослідження з вивчення впливу комплексного застосування елементів технології вирощування на ріст, розвиток і формування продуктивності соєю проводили протягом 2021–2023 рр. у стаціонарному досліді ННЦ «ІЗ НААН».

Предметом дослідження був середньоранній сорт сої Муза, селекції ННЦ «ІЗ НААН». Занесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних

для поширення в Україні, для вирощування в зонах Лісостепу та Полісся у 2015 р. Норма висіву – 750 тис. схожих насінин на гектар. Попередник – просо.

Система обробітку ґрунту – загальноприйнята для зони проведення досліджень, включала зяблеву оранку на 20–22 см, ранньовесняне закриття вологи та передпосівну культивування.

Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту, на якому проводили дослідження: вміст гумусу – 1,49–1,71%, вміст лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 68,6–78,4 мг N на кг ґрунту (дуже низький рівень), вміст рухомого фосфору (за Чириковим) – 140–160 мг/кг ґрунту (високий рівень), вміст рухомого калію (за Чириковим) – 55–70 мг/кг ґрунту (середній рівень) [9]. Реакція ґрунтового середовища слабокисла ($\text{pH}_{\text{сол.}} 5,2\text{--}5,7$).

Дослідження проводили за схемою: фактор А (удобрення): без добрив (контроль), $\text{P}_{45}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{15}\text{P}_{45}\text{K}_{60} + \text{N}_{30}$ у фазі бутонізації, $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{60}$; фактор В (передпосівне оброблення насіння): без оброблення (контроль), мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд (1 л/т насіння), мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд у поєднанні з фунгіцидним протруйником Вайбранс RFC, ТН (по 1 л/т насіння); фактор С (позакореневе підживлення рослин), (висіяних насінням, обробленим Мікофренд + Вайбранс) органо-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2 л/га) у критичні для росту і розвитку культури фази гілкування, бутонізації та цвітіння.

Повторність досліду – чотириразова. Загальна площа під дослідом – 0,6 га, облікової ділянки – 50 м² за 4-разового повторення.

Методи досліджень – загальноприйняті для польових дослідів і лабораторних аналізів. Закладання польових дослідів та виконання досліджень проводили з урахуванням вимог методики дослідної справи [10].

Погодні умови вегетаційного періоду 2021–2023 рр. Погодні умови – невід’ємний чинник у процесі росту, розвитку рослин і формування врожаю посівами. Умови, які склалися у період вегетації рослин сої, різнилися як порівняно з середньобаторічними показниками, так і за роками досліджень. У 2021 р. сівбу сої провели 12 травня. Кількість опадів у II декаді була у межах норми (13 мм), а середньодобова температура повітря – нижчою за норму (15,7°C) лише на 0,4°C. У III декаді випало 37,6 мм опадів, що становило 163% до багаторічного показника (23 мм). Середньодобова температура повітря перевищувала

норму (15,9°C) на 0,4°C. Сходи сої відмічали на 9-10 добу після сівби. Надмірна кількість опадів, їх тривалість не сприяли активізації ростових процесів у рослинах досліджуваної культури. Червень та липень характеризувались недостатньою кількістю опадів, що становила 20,2 і 48 мм за багаторічних значень відповідно 73 і 88 мм. Середньодобова температура повітря перевищувала багаторічні показники (18,2 і 19,3°C) відповідно на 3,3 і 5,1°C. Такі умови спричиняли скорочення тривалості міжфазних періодів розвитку рослин культури. У серпні кількість опадів перевищувала норму (69 мм) на 15,8 мм, а середньодобова температура повітря була вищою на 2,7°C (норма – 18,6°C), що сприяло формуванню виповненого насіння сої.

У 2022 р. сівбу сої провели 4 травня. У I декаді травня опади були відсутні, хоча їх норма становила 15,9 мм, у II і III декадах – була на 10,6 і 10,5 мм нижчою за норму (20 і 29,1 мм). Середньодобова температура повітря у вказаний період також була нижчою за норму (14,2, 15,8 і 17,2°C) на 0,6, 1,3 і 2,9°C відповідно. Сходи сої відмічали на 9–11 добу після сівби. Недостатня кількість опадів, понижена середньодобова температура повітря не сприяли активізації ростових процесів у рослинах сої. Червень та липень характеризувались недостатніми опадами – їх кількість становила 30,2 і 41,6 мм за багаторічних значень відповідно 74 і 68 мм. Середньодобова температура повітря у червні перевищувала багаторічні показники (19,5°C) на 2,3°C, у липні – була нижчою за норму (21,3°C) 1,1°C. Такі умови спричиняли скорочення тривалості міжфазних періодів розвитку рослин сої. У серпні кількість опадів була нижчою за норму (56 мм) на 22,6 мм, а середньодобова температура повітря перевищувала багаторічні значення (20,4°C) на 1,5°C, що не сприяло формуванню виповненого насіння культури.

У 2023 р. сівбу сої провели 15 травня. Після сівби, впродовж II та III декад травня відмічали відсутність опадів та підвищення середньодобової температури повітря на 2,2 і 1,9°C відносно багаторічних значень (15,8 і 17,2°C). Сходи сої відмічали на 6–8 добу після сівби. Впродовж червня спостерігали недостатню кількість опадів (у I декаді – 21,0 мм за норми 23,8 мм, у II декаді – 10,2 мм за норми 25,1 мм у III декаді – 19,4 мм за норми 25,1 мм) та перевищення середньодобових температур повітря на 1,2, 0,2 і 0,8°C за норми 18,8, 19,9 і 19,8°C відповідно. Недостатня кількість опадів, підвищена середньодобова температура повітря не сприяли активізації ростових процесів

у рослинах досліджуваної культури. Липень характеризувався надмірною кількістю опадів, що становила 31,8, 61,0 і 44,0 мм за багаторічних значень відповідно 23, 20 і 25 мм. Середньодобова температура повітря впродовж I та II декади перевищувала норму (20,6 і 21,2°C) на 2,0 і 1,3°C. Умови III декади були у межах норми. Надмірна кількість опадів та підвищені, порівняно з нормою, середньодобові температури повітря сприяли навіть подовженню міжфазних періодів розвитку рослин сої. У серпні кількість опадів загалом була нижчою за норму (56 мм) на 42,0 мм, а середньодобова температура повітря перевищувала багаторічні значення (21,8, 20,6 і 19,0°C) на 1,0, 4,4 і 5,5°C, що спричиняло скорочення періоду наливу зерна та його дозрівання.

Не зважаючи на строкатість погодних умов за роками, їх відхилення від середніх багаторічних значень в окремі періоди росту і розвитку рослин сої, отримані достовірні результати дали можливість оцінити закономірності впливу агрозаходів, які вивчались у досліді.

Результати та їх обговорення. Від площі листової поверхні, сформованої конкретною рослиною зокрема і агроценозом загалом залежить здатність рослин поглинати сонячну енергію та накопичувати органічну речовину, що певною мірою визначає величину отриманого врожаю культури. Площа поверхні пластид, з яких складається загальна фотоактивна поверхня, перевищує площу листків у 10–40 разів [11; 12]. Тобто, 1 м² поверхні ґрунту забезпечує до 300 м² поверхні, яка поглинає світло і бере участь у фотосинтезі. Однак розвинена листовка поверхня має найкращу ефективність лише за оптимальних умов, які досягаються за рахунок відповідних агротехнічних заходів.

Аналіз показників індексу листової поверхні рослин сої в динаміці свідчить про те, що взяті для вивчення агрозаходи мали значний вплив на його формування (табл. 1).

На початкових етапах росту і розвитку рослин, у фазі першого трійчастого листка, листовка поверхня рослин сої була мінімальною, про що свідчить показник індексу листової поверхні у межах від 0,52 до 0,99 м²/м². Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню рівня показника на 0,18–0,24 м²/м², або 28,6–38,1% за середнього його значення на варіантах без добрив 0,63 м²/м². Передпосівне оброблення насіння сприяло зростанню показника

Таблиця 1. Індекс листкової поверхні сої залежно від варіанта удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2021–2023 рр., м²/м²

Удобрення	Фаза розвитку рослин	Оброблення насіння (коренеутворювач+протруйник) + підживлення органічним добривом у фазі:					
		Оброблення насіння без оброблення (контроль)	корене-утворювач	корене-утворювач + протруйник	гілкування	бутонізації	цвітіння
Без добрив (контроль)	1-й трійчастий листок	0,52	0,65	0,65	0,64	0,68	0,63
	бутонізація	1,68	1,93	1,98	2,15	2,17	2,10
	цвітіння	3,43	5,29	5,30	5,63	5,60	5,99
	налив бобів	6,92	7,38	7,11	7,39	7,66	7,54
P ₄₅ K ₆₀	1-й трійчастий листок	0,73	0,80	0,77	0,79	0,86	0,88
	бутонізація	1,99	2,38	2,53	2,52	2,45	2,65
	цвітіння	5,77	6,64	6,50	6,98	6,88	7,05
	налив бобів	8,15	9,30	8,88	9,53	9,02	9,05
N ₁₅ P ₄₅ K ₆₀ +N ₃₀	1-й трійчастий листок	0,80	0,83	0,86	0,99	0,91	0,84
	бутонізація	2,66	2,83	2,64	2,79	2,66	2,89
	цвітіння	6,34	6,68	7,15	7,17	7,39	7,69
	налив бобів	9,29	9,27	9,32	9,81	9,76	10,02
N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀	1-й трійчастий листок	0,77	0,83	0,82	0,87	0,93	0,88
	бутонізація	2,44	2,77	2,69	2,94	2,83	3,02
	цвітіння	6,30	6,90	7,57	7,58	7,38	7,50
	налив бобів	9,18	9,43	8,79	9,68	9,49	9,73
V, %	1-й трійчастий листок	17,96	11,08	11,76	17,85	13,48	14,84
	бутонізація	20,11	16,79	13,29	13,33	11,26	15,26
	цвітіння	25,24	11,51	14,93	12,35	12,37	10,78
	налив бобів	13,16	11,07	11,39	12,61	10,39	12,19

на 0,03–0,14 м²/м², або 9,9–19,7%, за середнього показника на варіанті без оброблення 0,71 м²/м².

Від фази першого трійчастого листка до фази бу-тонізації індекс листкової поверхні рослин сої у по-сіві зростав у 3,2 раза і знаходився у межах 1,68–3,02 м²/м². Внесення P₄₅K₆₀ сприяло його зростанню на 0,42 м²/м², або 21,0% за рівня на варіантах без добрив 2,00 м²/м². Застосування крім фосфорних і калійних ще й азотних добрив сприяло зростанню індексу листкової поверхні на 0,75–0,78 м²/м², або 37,5–39,0%. Передпосівне оброблення насіння спри-яло зростанню показника на 0,27–0,48 м²/м², або на 12,3–21,9% за рівня на контролі 2,19 м²/м².

До фази цвітіння показник індексу листкової поверхні у досліді зростав у 8,3 раза, порівняно

з фазою першого трійчастого листка, і становив 3,43–7,69 м²/м². У вказаний період його зростан-ня від внесених мінеральних добрив сягало 1,32–4,37 м²/м², або 25,3–38,4% за середнього показника на варіантах без добрив 5,21 м²/м². Передпосівне об-роблення насіння позитивно впливало на збільшен-ня індексу листкової поверхні на 0,95–1,20 м²/м², або 17,5–22,1% за показника на контролі 5,43 м²/м². Передпосівне оброблення насіння та позакорене-ве підживлення рослин сприяло зростанню показника на 1,38–1,63 м²/м², або на 25,4–30,0%.

Зростання індексу листкової поверхні у 10,7 разів, порівняно з фазою першого трійчастого листка, від-мічали у фазі наливу бобів. У вказаний період показ-ник у досліді знаходився у межах 6,92–10,02 м²/м².

На варіантах із внесенням мінеральних добрив його рівень збільшувався на 1,16–2,25 м²/м², або 15,8–30,7% за показника на контрольному варіанті 7,33 м²/м². На варіантах із передпосівним обробленням насіння показник зростав лише на 0,14–0,46 м²/м², або 1,7–5,6%, на варіантах із передпосівним обробленням і позакореневим підживленням рослин – на 0,59–0,71 м²/м², або 7,0–8,5% за рівня показника на контролі 8,39 м²/м².

Для формування максимальної врожайності зерна індекс листової поверхні культур має становити 4–5 м²/м² [13]. Однак, на думку А. С. Кононова [14], показник може варіювати залежно від культури від 2 до 7 м²/м², у той час для пшениці характерним є індекс листової поверхні 2,5–4,0, а для гороху – 8,2–11,0 м²/м².

У нашому досліді індекс листової поверхні сої максимальним (10,02 м²/м²) був у фазі наливу бобів на варіанті зі внесенням N₁₅P₄₅K₆₀+N₃₀ (у фазі бутонізації), передпосівним обробленням насіння коренеутворювачем і протруйником та позакореневим підживленням органо-мінеральним добривом у фазі цвітіння, що сприяло інтенсифікації, зокрема, вегетативного росту та розвитку рослин. Однак, збільшення листової поверхні не завжди означає, що відповідно підвищиться врожайність культури. Ці два процеси тісно взаємопов'язані, зростання відбувається до певної межі, за перевищення якої велика листкова поверхня, внаслідок взаємного затінення, знижує інтенсивність фотосинтезу, в результаті чого збільшується непродуктивна частина врожаю і зменшується продуктивна. Для отримання високого врожаю зерна потрібна не максимальна площа листків, а оптимальна для певних умов. Найвищий рівень урожаю насіння сої відмічали у варіантах з індексом листової поверхні на рівні 9,7–9,8 м²/м². У середньому за роки досліджень – це варіанти, які передбачали внесення N₁₅P₄₅K₆₀+N₃₀ (у фазі бутонізації), передпосівне оброблення насіння коренеутворювачем та протруйником, а також позакореневе підживлення рослин у фазі гілкування й бутонізації (рис.).

Проведений регресійний аналіз дає можливість розрахувати рівняння залежності врожайності насіння сої від показників індексу листової поверхні у фазі наливу бобів, яке має вигляд:

$$Y = 6,1456 - 0,8557X + 0,606X^2,$$

де Y – врожайність насіння, т/га;

X – індекс листової поверхні рослин, м²/м².

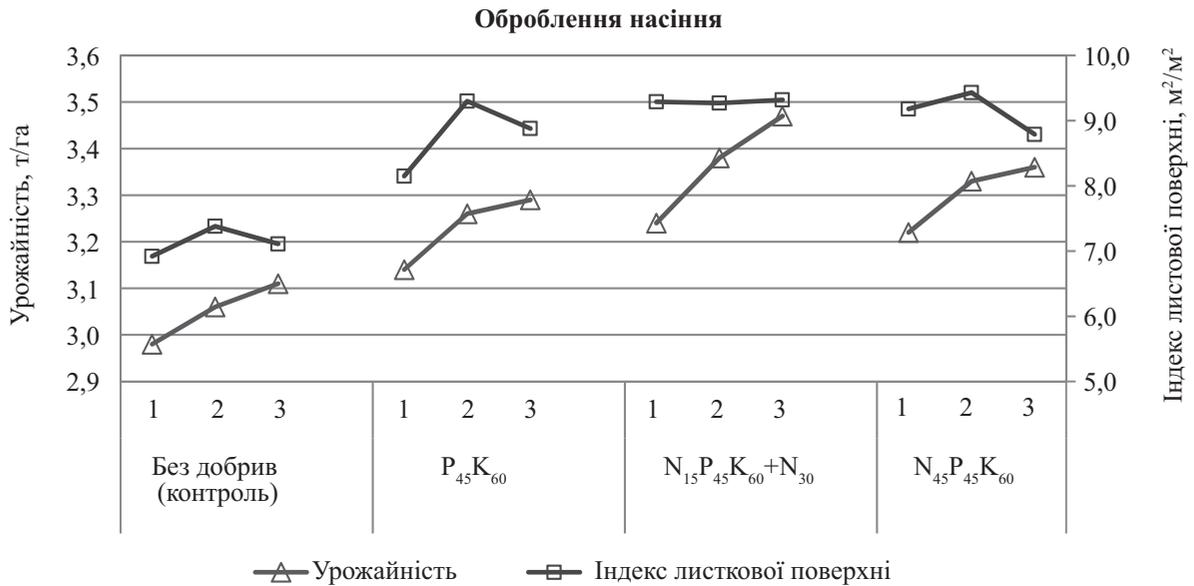
Крім самого рівняння, розраховано множинний коефіцієнт кореляції, який характеризує точність отриманих закономірностей (R=0,82) та коефіцієнт детермінації, який є критерієм оцінки впливу фактора, виражений у відсотках (D=67,24%). Доведена достовірність рівняння за критерієм Фішера (F), оскільки F_{факт.} (21,60) значно вище табличного його значення (F_{табл.} =3,47).

Фотосинтетичний потенціал посіву відображає час активної роботи листків на одиниці площі та характеризує потенційні фотосинтетичні можливості листового апарату [15]. Як свідчить аналіз отриманих результатів досліджень, фотосинтетичний потенціал сої різнився впродовж періоду вегетації культури та значно залежав від досліджуваних агрозаходів (табл. 2).

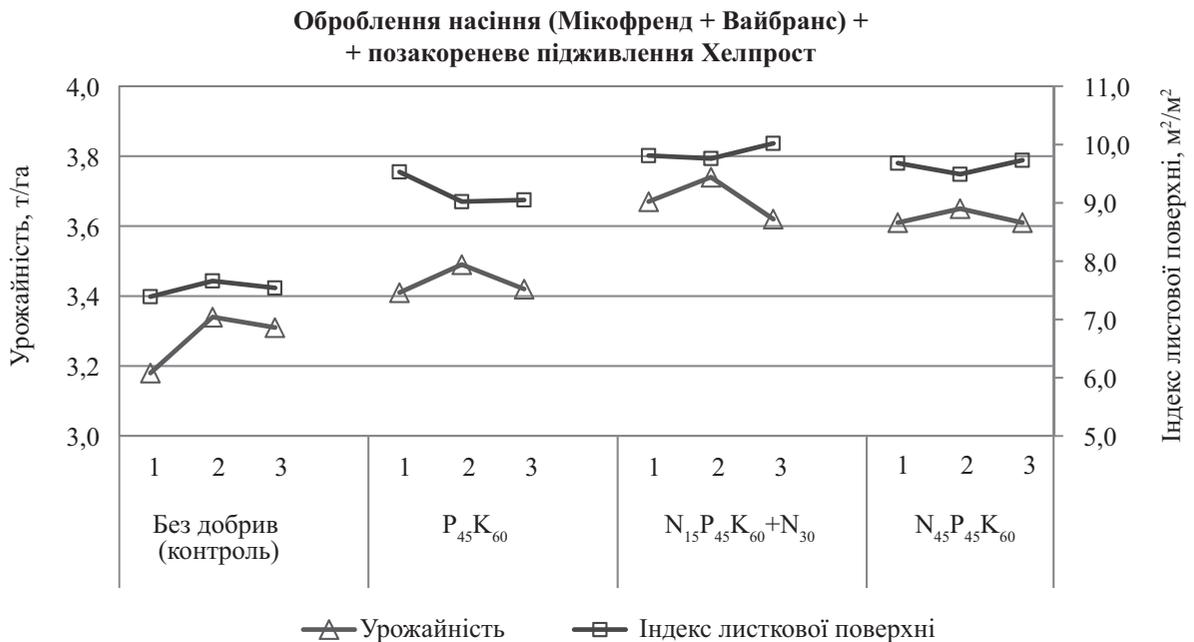
На початкових етапах росту та розвитку рослин сої – у міжфазний період від першого трійчастого листка до бутонізації, фотосинтетичний потенціал посіву був незначним і знаходився у межах від 0,18 до 0,31 млн м²/га×діб. Внесення мінеральних добрив сприяло зростанню показника на 0,03–0,06 млн м²/га×діб, або на 13,6–32,8% за його рівня на варіантах без добрив 0,22 млн м²/га×діб. Передпосівне оброблення насіння позитивно впливало на зростання показника на 0,02–0,03 млн м²/га×діб, поєднання передпосівного оброблення насіння з позакореневим підживленням – на 0,04–0,06 млн м²/га×діб, або відповідно на 8,7–13,0 і 17,4–26,1% за показника на варіанті без оброблення та підживлення 0,23 млн м²/га×діб.

У міжфазний період від бутонізації до цвітіння рівень показника зростав у 1,8–2,5 рази, порівняно з попереднім періодом і становив 0,28–0,58 млн м²/га×діб. У цей період застосування мінеральних добрив сприяли зростанню фотосинтетичного потенціалу посіву на 0,09–0,15 млн м²/га×діб, або на 22,5–37,5% за рівня на варіантах без добрив 0,40 млн м²/га×діб. Передпосівне оброблення насіння позитивно вплинуло на зростання показника на 0,06–0,08 млн м²/га×діб, передпосівне оброблення у поєднанні з позакореневим підживленням – на 0,09–0,11 млн м²/га×діб, або 14,3–19,0 та 21,4–26,2% відповідно за показника на контрольному варіанті 0,42 млн м²/га×діб.

Максимальні показники фотосинтетичного потенціалу посіву сої відмічали у міжфазний період цвітіння – налив бобів – від 0,93 до 1,59 млн м²/га×діб. На варіантах зі внесенням мінеральних добрив зростання показника становило 0,09–0,37 млн м²/га×діб,



Примітка. 1 – Без оброблення насіння (контроль); 2 – коренеутворювач; 3 – коренеутворювач+протруйник.



Примітка. (Коренеутворювач+протруйник) + позакореневе підживлення у фазі: 1 – гілкування, 2 – бутонізації, 3 – цвітіння.

Індекс листової поверхні рослин сої у фазі наливу бобів, м²/м² і урожайність, т/га, залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2021–2023 рр.

або 8,0–32,7% за рівня на варіанті без застосування мінеральних добрив у середньому 1,13 млн м²/га × діб. Передпосівне оброблення насіння сприяло зростанню показника на 0,09–0,11 млн м²/га × діб, поєднання передпосівного оброблення та позакореневого підживлення рослин – на 0,17–0,20 млн м²/га × діб, або відповідно на 7,2–8,8 та 13,6–16,0% за рівня на варіанті без оброблення насіння та обприскування рослин 1,25 млн м²/га × діб.

Висновки

З метою отримання максимального врожаю насіння технологія вирощування повинна включати агрозаходи, спрямовані на забезпечення біологічних потреб рослини впродовж періоду вегетації, зменшення впливу несприятливих зовнішніх чинників. Оптимальними умови для росту, розвитку та формування врожаю насіння сої сорту Муза були за технології вирощування, яка передбачала внесення

Таблиця 2. Фотосинтетичний потенціал посіву сої залежно від варіанта удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2021–2023 рр., млн м²/га×діб

Удобрєння	Міжфазний період	Оброблення насіння (коренеутворювач+протруйник) + + підживлення органічно- мінеральним добривом у фазі:					
		без оброблення (контроль)	корене- утворювач	коренеу- творювач + протруйник	гілкування	бутонізація	цвітіння
Без добрив (контроль)	1-й трійчастий листок – бутонізація	0,18	0,21	0,21	0,22	0,23	0,25
	Бутонізація – цвітіння	0,28	0,40	0,40	0,43	0,43	0,44
	Цвітіння – налив бобів	0,93	1,14	1,12	1,17	1,19	1,22
P ₄₅ K ₆₀	1-й трійчастий листок – бутонізація	0,21	0,22	0,26	0,26	0,26	0,28
	Бутонізація – цвітіння	0,43	0,45	0,50	0,52	0,51	0,53
	цвітіння – налив бобів	1,25	1,31	1,38	1,49	1,43	1,45
N ₁₅ P ₄₅ K ₆₀ + N ₃₀	1-й трійчастий листок – бутонізація	0,28	0,29	0,28	0,30	0,29	0,30
	Бутонізація – цвітіння	0,49	0,52	0,54	0,55	0,55	0,58
	Цвітіння – налив бобів	1,41	1,44	1,48	1,53	1,54	1,59
N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀	1-й трійчастий листок – бутонізація	0,26	0,29	0,28	0,30	0,30	0,31
	Бутонізація – цвітіння	0,48	0,53	0,56	0,58	0,56	0,58
	Цвітіння – налив бобів	1,39	1,47	1,47	1,55	1,52	1,55
V, %	1-й трійчастий листок – бутонізація	19,67	17,23	12,83	14,18	11,71	9,28
	Бутонізація – цвітіння	23,08	12,92	14,24	12,46	11,53	12,40
	Цвітіння – налив бобів	17,81	11,22	12,32	12,43	11,31	11,42

N₁₅P₄₅K₆₀+N₃₀, передпосівне оброблення насіння коренеутворювачем у поєднанні з протруйником, а також позакореневе підживлення органічно-мінеральним добривом у фазі гілкування чи бутонізації, коли відбувається формування рослинами квіток, бобів і насінин у бобі. За поєднання цих

агрозходів формувався індекс листової поверхні у фазі наливу бобів 9,7 і 9,8 м²/м², фотосинтетичний потенціал посіву у міжфазний період цвітіння–налив бобів – 1,53 і 1,54 млн м²/га×діб за показників на абсолютному контролі відповідно 6,92 м²/м² й 0,93 млн м²/га×діб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
2. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ: Урожай, 1993. 427 с.
3. Хаблак С. Сучасні зміни в технології вирощування сої. *Агроном*. 2022. № 4. С. 100–104.
4. Особливості вирощування зернобобових культур в Лісостепу: науково-методичні рекомендації. В.Ф. Камінський, А.В. Голодна, С.П. Дворецька, О.Г. Любич, С.В. Поліщук. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 108 с.
5. Pachauri, R K, and Reisinger, A. Climate change 2007. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report. Switzerland: N. p., 2008.
6. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2012. 582 pp.
7. Crop production and climate change. 2021. URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture->

- sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/.
8. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 200 с.
 9. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. (Національний стандарт України) Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с.
 10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Колос, 1979. 416 с.
 11. Гангур В.В., Пипко О.С., Прокопів О.О. Продуктивність сої залежно від технології передпосівного обробітку ґрунту та інокулювання. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С.85–90.
 12. Шепілова Т.Л., Петренко Д.І., Лещенко С.М., Артеменко Д.Ю. Формування продуктивності сої залежно від строків сівби та регуляторів росту рослин. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 4. С. 30–35.
 13. Ничипорович А. А., Строганова Л. Э., Чмора С. Н., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. Москва: Издательство АН СССР, 1961. 133 с.
 14. Кононов А. С. Агрофитоценоз и методы его исследования. Брянск: «Курсив», 2009. 300 с.
 15. Бахмат О.М. Моделивання адаптивної технології вирощування сої. Монографія. Кам'янець-Подільський, 2012. 436 с.

REFERENCES

1. Ofitsiyni sait Derzhavnoho komitetu statystyky Ukrainy. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. [in Ukrainian].
2. Babych A.O. (1993). Suchasne vyrobnytstvo i vykozystannia soi. Kyiv: Urozhai. 427 p. [in Ukrainian].
3. Khablak S. (2022). Suchasni zminy v tekhnologii vyroshchuvanni soi. *Ahronom*, 4, 100–104 [in Ukrainian].
4. Osoblyvosti vyroshchuvannya zernobobovykh kultur v Lisostepu: naukovo-metodychni rekomendatsii. (2020). V.F. Kaminskyi, A.V. Holodna, S.P. Dvoretzka, O.H. Liubchych, S.V. Polishchuk. Vinnytsia: TOV «Tvory». 108 p. [in Ukrainian].
5. Pachauri, R K, and Reisinger, A.(2008). Climate change 2007. Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report. Switzerland: N. p. [in English].
6. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. (2012). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 582 p. [in English].
7. Crop production and climate change. (2021). URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/> [in English].
8. Tooming H. G. (1977). Solnechnaya radiaciya i formirovanie urozhaya. Leningrad: Gidrometeoizdat. 200 p. [in Russian].
9. DSTU 4362:2004. (2006). Yakist ґрунту. Pokaznyky rodichosti ґруntiv. (Natsionalnyi standart Ukrainy) Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 19 p. [in Ukrainian].
10. Dospekhov B.A. (1979). Metodika polevogo opyta. Kolos. 416 p. [in Ukrainian].
11. Hanhur V.V., Pypko O.S., Prokopiv O.O. (2021). Produktynist soi zalezchno vid tekhnologii peredposivnoho obrobittku hruntu ta inokuliuвання. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4, 85–90 [in Ukrainian].
12. Shepilova T.L., Petrenko D.I., Leshchenko S.M., Artemenko D.Iu. (2021). Formuvannya produktynosti soi zalezchno vid strokiv sivby ta rehuliatoriv rostu roslyn. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4, 30–35 [in Ukrainian].
13. Nichiporovich A. A., Stroganova L. Je., CHmora S. N., Vlasova M. P. (1961). Fotosinteticheskaya deyatelnost rastenij v posevah. M.: Izdatelstvo AN SSSR. 133 p. [in Russian].
14. Kononov A.S. (2009). Agrofitocenz i metody ego issledovaniya. Bryansk: «Kursiv». 300 p. [in Russian].
15. Bakhmat O.M. (2012). Modeliuвання adaptivnoi tekhnologii vyroshchuvannya soi. Monohrafiia. Kamianets-Podilskyi. 436 p. [in Ukrainian].

Holodna A.V., Hrytsiuk Y.V.

Photosynthetic activity of soybean sowings under various farming technologies

Aim. *To determine the influence of basic fertilization options, foliar application with an easily accessible organic-mineral fertilizer during critical growth periods, pre-sowing seed treatment with a root stimulator, and*

the use of a root stimulator in combination with a fungicide on the dynamic photosynthetic activity of soybeans.

Methods. Field (to study the interaction of the object of study with biotic and abiotic factors); morphophysiological (for biological control on the development of elements of productivity by stages of organogenesis); statistical (statistical processing of research results). **Results.** The article presents the outcomes related to the leaf area formed by soybean crops during various growth and development phases, as well as their photosynthetic potential. Additionally, equations have been calculated to determine the dependency of soybean seed yield on the leaf area index indicators during the pod-filling phase. **Conclusions.** To achieve the maximum seed yield, the cultivation technology should include agricultural measures aimed at meeting the biological needs of the plant throughout the vegetative period and reducing the impact of adverse external factors. Optimal conditions for the growth, development, and yield formation of the 'Muza' soybean variety were achieved with a cultivation technology that included the application of $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ pre-sowing seed treatment with a root stimulator in combination with a fungicide, and foliar feeding with organo-mineral fertilizer during the branching or budding phases, when the formation of flowers, pods, and seeds within the pods occurs. The combination of these agricultural practices resulted in a leaf area index of 9.7 and 9.8 m^2/m^2 during the pod-filling phase and a photosynthetic potential of the crop in the interphase period between flowering and pod filling of 1.53 and 1.54 million $m^2/ha \times day$, compared to the absolute control indicators of 6.92 m^2/m^2 and 0.93 million $m^2/ha \times day$, respectively.

Key words: root stimulator, mineral fertilizer, organo-mineral microfertilizer, foliar feeding, seed treatment agent, Leaf area index, development phase, Photosynthetic potential of the crop.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Голодна А.В., доктор с.-г. наук, с. н. с., головний науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: ant.golodna@gmail.com, ORCID : 0000-0002-7775-8229.

Грицюк Я.В., аспірант, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: hrytsiuk.yaroslav@gmail.com.

Holodna A.V., doctor of agricultural sciences, Chief Scientific Officer of NSC «Institute of Agriculture NAAS, e-mail: ant.golodna@gmail.com, ORCID : 0000-0002-7775-8229.

Hrytsiuk Ya.V., graduate student National Scientific Center «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: hrytsiuk.yaroslav@gmail.com.

Надійшла 08.01.2024

ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМИХ ПРОМІЖНИХ КОРМОВИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ВИРОЩУВАННЯ В ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОМУ**Л.М. Красюк¹, І.І. Сенік², Н.В. Карасевич³, Н.П. Болтик⁴**¹ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)²Західноукраїнський національний університет, Україна (м. Тернопіль, Україна)³Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Оброшине, Україна)⁴Тернопільська дослідна станція ІВМ НААН (м. Тернопіль, Україна)

Мета. Аналіз процесів формування врожайності проміжних посівів озимих кормових культур під впливом передпосівної обробки насіння та співвідношення компонентів у сумішці. Виявити найкращі варіанти досліду для впровадження у виробництво в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу Західного. **Методи.** Польовий, лабораторний, математичної статистики. **Результати.** Дослідженнями встановлено, що формування врожайності озимих бобово-злакових травосумішок відбувалося під впливом чинників, які вивчалися в досліді, зокрема фітоценотичного складу травосумішок та способів обробки насіння бобового компонента, а також погодних умов вегетаційного періоду. Доведено, що в середньому за роки досліджень, травосумішки жита озимого та горошку паннонського за виходом сухої речовини виявилися кращими порівняно із аналогічними сумішками тритикале озимого із горошком паннонським. Залежно від співвідношення компонентів та передпосівної обробки насіння бобового компонента їхня урожайність становила відповідно 5,82–7,10 т/га та 5,48–6,64 т/га. Встановлено, що проведення передпосівної обробки насіння горошку паннонського стимулятором росту гумінового походження сприяло зростанню продуктивності травосумішок на всіх варіантах досліду. Приріст урожаю сухої речовини знаходився на рівні 0,39–0,79 т/га. **Висновки.** У середньому за роки проведення досліджень найвищою урожайністю сухої речовини, відзначився варіант, на якому висівалася травосумішка горошку паннонського в кількості 2,5 млн/га схожих насінин та жита озимого з нормою висіву 75 % від кількості висіяного насіння у чистому вигляді – 7,10 т/га сухої речовини. До того ж, насіння бобового компонента перед сівбою оброблялося стимулятором росту Лігнозумат. Серед травосумішок горошку паннонського з тритикале озимим найкраще зарекомендував себе варіант із 2,5 млн/га схожих насінин бобового компонента, що перед сівбою оброблявся рістстимулювальним препаратом Лігнозумат та тритикале озимого в кількості 25 % від повної норми висіву у чистому вигляді. Урожайність сухої речовини при цьому становила – 6,64 т/га сухої речовини.

Ключові слова: проміжні посіви, жито озиме, тритикале озиме, горошок паннонський, суха речовина, урожайність.

Вступ. Складна економічна ситуація в Україні, спричинена війною, змушує вітчизняних аграріїв адаптувати технології вирощування сільськогосподарських культур до реалійв сьогодення. Це стосується також і кормовиробництва, як галузі, що забезпечує тваринництво високоякісними кормами [1]. Актуальність цієї проблеми загострюється також змінами клімату, які спостерігаються останніми роками в Україні та впливають на технологію вирощування

кормових і польових культур [2]. Поряд із негативними сторонами кліматичних змін, слід відмітити і позитивні. Це насамперед зростання теплозабезпеченості вегетаційного періоду, завдяки якому створюються передумови для отримання двох урожаїв з одиниці площі шляхом вирощування озимих проміжних культур, а після їх збирання – основних [3].

Крім того, впровадження у виробництво озимих проміжних культур створює позитивний вплив

на навколишнє середовище, оскільки в цьому випадку відбувається секвестрація вуглецю за рахунок його зв'язування рослинами впродовж осіннього та ранньовесняного періодів [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання вирощування озимих проміжних культур є надзвичайно актуальним і йому присвячено багато наукових публікацій як вітчизняних, так і закордонних науковців. В Україні для цієї мети найчастіше використовується жито озиме, тритикале озиме та їхні сумішки із бобовим компонентом – горошком паннонським [5; 6], оскільки доведена вища поживність та продуктивність сумісних посівів над одновидовими [7; 8]. Так, дослідженнями проведеними в Правобережному Лісостепу встановлено, що кращими нормами висіву тритикале з горошком паннонським за вирощування на зелений корм є 50:50% із середньостиглим сортом тритикале Половецьке та 75:50% із середньораннім Полянське, що забезпечили врожайність листостеблової маси на рівні відповідно 42,0 і 46,2 т/га [5].

В умовах Південного Степу, як зазначають низка дослідників, урожайність зеленої маси однорічної бобово-злакової суміші озимих культур становила 55,8 т/га, з продуктивністю за сухою речовиною 14,6 т/га і виходом протеїну 1,12 т/га за висівання тритикале озимого з нормою висіву 50 і 75% горошку паннонського від повної норми висіву в одновидового посіві. У Правобережному Лісостепу вирощування тритикале озимого з горошком паннонським забезпечило збір зеленої маси на рівні 45,0 т/га, вихід сухої речовини 8,7 т/га за висівання компонентів у нормі 75:50% від моновидового посіву [9].

Дослідженнями проведеними в умовах Вінницької обл., встановлено, що найбільш продуктивними виявилися озимі агроценози, до складу яких входило жито озиме та горошок посівний. Залежно від співвідношення компонентів урожайність зеленої маси становила 38,45–41,58 т/га [10].

Як свідчать наукові праці закордонних вчених, у світі перевагою користується жито озиме, до того ж, гібридне. Найбільшого поширення набуло насіння компанії КВС, зокрема гібриди КВС Прогас, КВС Пропауер, КВС Авіатор. Так, у 2023 р. у США урожайність силосної маси одновидових посівів жита озимого гібридного у штаті Колорадо становила 9,44–10,82 т/акр, тритикале – 5,83–9,00 т/акр, пшениці озимої – 5,72 т/акр. У штаті Пенсильванія збір з 1 га силосної маси гібридного жита знаходився на рівні

19,52–20,66 т/акр, а сортового жита – 10,66 т/акр [11]. Науковці Вінниччини рекомендують як озимі проміжні культури висівати бінарні сумішки, до складу яких входить жито озиме та горошок посівний, тритикале озиме та горошок паннонський, пшениця озима (спельта) з горошком паннонським. Вони здатні забезпечити вихід сухої речовини 5,8–7,3 т/га, сирого протеїну 0,55–0,95 т/га та є високоякісною сировиною для виготовлення різних видів кормів [12].

Однак, незважаючи на досить значну кількість висвітлених у науковій літературі результатів польових експериментів із питань вирощування озимих проміжних кормових культур, для умов Лісостепу Західного ця тематика є новою і потребує всебічного вивчення. Тому метою проведення наших досліджень був аналіз процесів формування врожайності озимих проміжних кормових культур під впливом передпосівної обробки насіння та співвідношення компонентів у сумішці.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводилися у 2016–2018 рр. в умовах Західного Лісостепу України в польовому досліді Тернопільської дослідної станції Інституту ветеринарної медицини НААН. Дослід включав два фактори: фактор А – агроценоз: 1. Горошок паннонський Орлан 2,5 млн сх. нас./га + жито озиме Забава 75% від повної норми висіву в одновидовому посіві. 2. Горошок паннонський Орлан 2,5 млн сх. нас./га + тритикале озиме Богодарське 75% від повної норми висіву в одновидовому посіві – контроль. 3. Горошок паннонський сорт Орлан 2,5 млн сх. нас./га + жито озиме сорт Забава 50% від повної норми висіву в одновидовому посіві. 4. Горошок паннонський сорт Орлан 2,5 млн сх. нас./га + тритикале озиме сорт Богодарське 50% від повної норми висіву в одновидовому посіві. 5. Горошок паннонський Орлан 2,5 млн сх. нас./га + жито озиме сорт Забава 25% від повної норми висіву в одновидовому посіві. 6. Горошок паннонський сорт Орлан 2,5 млн сх. нас./га + тритикале озиме сорт Богодарське 25% від повної норми висіву в одновидовому посіві. Повна норма висіву злакового компонента становила 5,0 млн/га схожих насінин.

Фактор В – передпосівна обробка насіння бобового компонента: 1. Без проведення обробки насіння (контроль). 2. Із передпосівною обробкою насіння горошку паннонського рістстимулювальним препаратом Лігногумат.

Площа облікових ділянок 200 м². Повторність трьохразова. Скошування травосумішок проводилося у фазі прапорцевого листка злакового компонента (ВВСН 37–39). Дослідження здійснювалися згідно з загальноприйнятими методиками з наукових досліджень [13;14].

Результати та їх обговорення. Нашими дослідженнями встановлено, що формування врожайності озимих бобово-злакових травосумішок проходило під впливом чинників, які вивчалися в досліді, насамперед компонентного складу агрофітоценозу та способів обробки насіння горошку паннонського. Спостерігався також значний вплив погодних умов вегетаційного періоду, які значно відрізнялися від середніх багаторічних показників, на формування врожайності озимих кормових агрофітоценозів (рис.).

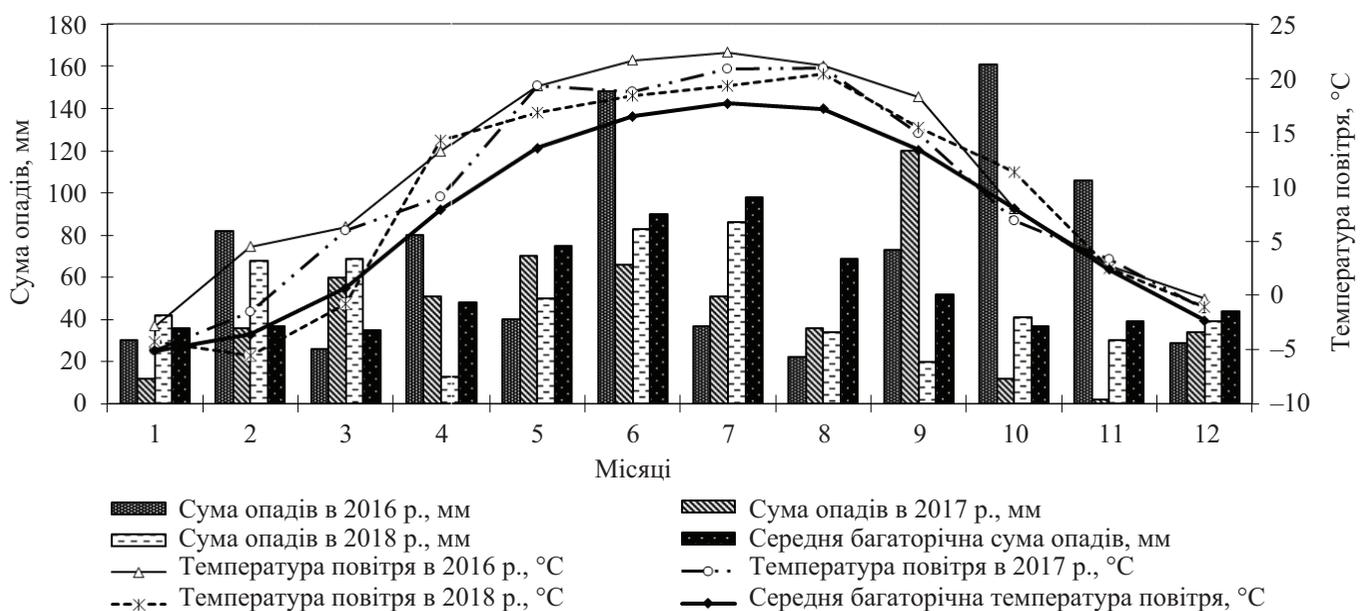
Залежно від досліджуваного варіанта урожайність сухої речовини озимих проміжних культур у 2016 р. становила 6,10–8,00 т/га (табл.).

Збір сухої речовини на варіантах із вирощуванням агрофітоценозів горошку паннонського з житом озимим становив 6,85–8,00 т/га, а при сівбі його травосумішок із тритикале озимим зазначений показник знаходився на рівні – 6,10–7,18 т/га залежно від досліджуваного варіанта.

Травосумішка, до складу якої входив бобовий компонент – горошок паннонський, насіння якого перед сівбою було оброблено рістстимулювальним препаратом Лігногумат та жито озиме в кількості 75% від повної норми висіву в одновидовому посіві сформувала 8,00 т/га сухої речовини. Зазначена

продуктивність виявилася найкращим результатом серед травосумішок цього компонентного складу. Порівняльна оцінка продуктивності за сухою речовиною травосумішок горошку паннонського з тритикале озимим довела ефективність варіанта досліді, на якому насіння бобового компонента перед сівбою оброблялося рістстимулювальним препаратом Лігногумат, а злаковий компонент висівався в кількості 25% від рекомендованої норми висіву для зони досліджень. До того ж, урожайність агрофітоценозу за сухою речовиною знаходилася на рівні 7,18 т/га.

Погодні умови, які склалися у 2017 р. виявилися менш сприятливими для росту й розвитку та формування кормової продуктивності озимих проміжних агрофітоценозів. Нестабільні температурні показники впродовж вегетаційного періоду спричинили зменшення рівня врожайності проміжних посівів озимих кормових культур. Їхня продуктивність за сухою речовиною становила 5,31–6,92 т/га. За вирощування агрофітоценозів з житом озимим, урожайність сухої речовини знаходилася на рівні 5,48–6,92 т/га. На варіантах із тритикале озимим зазначений показник перебував у межах 5,31–6,43 т/га залежно від досліджуваного варіанта. Травосумішка, до складу якої входив горошок паннонський, насіння перед сівбою оброблялося рістстимулювальним препаратом Лігногумат та жито озиме в кількості 75% від рекомендованої норми висіву для зони досліджень, сформував 6,92 т/га сухої речовини. Зазначений показник урожайності виявився найкращим результатом серед травосумішок такого ценотичного складу.



Погодні умови в роки проведення досліджень

Вихід сухої речовини агрофітоценозів озимих кормових культур залежно від компонентного складу та використання стимулятора росту, т/га

Фактор А – агрофітоценоз*	Роки							
	2016		2017		2018		середнє за 2016–2018	
	Фактор В – передпосівна обробка насіння		Фактор В – передпосівна обробка насіння		Фактор В – передпосівна обробка насіння		Фактор В – передпосівна обробка насіння	
	контроль	з обробкою	контроль	з обробкою	контроль	з обробкою	контроль	з обробкою
1	7,46	8,00	6,50	6,92	5,70	6,39	6,55	7,10
2	7,17	7,67	5,90	6,36	5,42	6,13	6,16	6,72
3	6,85	7,12	5,48	5,73	5,13	5,77	5,82	6,21
4	6,10	6,71	5,31	5,61	5,02	6,13	5,48	6,15
5	6,38	6,92	5,43	5,96	5,06	6,17	5,62	6,35
6	6,63	7,18	5,75	6,43	5,16	6,32	5,85	6,64
НІР ₀₅ , т/га	А – 0,20, В – 0,11, АВ – 0,28		А – 0,24, В – 0,13, АВ – 0,34		А – 0,22, В – 0,14, АВ – 0,36		А (рік) – 0,10, В (сумішка) 0,14, С (обробка насіння) 0,08	

Примітка. Варіанти дослідів згідно зі схемою.

Оцінка врожайності агрофітоценозів тритикале озимого, засвідчила високу ефективність травосумішки, що складалася із горошку паннонського, насіння якого перед сівбою оброблялося рістстимулювальним препаратом Лігногумат та злакового компонента, який висівався в кількості 25 % від рекомендованої норми висіву в одновидовому посіві. При цьому вихід сухої речовини з одного гектара знаходився на рівні 6,43 т.

Погодні умови 2018 р. характеризувалися сухою та жаркою погодою, що негативно позначилося на процесах росту, розвитку та формуванні кормової продуктивності досліджуваних агрофітоценозів. Внаслідок цього проміжні посіви озимих кормових культур були недостатньо розкущеними та відзначалися низькими лінійними розмірами. Це зумовило низьку врожайність варіантів дослідів, яка залежно від ценотичного складу та передпосівної обробки насіння становила 5,02–6,39 т/га сухої речовини.

За вирощування травосумішок горошку паннонського з житом озимим, їх продуктивність за сухою речовиною сягала 5,13–6,39 т/га, а з тритикале озимим – 5,02–6,32 т/га залежно від технологічних заходів вирощування. Агрофітоценоз, який складався із горошку паннонського, насіння якого перед сівбою оброблялося рістстимулювальним препаратом Лігногумат та жита озимого в кількості 75 % рекомендованої норми висіву в одновидовому посіві сформував 6,39 т/га сухої речовини. Зазначений показник

виявився найкращим серед агрофітоценозів цього компонентного складу.

Найвищу продуктивність за сухою речовиною в нашому досліді, відмічено в травосумішки, до складу якої входив горошок паннонський із тритикале озимим, насіння бобового компонента оброблялося рістстимулювальним препаратом Лігногумат, а норма висіву злакового компонента становила 25 % від рекомендованої кількості для зони досліджень. До того ж, вихід сухої речовини знаходився на рівні 6,43 т/га.

У середньому за роки проведених досліджень, найвищою врожайністю сухої речовини відзначився варіант, на якому висівалася травосумішка горошку паннонського та жита озимого в кількості 75 % від рекомендованої кількості для зони досліджень – 7,10 т/га. При цьому насіння бобового компонента перед сівбою оброблялося рістстимулювальним препаратом Лігногумат.

Серед травосумішок із тритикале озимим, найкраще зарекомендував себе варіант, на якому насіння горошку паннонського (2,5 млн/га схожих насінин) перед сівбою оброблялося рістстимулювальним препаратом Лігногумат, а кількість злакового компонента становила 25 % від рекомендованої норми висіву для зони проведення досліджень – 6,64 т/га сухої речовини.

Встановлено, що здійснення передпосівної обробки насіння горошку паннонського стимулятором

росту гумінового походження сприяло підвищенню продуктивності травосумішок на всіх варіантах дослідю. Приріст урожаю сухої речовини становив 0,39–0,79 т/га.

Висновки

В умовах природного зволоження Західного Лісостепу, для забезпечення господарств, які займаються скотарством, додатковою кількістю кормів у ранньовесняний період, доцільно вирощувати сумішки горошку паннонського з житом озимим та з тритикале озимим. Завдяки цьому відбувається ефективніше використання ґрунтово-кліматичних ресурсів та створюються передумови

для отримання двох урожаїв на рік з одиниці площі. Поєднання оптимального співвідношення компонентів в агроценозі (2,5 млн/га схожих насінин горошку паннонського та жита озимого 75 % від повної норми висіву в одновидовому посіві або цієї самої кількості бобового компонента та 25 % тритикале озимого від повної норми висіву у чистому вигляді) із передпосівною обробкою насіння гуміновим добривом з рістстимулювальними властивостями Лігногумат забезпечить отримання відповідно 7,10 та 6,64 т/га сухої речовини. До того ж, завдяки одночасному вирощуванню зазначених травосумішок досягається конвеєрне надходження кормів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В. Стратегії інноваційного розвитку кормовиробництва України в умовах сучасних викликів. *Вісник аграрної науки*. 2018. 96 (1). С. 11–17.
2. Сенік І.І., Сидорук Г.П., Шувар А.М., Гумендик М.Я., Панькевич В.С., Пиріг Г.І., Горун М.В. Кормовиробництво Тернопільщини в умовах кліматичних та господарсько-економічних змін. Тернопіль: Вектор, 2023. 178 с.
3. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В. Стратегії розвитку аграрного виробництва в умовах змін клімату. *Матеріали XII Міжнародної наукової конференції «Корми і кормовий білок»*. Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН (15 липня 2020 року). Вінниця. 2020. С. 10–13.
4. Рижук С.М., Кочик Г.М., Мельничук А.О., Кучер Г.А., Савчук О.І. Обґрунтування підходів і стратегічних напрямів щодо секвестрації й збільшення органічного вуглецю в ґрунтах зони Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2022. №5 (830). С. 20–32.
5. Бовсуновська О.В. Формування кормової продуктивності бінарних сумішей горошку посівного паннонського із тритикале озимим залежно від елементів технології вирощування в Лісостепу правобережному. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. №1–2. С. 87–93.
6. Захлебна Т.П. Оптимізація норм висіву горошку посівного в змішаних посівах із колосовими злаками в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовий білок: тези доп. міжнар. наук. конф. 4-5 липня 2018 р.* Вінниця, 2018. С. 18–21.
7. Векленко Ю.А., Ковтун К.П., Матіяш Н.О. Вплив норм висіву та удобрення на кормову продуктивність вівсяно-бобових сумішок в умовах правобережного Лісостепу. *Корми та кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 57–62.
8. Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В., Векленко Ю.А. Наукові основи розвитку кормовиробництва в Україні. *Матеріали XII Міжнародної наукової конференції «Корми і кормовий білок»*. Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН (15 липня 2020 року). Вінниця. 2020. С. 10–13.
9. Гетман Н.Я., Бугайов В.Д., Лілик Т.В., Іскра О.В., Василенко Р.М., Степанова І.М. Продуктивність сумішей горошку паннонського з тритикале озимим залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 96–101.
10. Захлебна Т.П. Змішані посіви озимих проміжних культур як спосіб отримання високоякісного зеленого корму, сіна та сінажу. *Корми і кормовиробництво*. 2021. Вип. 91. С. 116–123.
11. Hybrid Rye KWS. 2023 Yield Results. URL: https://issuu.com/kws.us/docs/kws_yield_results23small. (Дата звернення 21.01.2024).
12. Векленко Ю.А., Гетман Н.Я., Захлебна Т.П., Ксенчина О.М. Продуктивність кормових культур та ефективність їх вирощування за органічного виробництва рослинної сировини. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 143–151.
13. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: ДІА, 2005. 288 с.
14. Бабич А.О. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин. Вінниця, 1998. 78 с.

REFERENCES

1. Petrychenko V.F., Korniiichuk O.V. (2018). Stratehii innovatsiinoho rozvytku kormovyrobnytstva Ukrainy v umovakh suchasnykh vyklykiv. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 96 (1), 11–17 [in Ukrainian].
2. Senyk I.I., Sydoruk H.P., Shuvar A.M., Humentyk M.Ia., Pankevych V.S., Pyrih H.I., Horun M.V. (2023). Kormovyrobnytstvo Ternopilshchyny v umovakh klimatychnykh ta hospodarsko-ekonomichnykh zmin. Ternopil: Vektor. 178 pp. [in Ukrainian].
3. Petrychenko V.F., Korniiichuk O.V. (2020). Stratehii rozvytku ahrarnoho vyrobnytstva v umovakh zmin klimatu. *Materialy XII Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii «Kormy i kormovy bilok»* (15 lystopada 2020 roku). Instytut kormiv ta silskoho hospodarstva Podillia NAAN. Vinnytsia. P. 10–13 [in Ukrainian].
4. Ryzhuk S.M., Kochyk H.M., Melnychuk A.O., Kucher H.A., Savchuk O.I. (2022). Obgruntuvannia pidkhodiv i stratehichnykh napriamiv shchodo sekvestratsii y zbilshennia orhanichnoho vuhletsiu v gruntakh zony Polissia. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 5 (830), 20–32 [in Ukrainian].
5. Bovsunovska O.V. (2018). Formuvannia kormovoï produktyvnosti binarnykh sumishei horoshku posivnoho pannonskoho iz trytykale ozymym zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannia v Lisostepu pravoberezhnomu. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*, 10, 1–2, 87–93 [in Ukrainian].
6. Zakhliebna T.P. (2018). Optyimizatsiia norm vysivu horoshku posivnoho v zmishanykh posivakh iz kolosovymy zlakamy v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. *Kormy i kormovy bilok, tezy dop. mizhnar. nauk. konf. 4-5 lystopada 2018 r.* Vinnytsia. P. 18–21 [in Ukrainian].
7. Veklenko Yu.A., Kovtun K.P., Matiiash N.O. (2018). Vplyv norm vysivu ta udobrennia na kormovu produktyvnist vivsiano-bobovykh sumishok v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu. *Kormy ta kormovyrobnytstvo*, 86, 57–62 [in Ukrainian].
8. Petrychenko V.F., Korniiichuk O.V., Veklenko Yu.A. (2020). Naukovi osnovy rozvytku kormovyrobnytstva v Ukraini. *Materialy XII Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii «Kormy i kormovy bilok»* (15 lystopada 2020 roku). Instytut kormiv ta silskoho hospodarstva Podillia NAAN. Vinnytsia. P.10–13 [in Ukrainian].
9. Hetman N.Ia., Buhaiov V.D., Lilyk T.V., Iskra O.V., Vasylenko R.M., Stepanova I.M. (2016). Produktivnist sumishei horoshku pannonskoho z trytykale ozymym zalezno vid gruntovo-klimatychnykh umov vyroshchuvannia. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 82, 96–101 [in Ukrainian].
10. Zakhliebna T.P. (2021). Zmishani posivy ozymykh promizhnykh kultur yak sposib otrymannia vysokoiakisnoho zelenoho kormu, sina ta sinazhu. *Kormy i kormovyrobnytstv*, 91, 116–123. [in Ukrainian].
11. Hybrid Rye KWS. 2023 Yield Results. URL: https://issuu.com/kws.us/docs/kws_yield_results23small [in USA].
12. Veklenko Yu.A., Hetman N.Ia., Zakhliebna T.P., Ksenchina O.M. (2020). Produktivnist kormovykh kultur ta efektyvnist yikh vyroshchuvannia za orhanichnoho vyrobnytstva roslynnoi syrovyny. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 89, 143–151 [in Ukrainian].
13. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. Kyiv.: Diia. 288 p. [in Ukrainian].
14. Babych A.O. (1998). Metodyka provedennia doslidiv z kormovyrobnytstva i hodivli tvaryn. Vinnytsia. 78 p. [in Ukrainian].

Krasiuk L.M., Senyk I.I., Karasevych N.V., Boltyk N.P.

Productivity of winter intermediate forage crops depending on the technological measures of growing in the conditions of the Western Forest-Steppe

Aim. Analysis of the processes of yield formation of winter intermediate forage crops under the influence of pre-sowing seed treatment and the ratio of components in the mixture. To identify the best variants of the experiment for implementation in production in the soil and climatic conditions of the western forest-steppe. **Methods.** Field, laboratory, mathematical statistics. **Results.** Research has established that the formation of the winter legume-cereal agrophytocenoses yield was influenced by the studied factors, in particular, the component composition of the agrophytocenosis and the methods of processing the seeds of the legume component, as well as the weather conditions of the growing season. It has been proven that, on average, over the years of research, grass

*mixtures of winter rye and pannonian peas were better in terms of dry matter yield compared to similar mixtures of winter triticale with pannonian peas. Depending on the ratio of the components and the pre-sowing treatment of the leguminous component seeds, their yield was 5.82–7.10 t/ha and 5.48–6.64 t/ha, respectively. It was stated that the pre-sowing treatment of pannonian peas seeds with a growth stimulator of humic origin contributed to the increase in the productivity of grass mixtures in all variants of the experiment. The increase in dry matter yield was 0.39–0.79 t/ha. **Conclusions.** On average, over the years of research, the highest productivity in terms of dry matter was marked by the option where a grass mixture of pannonian peas was sown with a sowing rate of 2.5 million/ha of similar seeds and winter rye 75% of the full sowing rate in its pure form – 7.10 t/ha of dry matter. At the same time, the seeds of the leguminous component were treated with the Lignohumate growth stimulator before sowing. Among the agrocenoses of pannonian peas with winter triticale, the variant with 2.5 million/ha of similar leguminous components, which before sowing was treated with the Lignohumate growth stimulator and winter triticale 25% of the full rate of sowing in its pure form – 6.64 t/ha of dry matter, proved to be the best .*

Key words: intermediate sowings, winter rye, winter triticale, pannonian peas, dry matter, productivity.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Красюк Л.М., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: iznaanaspirant@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9871-8253.

Сеник І.І., доктор сільськогосподарських наук, с.н.с., Західноукраїнський національний університет, e-mail: senyk_ir@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3249-2065.

Krasiuk L.M., Candidate of agricultural sciences, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: iznaanaspirant@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9871-8253.

Senyk I.I., Doctor of Agricultural Sciences, senior researcher, West Ukrainian National University, e-mail: senyk_ir@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3249-2065.

Карасевич Н.В., доктор філософії, Інститут сільськогосподарства Карпатського регіону НААН, e-mail: natalikristi@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1416-559X.

Болтик Н.П., кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Тернопільська дослідна станція Інституту ветеринарної медицини НААН, e-mail: boltiknatalia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7378-7735.

Karasevich N.V., Doctor of Philosophy, Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the NAAS, e-mail: natalikristi@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1416-559X.

Boltyk N.P., Candidate of agricultural sciences, senior researcher, Ternopil research station of the Institute of Veterinary Medicine of the NAAS, e-mail: boltiknatalia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7378-7735.

Надійшла 24.01.2024

ВПЛИВ СУМІСНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТРУЙНИКІВ ТА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА РІВЕНЬ ЗАХВОРЮВАНOSTІ РОСЛИН СОЇ

Н. В. Грицюк, Т.М. Тимошук, А. В. Бакалова, І. В. Іващенко

Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

Мета. Встановити найпоширеніші хвороби сої, визначити їх видовий склад в умовах Західного Полісся. Розробити екологічно безпечні елементи технології захисту посівів сої від хвороб за застосування суміші хімічних препаратів із добривом-пробіотиком. **Методи.** Лабораторний (проведення фітопатологічної експертизи насіння сої для встановлення заселення культури патогенною та сапрофітною мікофлорою); польовий (для проведення моніторингу фітосанітарного стану посівів сої). **Результати.** У результаті фітосанітарного обстеження виробничих посівів сої виявлено найпоширеніші хвороби – фузаріозна коренева гниль, аскохітоз та бактеріоз. Під час проведення фітоекспертизи встановлено, що насіння сої на контрольному варіанті заселено грибами роду *Fusarium* spp. – 4,7 %, *Alternaria* spp., та *Miscor tucedo* – 15,4 %. За обробки препаратом Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т насінневої інфекції не виявлено. Сукупна заселеність мікроорганізмами, за застосування органічного добрива-пробіотику Ліанум, р., 2 л/т, зменшилася на 7,1 %, а у поєднанні з Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т – на 15,2 %, з Сферіко, ТН, 0,8 л/т – на 10,7 % порівняно з контрольним варіантом. В умовах природного інфекційного фону у фазі ВВСН 70-79 розвиток фузаріозної кореневої гнилі становив 13,2 %, аскохітозу – 14,3 %, бактеріозу – 22,0 %. За сумісного застосування Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т рослини сої були без видимих симптомів аскохітозу, а розвиток кореневої гнилі знизився на 11,3 % порівняно з контрольним варіантом, технічна ефективність при цьому сягала 100 % та 83,1 %, а за використання Сферіко, ТН, 0,8 л/т Ліанум, р., 2 л/т технічна ефективність проти кореневої гнилі становила 65,2 %, проти аскохітозу – 100,0 %. **Висновки.** Протруєння є необхідним і стратегічно важливим прийомом захисту сої від фузаріозної кореневої гнилі та аскохітозу. За обробки насіння сумішами препаратів Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т та Сферіко, ТН, 0,8 л/т Ліанум, р., 2 л/т дає змогу додатково отримати приріст урожаю на рівні 0,86 т/га і 0,66 т/га. Крім того, композиції препаратів значно зменшують заселеність патогенів *Fusarium* spp. на 3,8 та 3,3 % порівняно з контрольним варіантом і виявляють високу технічну ефективність як у лабораторних, так і у польових умовах.

Ключові слова: соя, фузаріозна коренева гниль, аскохітоз, бактеріоз, фунгіциди-протруйники, добриво-пробіотик, розвиток хвороби, технічна ефективність.

Вступ. Постановка проблеми. Соя – найпоширеніша у світі зернобобова та олійна культура, що має величезне кормове, харчове й технічне значення. Соя посідає провідне місце у виробництві олії і рослинного білка. Крім того, насіння сої містить життєво важливі для людини речовини. Використання соєвого шроту або макухи в кормовиробництві дає змогу підвищити продуктивність худоби й птиці і скоротити витрату кормів на 30–50%. Соєве борошно, концентрати та ізоляти соєвого білка широко застосовуються в харчовій промисловості [1; 2].

Культура відіграє значну роль у поповненні ресурсів ґрунтового азоту за рахунок фіксації його бульбочковими бактеріями (150–180 кг/га). Вона покращує

структуру ґрунту, збагачує його азотом і завдяки цьому є одним з кращих попередників для зернових колосових культур. Сою можна вирощувати в короткоротаційних (2–3-пільних) сівозмінах зі злаковими культурами, і як показує виробничий досвід, на півдні європейської частини країни перспективне вирощування сої в рисових сівозмінах [3–5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками втрати врожаю зерна сої від бур'янів, шкідників і патогенів досягали 30–40 % [6]. Причинами цього можуть бути, насамперед, є порушення сівозміни, система обробітку ґрунту, скорочення обсягів застосування добрив та засобів захисту рослин і безконтрольне ввезення в регіони насінневого

матеріалу з-за кордону, що створює умови для поширення та розвитку шкідливих організмів. У зв'язку з цим, проблема захисту посівів від патогенів входить до низки найбільш актуальних [7; 8].

Одним із лімітувальних чинників, які зменшують продуктивність сої є збудники хвороб, а тому збільшуються обсяги використання хімічних засобів захисту, що призводить до значного екологічного навантаження на довкілля [9]. Для захисту від хвороб сої найчастіше застосовують передпосівну обробку насіння хімічними речовинами. Зменшення використання агресивних хімічних реагентів можливе завдяки застосуванню біологічно активних речовин. До цієї групи належать біологічні препарати азотофіксуювальних бактерій, добрива-пробіотики, регулятори та стимулятори росту. Проникаючи у кореневу систему сої, ці препарати підсилюють утворення бульбочок, у яких відбувається зв'язування молекулярного азоту атмосфери. Під час використання препаратів підвищується активність низки фізіологічних процесів у рослинах та їхня стійкість до хвороб. У результаті збільшується врожай зерна та зеленої маси бобових, підвищується частка біологічного азоту у ґрунті [10; 11].

Один із прийомів нарощування продуктивності посівів сої є оптимізація фітосанітарного стану. Висока шкідливість комплексу захворювань і шкідників призводить до втрати 15–35 % врожаю, а у роки надмірного зволоження вони можуть перевищувати 50 % [12]. Збільшення адаптивності та імунності – найважливіший елемент фітосанітарних заходів у агротехнології сої. Тому особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на розробку біологічно безпечних та економічно вигідних прийомів захисту рослин на основі підвищення витривалості та стійкості рослин із використанням різних регуляторів росту й розвитку (PPP), препаратів на біологічній основі, а також удобрювально-стимулювальних речовин [13; 14].

Мета і завдання досліджень – встановити найпоширеніші хвороби сої, визначити їх видовий склад. Розробити екологічно безпечні елементи технології захисту посівів сої від хвороб за застосування суміші хімічних препаратів із добривом-пробіотиком.

Матеріали та методи досліджень. З метою вивчення сучасних протруйників-фунгіцидів у поєднанні з добривом проводили дослідження на виробничих посівах сої впродовж 2022–2023 рр. у ТзОВ «Межиріччі Агро» Корецького р-ну Рівненської обл. згідно з прийнятою методикою.

Ґрунти дослідних ділянок – дерново-підзолисті рН 5,6–6,2, вміст гумусу – 1,7–2,1, вміст легкогідролізованого азоту 6,5 г, калію (K_2O) – 19,1 г, вміст рухомого фосфору (P_2O_5) – 24,8 г. Агротехніка в дослідках – загальноприйнята для вирощування сої в умовах перехідної зони Рівненської обл.

Площа ділянок – 10,8 м², розташування варіантів рендомізоване, повторність досвіду 4-кратна. Як об'єкт досліджень був обраний сорт Віндзор (оригінатор фірма DSV Україна) – ранній, напівдетермінантний, вегетаційний період – 115–120 діб. Строки сівби – оптимальний, норма висіву 600 тис. насінин на 1 га. Обліки та спостереження проводили відповідно до методичних рекомендацій [15; 16]. Попередник – пшениця озима. Мінеральні добрива вносили із розрахунку N_{90} , P_{60} , K_{60} діючої речовини під передпосівну культивування (аміачна селітра, діаммофоска). Для захисту посівів сої від бур'янів застосовували до посіву гербіцид Містраль, ВГ (0,4л/га), до появи сходів – Пендіган, КЕ (1,8л/га) проти однорічних дводольних та злакових бур'янів. У фазі 3–5 потрійних листків сої проти бур'янів застосовували Евентус, МЕ (1,8л/га) [17; 18].

Обробляли насіння сої препаратами в день посіву методом інкрустації у такій комбінації:

- Контроль.
- Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т.
- Сферіко, ТН, 1 л/т.
- Ліанум, р., 2 л/т.
- Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т.
- Сферіко, ТН, 0,8 л/т Ліанум, р., 2 л/т.

Максим XL 035 FS, т. к. с., діюча речовина – металаксил 25 г/л + флудіоксоніл 10 г/л; **Сферіко, ТН**, діюча речовина – флудіоксоніл 25 г/л + кіралаксил, 20 г/л; **Ліанум, р.**, – органічне добриво-пробіотик, до складу Ліанурум входять 18 амінокислот рослинного походження, а також мікроорганізми природного походження – азотофіксувальні – *Azotobacter*, бульбочкові бактерії – *Rhizobium subtilis*, фосфат-мобілізувальні – *Bacillus subtilis*, *B. megaterium*, *Pseudomonas* та ін. [19].

Результати та їх обговорення. В умовах сільськогосподарського підприємства ТзОВ «Межиріччі Агро» Корецького р-ну Рівненської обл. у посівах сої найбільш шкідливими хвороби виявилися – фузаріозна коренева гниль, аскофітоз та бактеріоз, які знижують урожайність зерна до 40 %. Згідно з проведеними

Таблиця 1. Ефективність фунгіцидів і добрива Ліанум проти насінневої інфекції (сорт Віндзор, 2022-2023 рр.)

Варіанти досліджу	Мікрофлора					
	<i>Fusarium spp.</i>		<i>Alternaria spp., Mucor mucedo</i>		всього	
	ураженість, %	ефективність, %	ураженість, %	ефективність, %	ураженість, %	ефективність, %
Контроль	4,7	–	15,4	–	20,1	–
Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т	0	100	0	100	0	100
Сферіко, ТН, 1 л/т	2,0	57,4	4,0	74,0	6,0	70,1
Ліанум, р., 2 л/т	4,0	14,9	9,0	41,5	13,0	35,3
Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т	0,9	80,8	4,0	74,0	4,9	75,6
Сферіко, ТН, 0,8 л/т Ліанум, р., 2 л/т	1,4	70,2	8,0	48,1	9,4	53,2

лабораторними дослідженнями встановлено, що насіння сої значною мірою інфікується патогенною мікрофлорою – грибами роду *Fusarium spp.* і сапрофітною – *Alternaria spp.*, *Mucor mucedo*, що зумовлює зниження ефективності препаратів (табл. 1).

Аналіз фітоекспертизи насіння сої показав значну заселеність сої фузаріозними грибами (4,7 %) та сапрофітами *Alternaria spp.*, *Mucor mucedo* (15,4 %) на необробленому препаратом варіантах (контроль). Протруювання сої препаратом Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т забезпечило 100 % ефективність препарату, була відсутня заселеність насіння сої патогенними (*Fusarium spp.*) та пліснявими грибами (*Alternaria spp.* і *Mucor mucedo*).

Органічне добриво-пробіотик Ліанум, р. з нормою витрати 2 л/т мало найменшу ефективність до всієї сукупної інфекції – 35,3 %, оскільки заселеність насіння сапрофітними грибами *Alternaria spp.*,

Mucor mucedo – 9,0 %, і грибами роду *Fusarium spp.* становила 4,0 %. Незважаючи на низьку технічну ефективність, добриво підсилило ефективність хімічних препаратів у польових умовах, що видно із наступних результатів дослідження (табл. 2).

Ефективність сумісного застосування препаратів Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т у поєднанні з добривом Ліанум, р., 2 л/т була на високому рівні й становила в середньому – 75,6 %, що практично рівна ефективності препарату Сферіко, ТН, 1 л/т (70,1 %) і на 24,2 % нижче за препарат Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т. Меншу ефективність (53,2 %) мала комбінація з препаратів Сферіко, ТН, 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т, на 22,4 % менше, ніж композиція з препаратом Максим XL 035 FS, т. к. с.

Збудниками кореневої гнилі є гриби, які відносяться за способом живлення до факультативних паразитів і впродовж усього вегетаційного періоду

Таблиця 2. Ефективність протруйників і добрива Ліанум проти хвороб сої (сорт Віндзор, 2022-2023 рр.)

Варіант досліджу	Фаза бутонізації ВВСН 51–59				Фаза плодоутворення ВВСН 70–79			
	Фузаріозна коренева гниль				Аскохітоз		Бактеріоз	
	Р*, %	ТЕ*, %	Р, %	ТЕ, %	Р, %	ТЕ, %	Р, %	ТЕ, %
Контроль	8,9	–	13,2	–	14,3	–	22,0	–
Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т	3,7	75,4	12,1	43,0	7,0	59,3	5,2	31,0
Сферіко, ТН, 1 л/т	4,5	63,8	5,4	69,6	8,2	49,6	5,0	40,3
Ліанум, р., 2 л/т	5,8	44,9	7,0	55,4	9,5	39,0	6,5	49,1
Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т	0,0	100	1,9	83,1	0,0	100	0,5	88,1
Сферіко, ТН, 0,8 л/т Ліанум, р., 2 л/т	2,3	81,2	6,0	65,2	0,0	100	1,3	27,5

Примітка. Р* – розвиток хвороби; ТЕ* – технічна ефективність.

Таблиця 3. Вплив фунгіцидів і добрива на структурні елементи продуктивності і урожайності сої (сорт Віндзор, 2022-2023 рр.)

Варіант досліджу	К-сть бобів на 1 рослину, шт.	К-сть насіння на 1 рос., шт.	Маса насіння з 1 росл., г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га	Приріст врожаю, т/га
Контроль	19,2	44,1	7,75	160,6	3,24	–
Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т	21,5	52,1	8,3	162,2	3,81	0,57
Сферіко, ТН, 1 л/т	21,1	50,7	8,0	162,4	3,75	0,51
Ліанум, р., 2 л/т	20,0	46,0	7,55	161,0	3,66	0,42
Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т	23,7	58,4	9,0	165,4	4,1	0,86
Сферіко, ТН, 0,8 л/т Ліанум, р., 2 л/т	22,0	56,8	8,8	163,9	3,9	0,66
НІР _(0,05) (т/га)					0,24	

присутні у ґрунтовому ценозі. Вони уражують передусім фізіологічно слабкі рослини, тому всі прийомы як агротехнічні, так і хімічні, спрямовані на покращання стану посівів, будуть сприяти зниженню шкідливості хвороби.

Основне завдання протруювання насіння – стримати розвиток хвороби на початковому етапі вегетації рослин, коли дія патогена може бути найбільш шкідливою. Інтенсивність ураження у фазі бутонізації в умовах природного інфекційного фону кореневою гниллю сягало 3,7–8,9 %, у фазі плодоутворення кореневою гниллю – 1,9–13,2 %, аскохітозу – 7,0 – 14,3 %, бактеріозу – 0,5–22,0 % (табл. 2).

Фунгіцидна активність всіх досліджуваних препаратів залежала від погодних умов і надто відрізнялася один від одного. Найвищу технічну ефективність у фазі бутонізації проти фузаріозної кореневої гнилі відмічено у таких композиціях із препаратів: Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т – 100 %, та Сферіко, ТН, 0,8 л/т Ліанум, р., 2 л/т – 81,2 %. Дещо нижчу ефективність цих сумішей проти фузаріозної кореневої гнилі було виявлено у фазі плодоутворення – 83,1 % і 65,2 %.

Найкращим результатом проти аскохітозу сої показала комплексна обробка сумішшю препаратів Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т, Сферіко, ТН, 1 л/т з добривом Ліанум, р., 2 л/т. Їх ефективність у фазі плодоутворення ВВСН 70–79 становила – 100 %. Дещо нижчу ефективність 59,3 % і 49,6 % виявлено за обробки насіння Максим XL 035 FS, т. к. с., 1 л/т і Сферіко, ТН, 1 л/т. Обробка добривом Ліанум, р., у нормі втрати 2 л/т становила ефективність проти аскохітозу – 39,0 %. На розвиток бактеріозу препарати не мали впливу. Відмічали лише тенденцію зниження розвитку бактеріозу.

Зменшення ступеня ураження сої фузаріозною кореневою гниллю, аскохітозом та бактеріозом позитивно вплинуло на продуктивність рослин (табл. 3).

Досліджувані протруйники забезпечили отримання збереженого врожаю за рахунок збільшення кількості бобів на 1 рослину на 0,8–4,5 шт., кількості насіння на 1 рослину – 1,9–14,4 шт., маса насіння з 1 рослини – 0,2–1,25 г, маса 1000 зерен – 0,4–4,8 г порівняно з контрольним варіантом і залежно від протруйника.

Урожайність залежно від варіанта досліджу коливалася у межах 3,24 – 4,1 т/га. Найвищий приріст урожаю спостерігали за обробки сумішами препаратами Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т та Сферіко, ТН, 0,8 л/т Ліанум, р., 2 л/т, що становив 0,86 і 0,66 т/га.

Висновки

В умовах господарства ТзОВ «Межиріччі Агро» Корецького р-ну Рівненської обл. найбільш поширеними і шкідливими хворобами сої є фузаріозна коренева гниль, аскохітоз, бактеріоз, які щороку уражують рослини від 30 до 40% при розвитку хвороби від 14 до 28%. Протруєння насіння сої сумішшю препаратів Максим XL 035 FS, т. к. с., 0,8 л/т + Ліанум, р., 2 л/т та Сферіко, ТН, 0,8 л/т Ліанум, р., 2 л/т сприяє зниженню інфікування грибами роду *Fusarium* на 3,8 та 3,3 % порівняно з контрольним варіантом. Також володіють високою ефективністю проти основних збудників насінневої, ґрунтової і аерогенної інфекції, що дає змогу зберегти близько 3,5–9,1 % врожаю сої. Отже, протруєння є необхідним і стратегічно важливим прийомом захисту сої від кореневої гнилі фузаріозної етіології, аскохітозу, бактеріозу. За обробки насіння сумішами препаратів із добривом-пробіотиком Ліанум, р. дає можливість додатково отримати приріст урожаю від 0,66 до 0,86 т/га.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гордійчук Н. Соя – стратегічна культура у світі та Україні: досвід вирощування країн лідерів. *Агроном*. 2015. № 1. С. 152–153.
2. Коробка А. А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 125–134. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098>.
3. Корнійчук М. С., Поліщук С. В., Ляска С. І. Найбільш поширені хвороби сої в Лісостепу України і контроль їх розвитку. *Захист і карантин рослин*. 2015. Вип. 61. С. 177–186.
4. Hrytsiuk N., Bakalova A., Ivaschenko I., Kotkova T. Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. 26(3). 48–57. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor3.2023.48>.
5. Nascimento K. J. T., Debona D., Rezende D., DaMatta F. M., Rodrigues F. Á. Changes in leaf gas exchange and chlorophyll a fluorescence on soy bean plants supplied with silicon and infected by *Cercospora sojae*. *Journal of Phytopathology*. 2018. Vol. 166. Issue 11-12. Pp. 747–760. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12757>.
6. Адаменко О. П. Визначення шкідливої дії фузаріозу на посівах сої та сучасний стан обмеження його розвитку. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Сер.: Фітопатологія та ентомологія*. 2013. № 10. С. 7–16.
7. Марков І. Л. Діагностичні ознаки хвороб сої та біолого-екологічні особливості розвитку їх збудників. *Агроном*. 2013. № 2 (40). С. 146–151.
8. Марков І. Л. Інтегрований захист сої від хвороб. *Агроном*. 2013. № 2 (40). С. 152–159.
9. Косилович Г., Голячук Ю. Захист сої від хвороб. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер.: агрономія*. 2020. № 1. С. 163–169. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.163>.
10. Горянська Ю.В., Соломійчук М.П., Кирик М.М. Вплив комплексу біофунгіцидів та біостимуляторів на ріст та розвиток рослин сої в західному Лісостепу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 2 (72). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/10655>.
11. Соломійчук М.П., Піковський М.Й. Вплив біостимуляторів та біостимулюючих комплексів на ріст і розвиток сої в західному лісостепу України. *Захист і карантин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 251–268. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.251-269>.
12. Павлище А.В., Жемойда А.В., Кірізій Д.А., Рибаченко Л.І. Функціонування симбіотичного і фотосинтетичного апаратів сої за впливу протруйників фунгіцидної дії та екзогенного лектину. *Фізіологія рослин і генетика*. 2019. Т. 51. № 6. С. 516–528. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2019.06.517>.
13. Притула О.В. Новікова Т.П. Ефективність дії фунгіцидів на посівів сої в умовах правобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131 С. 175–180. DOI: [10.32782/2226-0099.2023.131.22](https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.22).
14. Камінський В. Ф., Мосьондз Н. П. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сої в умовах північного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук.зб.* Вінниця, 2010. Вип. 66. С. 91–95.
15. Методики випробування і застосування пестицидів; за ред. проф. С.О. Трибеля. Київ: Світ, 2001. 447 с.
16. Омелюта В.П. та ін. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур. Київ: Урожай, 1986. 296 с.
17. Грицюк Н.В., Манюк О. В., Надін В. В., Кирилюк С. О., Матвійчук Б.Л. Контроль шкідливих організмів у посівах сої препаратами фірми «ADAMA». *«Наукові читання – 2023» (збірник тез доповідей науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених агрономічного факультету)*. – Поліський університет, 2023. С.53–56.
18. Грицюк Н. В., Манюк О. В., Бражук Т. Я. Ефективність комплексного захисту посівів сої проти збудників кореневих гнилей. *100-річчя формування національних сортових рослинних ресурсів України: мат. Міжнар. наук.-практ. конф. (29 вересня 2023 р.)* Київ, 2023. С. 29–30.
19. Перелік пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. Київ: Юнівест Медіа, 2022. 1040 с.

REFERENCES

1. Hordiichuk, N. (2015). Soia – stratehichna kultura u sviti ta Ukraini: dosvid vyroshchuvannia krain lideriv [Soybeans are a strategic crop in the world and in Ukraine: the cultivation experience of leading countries]. *Ahronom – Agronomist*, 1, 152–153 [in Ukrainian].
2. Korobka, A.A. (2021). Dynamika vyrobnytstva soi v Ukraini ta sviti. [Dynamics of soybean production in Ukraine and the world]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*, 4, 125–134. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098> [in Ukrainian].

3. Korniiichuk, M.S., Polishchuk, S.V. & Liaska, S.I. (2015). Naibilsh poshyreni khvoroby soi v Lisostepu Ukrainy i kontrol yikh rozvytku. [The most common soybean diseases in the forest-steppe of Ukraine and control of their development]. *Zakhyst i karantyn roslyn – Protection and quarantine of plants*, 61, 177–186 [in Ukrainian].
4. Hrytsiuk, N., Bakalova, A., Ivaschenko, I., & Kotkova, T. (2023). Technology of protection of winter wheat from harmful biota in the Northern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(3), 48–57 [in Ukrainian].
5. Nascimento, K. J., Debona, D., Rezende D., DaMatta F. M. & Rodrigues F. Á. (2018). Changes in leaf gas exchange and chlorophyll a fluorescence on soy bean plants supplied with silicon and infected by *Cercospora sojina*. *Journal of Phytopathology*, 166, 11–12, 747–760. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12757> [in English].
6. Adamenko, O.P. (2013). Vyznachennia shkidlyvoi dii fuzariozu na posivakh soi ta suchasnyi stan obmezhenia yoho rozvytku [Determination of the harmful effect of fusarium on soybean crops and the current state of limiting its development]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu im. V.V. Dokuchaieva. Seriiia : Fitopatolohiia ta entomolohiia – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaeva. Series: Phytopathology and entomology*, 10, 7–16 [in Ukrainian].
7. Markov, I.L. (2013). Diahnostychni oznaky khvorob soi ta bioloho-ekolohichni osoblyvosti rozvytku yikh zbudnykiv [Diagnostic signs of soybean diseases and biological and ecological features of the development of their causative agents]. *Ahronom – Agronomist*, 2 (40), 146–151 [in Ukrainian].
8. Markov, I. L. (2013). Intehrovanyi zakhyst soi vid khvorob [Integrated protection of soybeans against diseases]. *Ahronom–Agronomist*, 2 (40), 152–159 [in Ukrainian].
9. Kosylovych, H. & Holiachuk, Yu. (2020). Zakhyst soi vid khvorob [Protection of soybeans from diseases]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia: ahronomiia – Bulletin of the Lviv National Agrarian University. Series: agronomy*, 1, 163–169. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.163> [in Ukrainian].
10. Horianska, Yu.V., Solomiichuk M.P. & Kyryk, M.M. (2018). Vplyv kompleksu biofunhitsydiv ta biostymulatoriv na rist ta rozvytok roslyn soi v zakhidnomu Lisostepu Ukrainy [The effect of a complex of biofungicides and biostimulants on the growth and development of soybean plants in the western forest-steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy – Scientific reports of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*, 2 (72). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/10655> [in Ukrainian].
11. Solomiichuk, M.P. & Pikovskyi, M.I. (2021). Vplyv biostymulatoriv ta biostymuliuuyuchykh kompleksiv na rist i rozvytok soi v zakhidnomu lisostepu Ukrainy [The influence of biostimulants and biostimulant complexes on the growth and development of soybeans in the western forest-steppe of Ukraine]. *Zakhyst i karantyn roslyn – Protection and quarantine of plants*, 67, 251–268. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.251-269> [in Ukrainian].
12. Pavlyshche, A.V., Zhemoida, A.V., Kirizii, D.A. & Rybachenko, L.I. (2019). Funktsionuvannia symbiotychnoho i fotosyntetychnoho aparativ soi za vplyvu protruinykiv funhitsydney dii ta ekzohennoho lektynu. [Functioning of the symbiotic and photosynthetic apparatus of soybean under the influence of fungicidal protoxins and exogenous lectin]. *Fyzyolohiia rastenyi y henetyka – Physiology of plants and genetics*, 51, 6, 516–528. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2019.06.517> [in Ukrainian].
13. Prytula, O.V. & Novikova, T.P. (2023). Efektyvnist dii funhitsydiv na posiviv soi v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Effectiveness of the action of fungicides on soybean crops in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 131, 175–180. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.131.22 [in Ukrainian].
14. Kaminskyi, V. F. & Mosondz, N. P. (2010). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na urozhainist soi v umovakh pivnichnoho Lisostepu Ukrainy [The influence of elements of cultivation technology on soybean productivity in the conditions of the Northern Forest Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytsstvo : mizhvid. temat. nauk.zb. – Fodder and fodder production: interdisciplinary. subject Coll. of Sciences Vinnytsia*, 66, 91–95 [in Ukrainian].
15. Trybelia S.O. (2001). Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv [Test methods and application of pesticides] Kyiv : Vydavnytstvo Svit, 447 [in Ukrainian].
16. Omeliuta, V.P., Hryhorovych, I.V. & Chaban V.S. (1986). Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur [Registration of pests and diseases of agricultural crops] Kyiv : Urozhai., 296 s. [in Ukrainian].
17. Hrytsiuk, N.V., Maniuk, O. V., Nadin, V. V., Kyryliuk, S. O. & Matviichuk, B.L. (2023). Kontrol

shkidlyvykh orhanizmiv u posivakh soi preparatamy firmy «ADAMA». «Naukovi chytannia – 2023». Poliskyi universytet, 53–56 [in Ukrainian].

18. Hrytsiuk, N. V., Maniuk, O. V. & Brazhuk, T. Ya. (2023). Efektyvnist kompleksnoho zakhystu posiviv soi proty zbudnykiv korenyvykh hnylei [Effectiveness of comprehensive protection of soybean crops against root rot pathogens] *100-richchia formuvannia*

natsionalnykh sortovykh roslynykh resursiv Ukrainy 100-th anniversary of the formation of national vari-etal plant resources of Ukraine. Mat. Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Kyiv . (pp. 29–30) [in Ukrainian].

19. Perelik pestytsydiv i ahrokhimikativ dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini (2022). [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. Kyiv : Yunivest Media, 1040 s. [in Ukrainian].

Hrytsiuk N.V., Tymoshchuk T.M., Bakalova A.V., Ivashchenko I.V.

Effectiveness of the combined application of disinfectants and fertilizers against soybean diseases

Aim. To establish the most common soybean diseases, to determine their species composition conditions of Western Polissia. To develop ecologically safe elements of the technology for protecting soybean crops from diseases when using a mixture of chemical preparations with a probiotic fertilizer: **Methods.** Laboratory (carrying out a phytopathological examination of soybean seeds to establish the colonization of the culture by pathogenic and saprophytic mycoflora); field (for monitoring the phytosanitary condition of soybean crops). **Results.** As a result of the phytosanitary inspection the soybean sowing, the most common diseases were fusarium root rot, ascochitosis and bacteriosis. During the phytoexpertise, it was established that soybean seeds in the control variant were colonized by fungi of the genus *Fusarium* spp. – 4,7%, *Alternaria* spp., and *Mucor mucedo* – 15,4%. When treated with Maxim XL 035 FS, t.k.s 1 l/t, the seed infection was not detected. The cumulative population of microorganisms, when using organic fertilizer-probiotic Lianum, r, 2 l/t, decreased by 7.1%, and in combination with Maxim XL 035 FS, t. k.s., 1 l/t – by 15,2%, with Sferiko, TN, 0.8 l/t – by 10,7% compared to the control variant. In the conditions of a natural infectious background in the phase of BBCH 70–79 the development of fusarium root rot was 13,2%, ascochitosis – 14,3%, bacteriosis – 22%. Under the simultaneous use of Maxim XL 035 FS, t.k.s 0,8 l/t+ Lianum, p., 2 l/t, the soybean plants were without visible symptoms of ascochitosis, and the development of root rot decreased by 11,3% compared to the control variant, the technical efficiency was 100% and 83.1%, and when using Sfepeco TH, 0.8 l/t Lianum, p., 2 l/t, the technical efficiency against root rot was 65.2%, against ascochitosis 100%. **Conclusions.** Seed treatment is a necessary and strategically important method of soybean protection against *Fusarium* root rot and ascochitosis. Treating seeds with mixtures of preparations Maxim XL 035 FS, t.k.s 0,8 l/t+ Lianum, p., 2 l/t and Sfepeco, TH, 0.8 l/t Lianum, p., 2 l/t allows to obtain additional yield increase at the level of 0.86 t/ha and 0.66 t/ha. In addition, the composition of the preparations significantly reduces the population of the pathogens *fusarium* spp. by 3.8 and 3.3% compared to a control variant and show high technical efficiency, both in laboratory and field conditions.

Key words: soybean, fusarium root rot, ascochitosis, bacteriosis, fungal poisons, probiotic, fertilizer, disease development, technical efficiency.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Грицюк Н.В., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, e-mail: ngritsyuk78@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4185-7495.

Тимошук Т.М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент Поліський національний університет, e-mail: tat-niktim@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8980-7334.

Hrytsiuk N.V., PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Polissia National University, e-mail: ngritsyuk78@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4185-7495.

Tymoshchuk T.M., PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Polissia National University, e-mail: tat-niktim@ukr.net ORCID: 0000-0001-8980-7334.

Бакалова А.В., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, e-mail: bakalova1970@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6803-6304.

Іващенко І.В., кандидат біологічних наук, доцент, Поліський національний університет, e-mail: kalateja@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1588-3718.

Bakalova A.V., PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Polissia National University, e-mail: bakalova1970@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6803-6304.

Ivaschenko I.V., PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Polissia National University, e-mail: kalateja@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1588-3718.

Надійшла 03.01.2024

СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА НАСІННЯ РІПАКУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

О.С. Забарний¹, О.С. Дем'янюк¹, Д.О. Шацман²¹Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)²ТОВ «Євросем» (м. Київ, Україна)

Мета. Проаналізувати сучасний стан виробництва насіння ріпаку в Україні та світі, визначити місце України в глобальному експорті ріпаку з урахуванням військової агресії РФ. **Методи.** Для проведення досліджень використано методи порівняння, узагальнення та аналізу офіційних статистичних даних та сучасних наукових джерел. **Результати.** Аналіз світових статистичних даних показав, що нині ріпак вирощують на площі майже 43 млн га у понад 60 країнах світу, а найбільші посівні площі зосереджено в ЄС, Канаді, Китаї, Індії та Австралії. За даними USDA світове виробництво насіння ріпаку постійно зростає та за прогнозами сягне 87,06 млн т у 2024 р. За даними аналітиків у 2023/2024 маркетинговому році (МР) у країнах ЄС прогнозовано збільшення виробництва насіння ріпаку майже на 1 млн т, ніж попереднього року, при цьому очікують підвищення середньої врожайності до 3,38 т/га. Україна в світовому рейтингу країн-виробників ріпаку посідає шосту позицію. Навіть в умовах широкомасштабного вторгнення РФ у 2022 р. площі під цією культурою зросли на 151,7 тис. га (або 15,1%), у 2023 р. – на 355,8 тис. га (або 35,4%) порівняно з 2021 р., а виробництво насіння – на 379,1 тис. т (або 12,9%) та на 1561,1 тис. т (або 53,1%) відповідно. Найвищі показники валового збору насіння ріпаку озимого і ярого в 2023 р. в Україні забезпечили Одеська (436,9 тис. т.), Вінницька (419,1 тис. т), Тернопільська (364,5 тис. т), Дніпропетровська (323,6 тис. т) і Хмельницька (322,5 тис. т) обл. **Висновки.** Насіння ріпаку на світовому аграрному ринку, незважаючи на різні чинники, зберігає свої позиції і користується значним попитом. Відмічаючи тенденцію до скорочення посівних площ у деяких країнах-лідерах із виробництва ріпаку, наразі показники валового збору цієї культури зростають, що є доказом застосування інтенсивних технологій вирощування ріпаку. Наявна незначна переорієнтація напрямів між країнами імпортерами та експортерами ріпаку, однак загальна тенденція на світовому ринку зберігається на тому самому рівні. Україна, навіть у складних умовах воєнного стану і обмеження реалізації агропродукції на міжнародному ринку, тримає провідні позиції у світовому рейтингу країн-виробників насіння ріпаку та щороку збільшує виробництво високоякісного насіння ріпаку.

Ключові слова: олійні культури, ріпаківництво, площі посіву, валовий збір, урожайність, експортний потенціал.

Вступ. Висока прибутковість аграрного сектору забезпечується за рахунок вирощування економічно вигідних культур із застосуванням сучасних інноваційних технологій. Серед олійних культур друге місце в світі та Україні займає ріпак (*Brassica napus* L.), оскільки унікальні біологічні і хімічні властивості насіння визначають широкі перспективи використання у багатьох галузях народного господарства [1]. Водночас світовий ринок агропродукції має динамічний характер, який залежить від низки чинників, у т.ч. кризових явищ, пов'язаних із зміною клімату,

та нестабільною політичною ситуацією, війнами та конфліктами, тощо [2]. Враховуючи те, що Україна є аграрною країною із значним експортним потенціалом на світовому ринку, а військова агресія РФ спричинила біфуркацію та вплинула на продовольчу безпеку всього світу, необхідне розуміння і пошук шляхів подолання кризових явищ у сфері виробництва та торгівлі сільськогосподарською продукцією, а також підходів до сприяння міжнародній співпраці й розвитку стійкої агропродовольчої системи в кожній країні [3–6].

Мета дослідження – провести аналіз сучасного стану виробництва насіння ріпаку в світі, визначити місце України в ньому з урахуванням військової агресії РФ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах сьогодення ріпак (*Brassica napus* L.) – одна із найцінніших сільськогосподарських культур у світовому сільському господарстві, насіння якого характеризується високим енергетичним, харчовим та кормовим потенціалом. У насінні ріпаку озимого міститься до 50% олії, до 30% білка та понад 17% вуглеводів, тому обґрунтовано більшість науковців вважають ріпак культурою XXI ст. [7].

Ця культура має давню історію. Це алотетраплоїд, який утворився близько 7,5 тис. років тому шляхом гібридизації між предками ріпи (*Brassica rapa*) і середземноморської капусти (*Brassica oleracea*) з подальшим подвоєнням і перебудовою хромосом [8]. У світовій практиці вирощують озиму та яру форми ріпаку, однак переважаючі площі світу займають посіви ріпаку озимого.

Широке використання в різних галузях продуктів із насіння ріпаку та численні переваги серед інших культур визначили цю культуру як найперспективніший валютообмінний ресурс сільського господарства, що користується попитом як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринках [7]. Однак є певні ризики, які існують і можуть загострюватись, під час вирощування цієї культури. Серед яких зміни клімату, погіршення родючості ґрунту та фітосанітарного стану агроценозів, поява нових видів шкідливих організмів та підвищення їх шкідливості, низький сортовий ресурс, недосконалі технології вирощування тощо [9–11].

Наразі ріпак озимий, незважаючи на регіональну специфіку вирощування, залишається досить актуальною та привабливою культурою в економічному просторі та в галузі сільського господарства. Для того, щоб і надалі ріпак залишався на тих самих провідних позиціях, науковцям та агровиробникам варто зосередити увагу над підвищенням урожайності цієї культури, а саме над виведенням на ринок нових сучасних гібридів із високим потенціалом продуктивності.

Спектр використання ріпаку в Україні та світі постійно розширюється, а поряд із цим зростають потреби у виробництві насіння ріпаку. Зазвичай насіння ріпаку використовують для отримання харчових, технічних та інших цілей. Відомо, що ріпакова олія

має низьку температуру замерзання, тому може бути відмінним паливним матеріалом у регіонах із холодним кліматом. Промислове використання біопалива з насіння ріпаку може зменшити викиди вуглецю та пом'якшити проблеми з енергетичною безпекою, пов'язані з використанням викопних видів палива.

Особлива цінність насіння ріпаку визначається вмістом олії, яку використовують як сировину для виготовлення майонезу, маргарину, кондитерських жирів, з неї готують різні маринади, консерви тощо. У промисловості з ріпакового насіння виробляють лаки, фарби, пластмаси, біопаливо. З однієї тонни насіння отримують близько 300 кг олії, а вже з неї – 270 кг біодизельного палива, в якому міститься вдвічі менше сажі та у 35 разів менше сірки, порівняно із звичайним дизельним паливом. Тому виробництво ріпакового насіння вважають одним із найприбутковіших та конкурентоспроможних джерел надходження валютних ресурсів до країни [1], а ріпаківництво у світі перебуває на етапі піднесення, особливо в Європі, з постійно зростаючою площею посівів під цією культурою [12].

Ріпак або олійний ріпак, або канола (*B. napus*) вирощують як основне джерело харчової рослинної олії, яка має високий вміст олеїнової кислоти, що робить її конкурентоспроможною з іншими харчовими жирами [13], оскільки отримана олія має такі здорові характеристики, як менше 2% ерукової кислоти та менше ніж 30 мкмоль г⁻¹ аліфатичних глюкозинолатів у їжі [14].

Цінність ріпакового насіння надзвичайно велика. Під час переробки зі 100 кг насіння ріпаку, крім 38–41 кг олії, отримують 55–57 кг макухи або шроту з високим вмістом білка, до складу якого входять незамінні та потрібні для тварин амінокислоти – лізин, метіонін, цистеїн, триптофан, треонін. У 100 кг ріпакової макухи міститься 90 к.о., тому одна тонна шроту або макухи дає змогу збалансувати за білком 8–10 т зернофуражу, підвищуючи при цьому вміст перетравного протеїну в 1 к.о. від 80 до 110 г. Розрахунки доводять, що з 1 га посівів ріпаку можна отримати до 10 ц олії, 5–6 ц білкового корму і 1 ц меду. Для порівняння з 1 га посіву сої отримують лише 2 ц олії і 7 ц білкового корму.

З ріпакового насіння виготовляють різноманітні корми для тварин, завдяки відносно високому вмісту білка (приблизно 30%) залишки насіння також можна ефективно використовувати для годівлі, а низький вміст клітковини забезпечує високу

засвоюваність. Зокрема, ріпакове борошно є беззаперечним джерелом білка та містить амінокислоти, які забезпечують правильне формуванню м'язів тварин. Високий вміст жирних кислот, зокрема олеїнової та ненасиченої, у харчовій ріпаковій олії знижує рівень холестерину. Особливої цінності олії надає високий вміст омега-3 і омега-6 жирних кислот, а через відносно низький вміст кислоти, ріпаковий мед рекомендовано людям, які страждають від надмірної кислотності шлунку [15].

Ріпаковий шрот містить близько 36–38% білка і 2–4% жиру [16]. Відомо, що ріпакова макуха вологіша за ріпаковий шрот і містить 10–14% жиру. Крім того, корм для тварин на основі ріпакового шроту мають більше мінеральних інгредієнтів, ніж соєвий шрот (кальцій, залізо, марганець, фосфор, магній і селен) [17].

Ріпаковий шрот використовують як цінний корм, однак існують суворі обмеження щодо кількості, яка використовується для годування тварин, через його специфічні властивості [18]. Насіння ріпаку містить глюкозинолати, які є основним антипоживним чинником, який перешкоджає харчуванню тварин, утворюючи хелати з мінералами, які спричиняють недоступність основних мінералів для тварин під час травлення [19]. Варто також відзначити високий вміст клітковини (до 16%), що впливає на засвоюваність у тварин. Крім того, масло також є високоякісним мастильним матеріалом і добавкою до палива; отже, перетворення на біодизель є лише одним із кількох його потенційних кінцевих застосувань [18].

З літературних джерел відомо, що ріпак є важливою кормовою культурою та цінною складовою зеленого конвеєра. Зелену масу ріпаку озимого використовують для годівлі тварин у ранньовесняний та пізньосінній періоди. У цей час врожай зеленої маси в озимих проміжних посівах ріпаку сягає 340–360 ц/га. А солому ріпаку озимого (від 2 до 6 т/га) досить широко використовують у виготовленні паперу, картону і целюлози. За даними інформативних джерел 1 га ріпакового поля може забезпечити виготовлення до 2 т паперу. Такі технології нині доволі успішно застосовують у Великій Британії, Іспанії, Португалії та інших країнах Європи [20].

Наразі регіони вирощування ріпаку озимого в Україні впродовж останніх десятиліть зміщуються у північно-західному напрямі, що пов'язано з кліматичними змінами і високою зацікавленістю агро-виробників до вирощування цієї культури. Тому

для зменшення впливу негативних чинників під час вирощування ріпаку та підвищення рентабельності необхідно застосовувати науково обґрунтований підхід та нові інноваційні технології, особливо в умовах Західного Лісостепу. Тому й науковий інтерес до цієї культури проявляється дедалі більший.

Питанням теоретичних і практичних аспектів вирощування ріпаку озимого приділялось значна увага серед учених, що відображено у працях В. Лихочвора, П. Вишнівського, І. Чехової, Я. Гойсалюка, Г. Гринишина, Ю. Кернасюка та ін. [21–27]. Незважаючи на це, ще залишається доволі значна частка невирішених питань у технології вирощуванні ріпаку в сучасних умовах зміни клімату та потребує подальших наукових досліджень.

Матеріали та методи досліджень. За використання методів порівняння та узагальнення проведено аналіз статистичних даних за 1990–2023 рр. Державної служби статистики України, Продовольчої та сільськогосподарської організація при ООН (FAO), Міністерства сільського господарства США (USDA), сучасних наукових джерел та ін. для аналізування виробництва насіння ріпаку.

Основою проведеного дослідження є аналіз та оцінка вирощування і виробництва насіння ріпаку в світі та місце України у світовому аграрному виробництві та експорті.

Результати та їх обговорення. Ріпак завдяки універсальному використанню впродовж багатьох років займає провідні позиції на світовому агропродовольчому ринку. Зростаючий попит на продукти з насіння ріпаку сприяло стрімкому зростанню в світі посівних площ під цією культурою. До 2021 р. ріпак вирощувався у понад 60 країнах, а загальна площа посівів у всьому світі досягла 36,77 млн га, що становило 11,1% посівних площ олійних культур [28]. Нині цю культуру вирощують на площі майже 43 млн га у понад шістьдесяти країнах світу [28]. Стрімку динаміку зростання світового виробництва ріпаку підтверджують дані ФАО і USDA, які свідчать про збільшення в 2021 р. валового виробництва насіння до рівня 72,3 млн т (або на 20,9%) і виробництва ріпакової олії – 171,9 млн т (або на 15,3%), що становить майже 36% від загального обсягу вирощеного ріпаку [28; 29]. У 2022/2023 МР світове виробництво ріпаку ще зросло на 22% і становило 88,07 млн т, а світове виробництво ріпакової олії у 2022/2023 МР оцінювалось на рівні 31,8 млн т. Однак, за прогнозами на 2023/2024 МР його виробництво знизиться

на 3,72 млн т (або 4,19%) і очікується на рівні 85,04 млн т, а найбільшим виробникам (країни ЄС, Китай та Індія) прогнозують виробництво насіння ріпаку на рівні 20,5, 15,40 та 11,7 млн т відповідно [30]. Для порівняння в Україні за цей самий період площі посіву ріпаку зросли в 12,9 раза від 89,6 тис. га в 1990 р. до 1156,2 тис. га в 2022 р., а виробництво насіння – в 25,5 раза від 130,2 тис. т у 1990 р. до 3 318,0 тис. т у 2022 р. [31].

Світовими лідерами виробництва ріпаку в 2022/2023 МР були країни ЄС, Канада, Китай, Індія, Австралія (рис. 1), які сукупно виробляли 72,2 млн т, що становить 82% від загального виробництва в світі. Україна посідала шосту позицію в світовому рейтингу з часткою 5% від загального виробництва насіння ріпаку [32].

Беззаперечним лідером у виробництві ріпаку залишається Європейський Союз з обсягом виробництва 20,0 млн т у 2023 р. Це пов'язано як з політикою ЄС щодо екологізації всіх галузей, так і сприятливими кліматичними умовами Центральної Європи для вирощування озимих форм (сортів/гібридів) *B. napus* [33–34]. Це дало змогу країнам ЄС у середньому за 2010–2020 рр. досягти найвищої ефективності вирощування ріпаку (за показником врожайність/використана площа) на рівні 2,76 т/га, тоді як у Канаді та Азії в середньому цей показник становив 2,11 т/га і 1,59 т/га відповідно [35]. Стрімке зростання вироб-

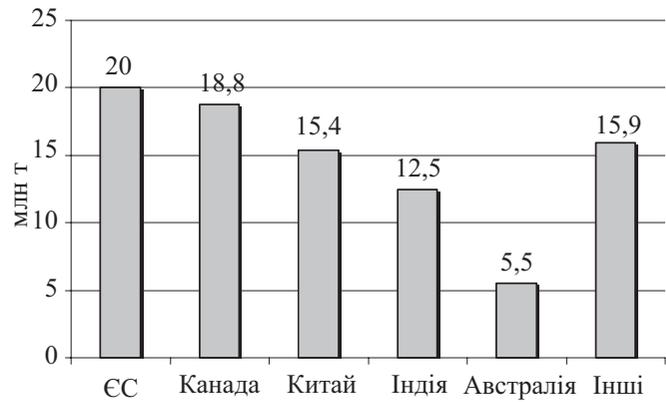


Рис. 1. Топ-5 країн лідерів із виробництва ріпаку в 2022/2023 МР, млн т

ництва ріпаку (майже в 1,3 раза) в ЄС фіксували в період 2019–2023 рр.

Погодні умови на території європейського континенту в сезоні 2022/2023 МР сприяли отриманню високого врожаю насіння ріпаку озимого. За м'яккої зими 2022 р. із показниками температури вище середньої фіксували мінімальні втрати рослин ріпаку в зимовий період, або взагалі відсутність загибелі рослин. Достатня кількість опадів навесні та необхідна кількість сонячної енергії влітку забезпечили високі показники врожайності ріпаку озимого в країнах ЄС у середньому 3,29 т/га (рис. 2).

За даними аналітиків у сезоні 2023/2024 МР у країнах ЄС прогнозують отримання насіння ріпаку на рівні 20,5 млн т, що на 5% (або майже на 1 млн т) більше, ніж попереднього року та на 18% більше за

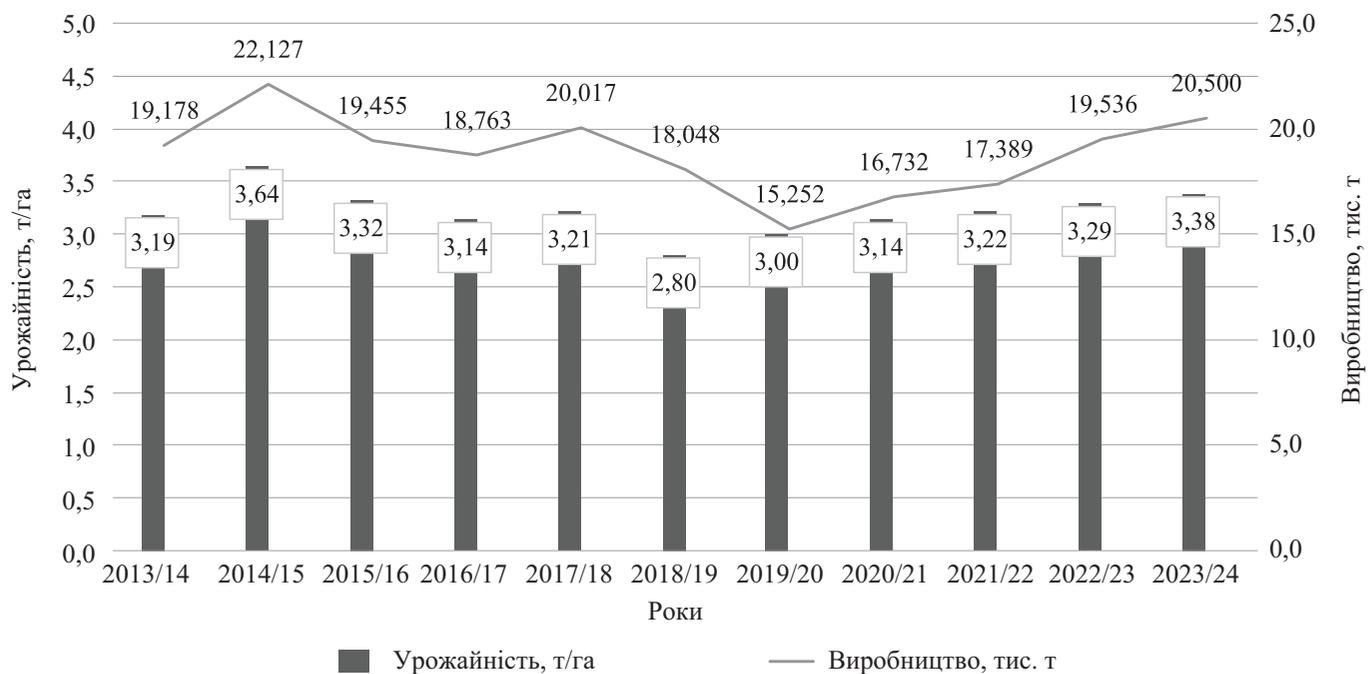


Рис. 2. Середня врожайність та виробництво насіння ріпаку в країнах ЄС

середній показник за 5 попередніх років у 17,4 млн т. Однією із передумов цьому стане підвищення середньої врожайності до 3,38 т/га, що на 9% вище за усереднені дані за останні п'ять років (3,09 т/га) [25; 32].

Вже десять років відповідно до звіту Німецького союзу сприяння вирощуванню олійних і білкових рослин (UFOP) найбільшими виробниками ріпаку в ЄС залишаються Франція та Німеччина, які впродовж 2022/2023 МР виробили 4,27 і 4,24 млн т (рис. 3). Польща посідає третю позицію з рівнем виробництва 3,25 млн т насіння ріпаку [36]. Загалом ці країни мають високий потенціал розвитку ріпаківництва в ЄС, про що свідчать як площі вирощування та виробництва насіння ріпаку, так і правова база щодо авторських прав на сорти. Однак поточна політика ЄС щодо ГМО та юридична невизначеність щодо статусу продуктів, які використовують деякі сучасні методи редагування генів, можуть перешкодити оптимальному використанню цього потенціалу [37].

Водночас ЄС є одним із значних імпортерів ріпаку, зокрема у 2023 р. Бельгія імпортувала 2,2 млн т, Нідерланди – 1,19 млн т, Німеччина – 1,08 млн т та Франція – 1,06 млн т. Загалом за даними Єврокомісії, країни ЄС за підсумками 2022/23 МР імпортували 7,34 млн т ріпаку, що на 33% перевищило показник попереднього маркетингового року (5,52 млн т). Найбільшими постачальниками в ЄС ріпаку та продуктів з нього є Австралія (48,9% від загального обсягу), Україна (40,4%), а також Уругвай (283 тис. т), Канада (251,7 тис. т) і Молдова (78 тис. т) [37].

Будучи одним із найбільших у світі виробників ріпаку, в Канаді в 2022/2023 МР було вироблено 21% світового врожаю насіння ріпаку на площі 8,8 млн га. Однак фіксують зниження врожайності цієї культури на 7% у 2022 р. і в середньому на 6% за період 2018–2022 рр., яка у 2023 р. становила

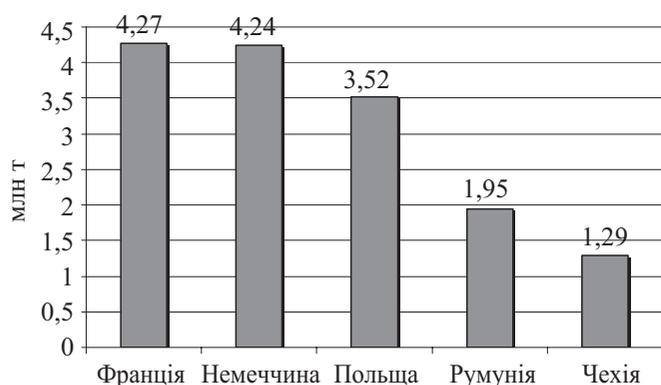


Рис. 3. Топ-5 країн ЄС лідерів із виробництва ріпаку у 2022/2023 МР, млн т

2,02 т/га. Водночас, Міністерство сільського господарства США прогнозує зменшення виробництва ріпаку в Канаді в 2023/2024 МР на 5%, ніж за попередній рік, і на 4% нижче середнього показника за останні п'ять років [30].

Водночас, у 2023 р. фермери США збільшили площі посівів ріпаку на 3% порівняно з попереднім роком та засіяли рекордні 0,92 млн га. За таких умов, а саме за збільшення посівних і збиральних площ під ріпаком з його середньою врожайністю на рівні 2,02 т/га, виробництво ріпаку в США в 2023/2024 МР прогнозується на рівні 1,86 млн т, що майже на 100 тис. т перевищуватиме минулорічні показники. За прогнозами експорт насіння ріпаку США становитиме лише 180 тис. т. Постійно зростаюча потреба у ріпаківній олії забезпечить збільшення внутрішніх об'ємів переробки до 2,0 млн т у 2024 р. Враховуючи баланс у виробництві та споживання насіння ріпаку перехідний залишок насіння на кінець року буде становити близько 204 тис. т, а прогнозована ціна – на рівні 529 дол. США за 1 тону [30; 38].

У Китаї розширення виробництва насіння ріпаку продовжує залишатися пріоритетним напрямом у багатьох провінціях та підтримується різними субсидіальними програмами, вигідним кредитуванням та дотаціями агровиробників, які вирощують ріпак. Це сукупно визначає третю позицію Китаю серед світових виробників ріпаку, який становить 17% від загального виробництва у світі. У 2023/2024 МР планується збільшення площі під посівами ріпаку озимого в Китаї до 7,3 млн га, що на 0,4 млн га більше порівняно з минулорічним сезоном. Водночас головним імпортером насіння ріпаку до Китаю є Канада, відсоток імпортованого насіння ріпаку цією країною становить близько 92% від загального імпорту [39].

Вирощування ріпаку озимого в Австралії має свою специфіку та певні критерії вирощування цієї культури. За даними Австралійського бюро сільськогосподарської та економічної діяльності (ABARES) посіви ріпаку 2023/2024 МР скоротяться, але будуть залишатися доволі високими – 35 млн га. Однак, очікується поступове зменшення площ посівів, що пов'язано зі зміною погодних умов, зокрема зниженням кількості опадів у цьому регіоні та різкими контрастами інших метеорологічних показників. Втім це не вплине на експорт насіння ріпаку озимого з Австралії до ЄС, які зросли майже вдвічі від 3,58 до 7,30 млн т порівняно з попереднім роком. Хоча з огляду на прогнози ці показники досить невисокі, але постійне падіння ціни

на насіння ріпаку та імпорт із Китаю не є сприятливим для фермерів з Австралії підвищити експортний потенціал насіння ріпаку до країн ЄС [39].

Україна є важливим постачальником до ЄС олійних культур, у т.ч. насіння ріпаку, а у світовому рейтингу країн-виробників ріпаку займає 6 позицію. Для вітчизняного агробізнесу ріпак є вигідною, рентабельною культурою та альтернативою соняшнику і сої. Тому вже доволі тривалий час ця культура зберігає лідерські позиції серед олійних культур. Навіть незважаючи на ризики під час вирощування цієї культури, площі посіву за останні декілька років неспинно зростають і наразі перевищують 1,1 млн га. В Україні близько 95% площ відводять під посіви ріпаку озимого і лише 5% під посіви ріпаку ярого [31; 40; 41].

Широкомасштабне вторгнення РФ на територію України і ведення військових дій визначило перед українськими агровиробниками низку додаткових випробувань, зокрема на збір ріпаку озимого у 2022 р. та посів восени. Поряд із нестабільним постачанням насіння, добрив, засобів захисту рослин і палива та нестачею кадрів, коливання цін на агропродукцію, закриття кордонів для української агропродукції стали додатковими викликами ведення агровиробництва. Однак, навіть в умовах широкомасштабного вторгнення РФ у 2022 р. площі під цією культурою зросли на 151,7 тис. га (або на 15,1%), у 2023 р. – на 355,8 тис. га (або на 35,4%) порівняно з 2021 р., а виробництво насіння – на 379,1 тис. т (або на 12,9%) та на 1561,1 тис. т (або 53,1%) відповідно. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України в складних умовах воєнного стану в 2023 р. валовий збір урожаю насіння ріпаку був на рівні 4,1 млн т, що визначалось як новий абсолютний рекорд [31; 42].

Найбільші площі під ріпаком у 2022 р. були в Одеській (145,1 тис. га), Дніпропетровській (136,5 тис. га), Миколаївській (98,9 тис. га), Вінницькій (89,0 тис. га), Хмельницькій (85,3 тис. га) обл., що сукупно становило 48% посівів під цією культурою в Україні. Згідно з отриманими даними у 2023 р. загальна площа посівів ріпаку озимого становила 1 млн 142 тис. га. Найбільші площі посівів ріпаку були зосереджені на Дніпропетровщині (125 тис. га) та Одещині (120,2 тис. га). Інші ж регіони не істотно змінили посівні площі порівняно з минулим роком [31; 42].

Згідно з даними Держстату України у 2022 р. найбільше насіння ріпаку було вироблено в Дніпропетровській (334,5 тис. т), Тернопільській (305,3 тис. т),

Вінницькій (299,8 тис. т), Хмельницькій (292,9 тис. т) та Одеській (270,3 тис. т) обл., що сукупно становить 45,3% від загального виробництва України [31; 40]. Ці ж області залишилися у лідерах і за підсумками 2023 р. із виробництвом насіння ріпаку на рівні 436,9 тис. т – в Одеській, 419,1 тис. т – Вінницькій, 364,5 тис. т – Тернопільській, 323,6 тис. т – Дніпропетровській, 322,5 тис. т – Хмельницькій обл. [42]. У той час як Чернівецька, Полтавська та Харківська обл. забезпечують лише по 1% валового виходу насіння ріпаку [42].

Сезон 2023 р. характеризувався низкою складних питань, пов'язаних із виробництвом та експортом насіння ріпаку. П'ять країн ЄС, а саме Польща, Угорщина, Румунія, Болгарія, Словаччина, обмежили ввезення продукції українських агровиробників. Ще однією перепоною стало зниження ціни на олію з ріпаку за рахунок зменшення попиту на цю продукцію. Все вищезазначене призвело до зниження закупівельних цін на ріпак в Україні на початку сезону до 320–330 євро/т [43].

Незважаючи на труднощі, які виникли під час військової агресії і пов'язаних політичних рішень щодо експорту української агропродукції, все-таки прогнози щодо реалізації товарного насіння ріпаку озимого залишаються оптимістичними. Оскільки за даними аналітиків, у світі спостерігається тенденція до збільшення споживання рослинної олії в світовому розрізі, особливо в США, Аргентині, Індонезії та Китаї [29].

Виробництво насіння ріпаку в світі постійно зростає не лише за рахунок розширення площ посівів, а й внаслідок підвищення врожайності завдяки використанню новітніх досягнень науки [33; 35; 44]. Отримання стабільних урожаїв насіння ріпаку в світі досягається за рахунок впровадження нових стратегій контролю чисельності й шкідливості збудників хвороб та шкідників, а також розумінням складної взаємодії чинників навколишнього природного середовища, фенотипу та генотипу. Було доведено, що максимальний урожай насіння з олійних культур *Brassica napus* визначається умовами навколишнього природного середовища протягом критичного періоду, густиною рослин і стратегіями боротьби із хворобами. Натомість, якість насіння залежить від умов навколишнього середовища у фазі дозрівання стручків і насіння і генетичним різноманіттям [35]. Так, із розвитком гібридних ліній *B. napus*, як-от озимі гібриди подвійного призначення та високостабільні олійні сорти/гібриди, щорічне глобальне виробництво постійно зростає з року в рік [33].

Найбільші посівні площі зосереджені у Канаді, Китаї, Індії, проте найвищі показники врожайності цієї культури досягаються здебільшого в країнах ЄС: в Ірландії (4,3 т/га), Данії (3,8 т/га), Бельгії (3,7 т/га), Німеччині (3,7 т/га), Швейцарії (3,6 т/га), Нідерландах (3,5 т/га). У 16 країнах світу показники врожайності дуже низькі (нижче 1,45 т/га), ще в 21 країні отримують урожайність на рівні від 1,45 до 2,45 т/га, у 18 країнах – від 2,45 до 3,45 т/га та 9 – понад 3,45 т/га [39]. В Україні також відмічено зростання врожайності ріпаку – за останні десять років в 1,7 раза, а порівняно з 1990 р. майже вдвічі: від 14,5 ц/га до 28,7 ц/га у 2022 р. [31]. Все це свідчить про застосування більш сучасних інноваційних технологій вирощування, зокрема високоврожайних гібридів, стійких до різних чинників.

ВИСНОВКИ

Насіння ріпаку на світовому аграрному ринку користується значним попитом та має швидкі темпи ліквідності, до того ж стабільність цін на нього

тримається впродовж календарного року, що визначає зацікавленість агровиробників в усьому світі вирощувати цю культуру та впроваджувати нові технології і високоврожайні гібриди. Відмічаючи тенденцію до скорочення посівних площ у деяких країнах-лідерах із виробництва ріпаку, наразі показники валового збору цієї культури зростають, що свідчить про застосування інтенсивних технологій вирощування ріпаку. Наявна незначна переорієнтація напрямів між країнами імпортерами та експортерами ріпаку, однак загалом тенденція на світовому ринку зберігається на тому самому рівні. Україна, навіть у складних умовах воєнного стану і обмеження реалізації агропродукції на міжнародному ринку, зберігає провідні позиції у світовому рейтингу країн-виробників ріпаку та щороку збільшує виробництво високоякісного насіння. Водночас, українським виробникам варто частково переорієнтуватися на внутрішній ринок, зокрема шляхом будівництва нових заводів та ліній по переробці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Raboanatahiry N., Li H., Yu L., Li M. Rapeseed (*Brassica napus*): Processing, Utilization, and Genetic Improvement. *Agronomy*. 2021. 11(9). 1776. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091776>.
2. Продовольча та екологічна безпека України в умовах воєнного стану: колективна монографія / О.І. Дребот, О.О. Бендасюк, Н.В. Палапа та ін.; за ред. О.І. Дребот. Київ: Видавництво НУБІП України, 2022. 266 с.
3. Негрей М.В., Трофімцева О.В. Аналіз функціонування аграрного сектору України в умовах війни. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Сер.: «Економічна»*. 2022. Вип. 102. С. 49–56. DOI: 10.26565/2311-2379-2022-102-06.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Agricultural Commodity Markets 2022 – The Geography of Food and Agricultural Trade: Policy Approaches for Sustainable Development. FAO: Rome, Italy, 2022.
5. Забарний О.С., Дем'янюк О.С. Оцінка стану та перспективи розвитку ріпаківництва в Україні й світі. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 83–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283700>.
6. Дем'янюк О.С., Матусевич Г.Д., Мазур С.О. та ін. Пшениця, кукурудза та соняшник – основні культури українського експорту. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 4(10). С. 41–50. DOI: 10.54651/agri.2023.04.05.
7. Мостіпан М.І. Рослинництво. Лабораторний практикум. Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2015. 320 с.
8. Chalhoub B., Denoeud F., Liu S. et al. Early allopolyploid evolution in the post-neolithic *Brassica napus* oilseed genome. *Science*. 2014. 345(6199). P. 950–953. DOI: 10.1126/science.1253435.
9. Дем'янюк О.С. Зміни клімату – глобальна екологічна і продовольча проблема людства. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 4. С. 6–13.
10. Davis K.F., Downs S., Gephart J.A. Towards food supply chain resilience to environmental shocks. *Nature Food*. 2021. 2(1). P. 54–65. DOI: 10.1038/s43016-020-00196-3.
11. Zimmermann A., Rapsomanikis G. Trade and Sustainable Food Systems. In: von Braun J., Afsana K., Fresco L.O., Hassan M.H.A. (eds.). *Science and Innovations for Food Systems Transformation*. 2023. P. 921–948. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_36.
12. Мацера О.О. Дослідження формування показників економічної ефективності вирощування ріпаку озимого залежно від елементів технології. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 14. С. 106–117.
13. Neik T.X., Amas J., Barbetti M., Edwards D., Batley J. Understanding host–pathogen interactions in *Brassica*

- napus* in the omics era. *Plants*. 2020. 9. 1336. DOI: 10.3390/plants9101336.
14. Kirkegaard J.A., Lilley J.M., Berry P.M., Rondani D.P. Crop Physiology Case Histories for Major Crops. Elsevier; Amsterdam, *The Netherlands, Canola*. 2021. P. 518–549.
 15. Поліщук А.А., Булавкіна Т.П. Ріпак: за і проти. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 67–70.
 16. Бомко В.С., Даниленко В.П., Бабенко С.П. та ін. Особливості формування і годівлі високопродуктивного стада корів: монографія. Біла Церква: БНАУ, 2019. 372 с.
 17. Woźniak E., Twardowski T. GMO – is it possible to breed livestock without GM feed in Poland? *Nauka*. 2018. 3. P. 155–173.
 18. Herkes J. Rapeseed and canola for biodiesel production. 2019. URL: <https://farm-energy.extension.org/rapeseed-and-canola-for-biodiesel-production/>.
 19. Kaczmarek P., Korniewicz D., Lipiński K., Mazur-Kuśnerek M. Chemical composition of rapeseed products and their use in pig nutrition. *Pol. J. Nat. Sci.* 2016. 31. P. 545–562.
 20. Мойсієнко В.В. Добір кормових рослин для умов радіоактивного забруднення. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2009. Вип. 5. С. 100–106.
 21. Лихочвор В., Дудар І., Литвин О., Бомба М., Дудар О. Урожайність ріпаку озимого залежно від листового підживлення. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер.: Агронімія*. 2017. № 21. С. 39–43.
 22. Вишневський С.П. Сорт ріпаку озимого Гіпаніс, метод створення, та оцінка його при випробуванні. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 83. С. 24–31. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2017_83_6.
 23. Чехова І.В. Формування та розвиток ринку олійних культур: теорія, методологія, практика: моногр. Київ: Аграрна наука, 2021. 144 с.
 24. Гойсалюк Я. Захист посівів озимого ріпаку від шкідливих організмів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія агрономія*. 2008. № 12(1). С. 131–135.
 25. Гринишин Г.М. Стан та перспективи розвитку ріпаківництва. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2018. № 6(76). С. 25–28.
 26. Кернасюк Ю. Глобальний і внутрішній ринки ріпаку. *Економічний гектар*. 2022. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichni-riynky-riipaku.html>.
 27. Кернасюк Ю. Ринок ріпаку в 2023/24 маркетинговому сезоні. *Агробізнес*. 2023. URL: <https://www.growthow.in.ua/rynok-riipaku-v-2023-24-marketyn-hovomu-sezoni/>.
 28. FAOStat, 2023. Food and Agriculture Organization Statistical Databases. URL: www.fao.org/faostat/en/#home.
 29. Zheng Q., Liu K. Worldwide rapeseed (*Brassica napus* L.) research: A bibliometric analysis during 2011–2021. *Oil Crop Science*. 2022. 7(4). P. 157–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2022.11.004>.
 30. USDA. Canada Rapeseed: Lower Yield Potential due to Dryness in the Prairies. URL: https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/pecad_stories.aspx?regionid=can&ftype=prodbriefs.
 31. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua>
 32. USDA. Foreign Agricultural service. Rapeseed 2023 World Production. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2226000>.
 33. Wittkop B., Snowdon R., Friedt W. Status and perspectives of breeding for enhanced yield and quality of oilseed crops for Europe. *Euphytica*. 2009. 170. P. 131–140. DOI: 10.1007/s10681-009-9940-5.
 34. Taylor D.C., Falk K.C., Palmer C.D. et al. Brassica carinata – A new molecular farming platform for delivering bio-industrial oil feedstocks: Case studies of genetic modifications to improve very long-chain fatty acid and oil content in seeds. *Biofuels Bioprod. Biorefin.* 2010. 4. P. 538–561. DOI: 10.1002/bbb.231.
 35. Zandberg J.D., Fernandez C.T., Danilevicz M.F., Thomas W.J.W., Edwards D., Batley J. The Global Assessment of Oilseed Brassica Crop Species Yield, Yield Stability and the Underlying Genetics. *Plants (Basel)*. 2022. 11(20). 2740. DOI: 10.3390/plants11202740.
 36. Woźniak E., Waszkowska E., Zimny T., Sowa S., Twardowski T. The Rapeseed Potential in Poland and Germany in the Context of Production, Legislation, and Intellectual Property Rights. *Front. Plant Sci.* 2019. 10. 1423. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01423>.
 37. Євросоюз у 2022/23 МР значно збільшив імпорт ріпаку та соняшнику. 2023. URL: <http://agroconf.org/content/ievrosoyuz-u-202223-mr-znachno-zbilshiv-import-riipaku-ta-sonyashniku>.
 38. Foreign Agricultural service. U.S. Department of Agriculture. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP&crop=Rapeseed>
 39. McDonald G. Oilseeds and Products Annual. China – People’s Republic. 2023. 51 p.

40. Рослинництво України: стат. збірник. Київ, 2022. 183 с.
41. Розмаїття використання ріпаку у світі сприяє його вирощуванню в Україні – досвід фермерів. URL: <https://www.corteva.com.ua/news-and-events/OSR-voices-of-the-farmers.html>.
42. Скільки зібрано ріпаку в Україні у 2023 р. (озимого та ярого) по областях. *Суперагроном*. 2023. URL: <https://superagronom.com/multimedia/infographics/84-skilki-zibrano-ripaku-v-ukrayini-u-2023-r-ozimogo-ta-yarogo-po-oblastyah>.
43. Eurostat. Crop production in EU standard humidity. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/apro_cpsh1__custom_8937490/default/table?lang=en.
44. Tian C., Zhou X., Liu Q. et al. Increasing yield, quality and profitability of winter oilseed rape (*Brassica napus*) under combinations of nutrient levels in fertiliser and planting density. *Crop and Pasture Science*. 2020. 71(12). P. 1010–1019. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP20328>.

REFERENCES

- Raboanatahiry, N., Li, H., Yu, L., Li, M. (2021). Rapeseed (*Brassica napus*): Processing, Utilization, and Genetic Improvement. *Agronomy*. 11(9). 1776. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091776> [in English].
- Drebot, O.I. (Ed.), Bendasiuk, O.O., Palapa, N.V. et al. (2022). Voluntary and ecological security of Ukraine in the state of freedom: a collective monography. Kyiv: Vydavnytstvo NUBIP Ukrainy [in Ukrainian].
- Nehrei, M.V., Trofimtseva, O.V. (2022). Analysis of the functioning of the agrarian sector of Ukraine in the conditions of war. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University, Economic Series*, 102, 49–56. DOI: 10.26565/2311-2379-2022-102-06 [in Ukrainian].
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). The State of Agricultural Commodity Markets 2022 – The Geography of Food and Agricultural Trade: Policy Approaches for Sustainable Development. FAO: Rome, Italy [in English].
- Zabarnyi, O.S., Demyanyuk, O.S. (2023). Assessment of the state and prospects of rapeseed production in Ukraine and the world. *Agroecological journal*, 2, 83–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283700> [in Ukrainian].
- Demyanyuk, O.S., Matushevych, H.D., Mazur, S.O. et al. (2023). Wheat, corn and sunflower are the main crops of Ukrainian exports. *Agriculture and crop production: theory and practice*, 4(10), 41–50. doi: 10.54651/agri.2023.04.05 [in Ukrainian].
- Mostipan, M.I. (2015). Crop production. Laboratory workshop. Kirovohrad: Lysenko V.F. [in Ukrainian].
- Chalhoub, B., Denoeud, F., Liu, S. et al. (2014). Early allopolyploid evolution in the post-neolithic *Brassica napus* oilseed genome. *Science*, 345(6199), 950–953. doi: 10.1126/science.1253435 [in English].
- Demyanyuk, O.S. (2016). Climate change is a global environmental and food problem for humanity. *Balanced nature using*, 4, 6–13 [in Ukrainian].
- Davis, K.F., Downs, S., Gephart, J.A. (2021). Towards food supply chain resilience to environmental shocks. *Nature Food*, 2(1), 54–65. DOI: 10.1038/s43016-020-00196-3 [in English].
- Zimmermann, A., Rapsomanikis, G. (2023). Trade and Sustainable Food Systems. In: von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L.O., Hassan, M.H.A. (eds). *Science and Innovations for Food Systems Transformation*, 921–948. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_36 [in English].
- Matsera, O.O. (2019). Research on the formation of indicators of the economic efficiency of winter rape cultivation depending on the elements of technology. *Agriculture and forestry*, 14, 106–117 [in Ukrainian].
- Neik, T.X., Amas, J., Barbetti, M., Edwards, D., Batley, J. (2020). Understanding host–pathogen interactions in *Brassica napus* in the omics era. *Plants*, 9, 1336. doi: 10.3390/plants9101336 [in English].
- Kirkegaard, J.A., Lilley, J.M., Berry, P.M., Rondanini, D.P. (2021). Crop Physiology Case Histories for Major Crops. Elsevier; Amsterdam, The Netherlands, Canola. 518–549 [in English].
- Polishchuk, A.A., Bulavkina, T.P. (2014). Rapeseed: pros and cons. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 67–70 [in Ukrainian].
- Bomko, V.S., Danylenko, V.P., Babenko, S.P. et al. (2019). Features of formation and feeding of a highly productive herd of cows: monograph. Bila Tserkva: BNAU [in Ukrainian].
- Woźniak, E., Twardowski, T. (2018). GMO – is it possible to breed livestock without GM feed in Poland? *Nauka*, 3, 155–173 [in English].
- Herkes, J. (2019). Rapeseed and canola for biodiesel production. URL: <https://farm-energy.extension.org/rapeseed-and-canola-for-biodiesel-production/> [in English].

19. Kaczmarek, P., Korniewicz, D., Lipiński, K., Mazur-Kuśnirek, M. (2016). Chemical composition of rapeseed products and their use in pig nutrition. *Pol. J. Nat. Sci.*, 31, 545–562 [in English].
20. Moisiienko, V.V. (2009). Selection of fodder plants for conditions of radioactive contamination. *Bulletin of the Central Scientific and Educational Centre of the Kharkiv Region*, 5, 100–106 [in Ukrainian].
21. Lykhochvor, V., Dudar, I., Lytvyn, O., Bomba, M., & Dudar, O. (2017). Yield of winter rape depending on foliar fertilisation. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Series: Agronomy*, 21, 39–43. http://nbuv.gov.ua/UJRN/VInau_act_2017_21_9 [in Ukrainian].
22. Vyshnevskiy, S.P. (2017). Winter rape variety Hispanis, method of creation, and its evaluation during testing. *Feed and feed production*, 83, 24–31. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kik_2017_83_6 [in Ukrainian].
23. Chekhova, I.V. (2021). Formation and development of the oilseed market: theory, methodology, practice: monograph. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
24. Hoisaliuk, Ya. (2008). Protection of winter rape crops from pests. *Bulletin of Lviv National Agrarian University: Agronomy*, 12(1), 131–135 [in Ukrainian].
25. Hrynyshyn, H.M. (2018). State and prospects of rapeseed production development. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*, 6(76), 25–28 [in Ukrainian].
26. Kernasiuk, Yu. (2022). Global and domestic rapeseed markets. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/24923-hlobalnyi-i-vnutrishnii-rynky-ripaku.html> [in Ukrainian].
27. Kernasiuk, Yu. (2023). Rapeseed market in the 2023/24 marketing season. *AgroBusiness*. URL: <https://www.growthow.in.ua/rynok-ripaku-v-2023-24-marketynhovomu-sezoni/> [in Ukrainian].
28. FAOStat. (2023). Food and Agriculture Organization Statistical Databases. URL: www.fao.org/faostat/en/#home [in English].
29. Zheng, Q., Liu, K. (2022). Worldwide rapeseed (*Brassica napus* L.) research: A bibliometric analysis during 2011–2021. *Oil Crop Science*, 7(4), 157–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2022.11.004> [in English].
30. USDA. Canada Rapeseed: Lower Yield Potential due to Dryness in the Prairies URL: https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/pecad_stories.aspx?regionid=can&ftype=prodbriefs [in English].
31. State Statistics Service of Ukraine. URL: <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
32. USDA. Foreign Agricultural service. Rapeseed 2023 World Production. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=2226000> [in English].
33. Wittkop, B., Snowdon, R., Friedt, W. (2009). Status and perspectives of breeding for enhanced yield and quality of oilseed crops for Europe. *Euphytica*, 170, 131–140. DOI: 10.1007/s10681-009-9940-5 [in English].
34. Taylor, D.C., Falk, K.C., Palmer, C.D. et al. (2010). *Brassica carinata* – A new molecular farming platform for delivering bio-industrial oil feedstocks: Case studies of genetic modifications to improve very long-chain fatty acid and oil content in seeds. *Biofuels Bioprod. Biorefin*, 4, 538–561. DOI: 10.1002/bbb.231 [in English].
35. Zandberg, J.D., Fernandez, C.T., Danilevich, M.F., Thomas, W.J.W., Edwards, D., Batley, J. (2022). The Global Assessment of Oilseed Brassica Crop Species Yield, Yield Stability and the Underlying Genetics. *Plants (Basel)*, 11(20), 2740. doi: 10.3390/plants11202740 [in English].
36. Woźniak, E., Waszkowska, E., Zimny, T., Sowa, S., Twardowski, T. (2019). The Rapeseed Potential in Poland and Germany in the Context of Production, Legislation, and Intellectual Property Rights. *Front. Plant Sci.*, 10, 1423. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01423> [in English].
37. In 2022/23 MY, the EU significantly increased imports of rapeseed and sunflower. (2023). URL: <http://agroconf.org/content/ievrosoyuz-u-202223-mr-znachno-zbilshiv-import-ripaku-ta-sonyashniku> [in Ukrainian].
38. 38. Foreign Agricultural service. U.S. Department of Agriculture. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP&crop=Rapeseed> [in English].
39. McDonald, G. (2023). Oilseeds and Products Annual. China – People’s Republic. 51 [in English].
40. Crop production of Ukraine. 2022. statistical collection. Kyiv [in Ukrainian].
41. Diversity of rapeseed use in the world contributes to its cultivation in Ukraine – farmers’ experience. URL: <https://www.corteva.com.ua/news-and-events/OSR-voices-of-the-farmers.html> [in Ukrainian].
42. How much rapeseed was harvested in Ukraine in 2023 (winter and spring) by region. *Superagronom*. URL: <https://superagronom.com/multimedia/infographics/84-skilki-zibrano-ripaku-v-ukrayini--2023-r-ozimogo-ta-yarogo-po-oblastyah> [in Ukrainian].

43. Eurostat. Crop production in EU standard humidity. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/apro_cpsh1__custom_8937490/default/table?lang=en [in English].
44. Tian, C., Zhou, X., Liu, Q., et al. (2020). Increasing yield, quality and profitability of winter oilseed rape

(*Brassica napus*) under combinations of nutrient levels in fertiliser and planting density. *Crop and Pasture Science*, 71(12), 1010–1019. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP20328> [in English].

Zabarnyi O.S., Demyanyuk O.S., Shatsman D.O.

The current state of rapeseed production in Ukraine and the world

Aim. To analyze the current state of rapeseed production in Ukraine and globally, determine Ukraine's position in the global rapeseed export considering the military aggression of the Russian Federation. **Methods.** The study utilized methods of comparison, synthesis, and analysis of official statistical data and contemporary scientific sources. **Results.** Analysis of global statistical data indicates that rapeseed is currently cultivated on nearly 43 million hectares in over 60 countries worldwide, with the largest acreages concentrated in the EU, Canada, China, India, and Australia. According to USDA data, global rapeseed production continues to increase and is projected to reach 87.06 million tons by 2024. Analysts forecast an increase in rapeseed production in the EU by almost 1 million tons in the 2023/2024 marketing year (MY) compared to the previous year, with an expected rise in average yield to 3.38 t/ha. Ukraine ranks sixth in the global ranking of rapeseed-producing countries. Despite widescale Russian aggression in 2022, rapeseed cultivation areas increased by 151.7 thousand hectares (or 15.1%) and by 355.8 thousand hectares (or 35.4%) in 2023 compared to 2021, with seed production increasing by 379.1 thousand tons (or 12.9%) and by 1561.1 thousand tons (or 53.1%) respectively. The highest rapeseed seed yields in 2023 in Ukraine were recorded in the Odessa (436.9 thousand tons), Vinnytsia (419.1 thousand tons), Ternopil (364.5 thousand tons), Dnipropetrovsk (323.6 thousand tons), and Khmelnytskyi (322.5 thousand tons) regions. **Conclusions.** Rapeseed maintains its position on the global agricultural market despite various factors and enjoys significant demand. While some leading rapeseed-producing countries are experiencing a trend of shrinking cultivation areas, rapeseed yield indicators are currently increasing, indicating the application of intensive cultivation technologies. There is a slight redirection of trade flows between importing and exporting countries, but the overall trend in the global market remains stable. Despite challenging conditions due to the state of war and restrictions on agricultural product sales in the international market, Ukraine maintains its leading position in the global ranking of rapeseed-producing countries and increases the production of high-quality rapeseed seeds annually.

Key words: oilseeds, rapeseed farming, cultivation areas, gross harvest, yield, export potential.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Забарний О.С., кандидат сільськогосподарських наук, докторант, Інститут агроекології і природокористування НААН, e-mail: zabarnyy@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6796-7625>.

Дем'янюк О.С., доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, Інститут агроеко-

логії і природокористування НААН, e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: 0000-0002-4134-9853.

Шацман Д.О., кандидат сільськогосподарських наук, ТОВ «Євросем», e-mail: ds@profi.land, ORCID: 0009-0000-1645-2499.

Zabarnyy O.S., PhD in agricultural sciences, Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, e-mail: zabarnyy@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6796-7625.

Demyanyuk O.S., Doctor of agricultural sciences, professor, corresponding member of NAAS, deputy director for scientific work, Institute of Agroecology and Environmental

Management of NAAS, e-mail: demolena@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4134-9853.

Shatsman D.O., PhD in agricultural sciences, LLC «Eurosem», e-mail: ds@profi.land, ORCID: 0009-0000-1645-2499.

Надійшла 22.01.2024

ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЯКОСТЕЙ ГЕНОМУ ПРОСА ЗА ОЗНАКОЮ «ФОРМА ЗЕРНІВКИ»

А.М. Проданик, О.В. Самборська

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

Мета. Вивчити особливості генетичного контролю ознак технологічних якостей зерна проса з метою створення генетичних джерел кулястої форми зернівки. **Методи.** Польові, лабораторні і статистичні дослідження. **Штучні схрещування** проса здійснювали водним способом за методикою І.В. Яшовського. **Результати.** Характер успадкування ознаки форма зернівки проса вказує на проміжний тип прояву цієї ознаки (у 69 % гібридів); частково позитивне домінування виявилось у 4,8 % гібридів, частково від'ємне домінування – 16,7 %, від'ємне наддомінування (депресія) – 9,5 %, позитивне наддомінування (гетерозис) за цією ознакою не виявлено. Проведений гібридологічний аналіз гібридів другого покоління показав розщеплення за ознакою форма зернівки у співвідношенні 9 кулястих до 7 овальних (якщо не брати до уваги проміжні форми), що свідчить про комплементарну взаємодію домінантних алелів двох незалежних генів, які контролюють цю ознаку. **Висновки.** Експериментально встановлено комплементарну взаємодію домінантних алелів двох незалежних генів, які контролюють ознаку форма зернівки (у більшості випадків кількість нащадків із кулястою формою зернівки значно переважала). Це дає змогу прогнозувати ефективність доборів, спрямованих на збільшення частки генотипів із пошуковою ознакою у створеному гібридному матеріалі.

Ключові слова: лінії, генотипи, зразки, гібриди, джерела, успадкування.

Вступ. Просо є однією з цінних круп'яних культур, а також однією з провідних кормових культур. Його продукція з найдавніших часів використовується людством для харчування, лікарських цілей, годівлі різних видів тварин і птахів та інших потреб [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За оцінками ФАО, 45 країн світу, у тому числі 33 в Африці, дев'ять в Азії, дві в Латинській Америці і Карибському басейні та одна в Європі, потребують зовнішньої допомоги для забезпечення продовольством. Багаторічні високі темпи інфляції продовжують посилювати ситуацію з відсутністю продовольчої безпеки, особливо у країнах із низьким рівнем доходу та дефіцитом продовольства. Конфлікти та екстремальні погодні явища залишаються основними чинниками гострої відсутності продовольчої безпеки в усьому світі, особливо у країнах Східної та Західної Африки.

Необхідне перетворення продовольчих систем для забезпечення продовольчої безпеки, покращання харчування та доступного здорового харчування

для всіх. Посилення важливих факторів, що лежать в основі недавніх тенденцій відсутності продовольчої безпеки та неповноцінного харчування (конфліктів, екстремальних кліматичних явищ та економічних потрясінь), у поєднанні з високою вартістю харчових продуктів та зростаючою нерівністю будуть і надалі створювати проблеми для продовольчої безпеки. Збільшення виробництва проса може забезпечити кошти для існування дрібних фермерів та забезпечити гідні робочі місця. Створений прибуток може стимулювати економічне зростання. Завдяки можливості використання проса як альтернативи здоровому харчуванню ризику, пов'язані з виробничими ризиками, можуть бути знижені [9].

Переробка на пшоно – основний напрям використання зерна проса, тому селекційна робота з цією культурою спрямована на створення сортів із високими показниками, які визначають якість пшоно. Важливу роль у процесі переробки відіграє такий показник, як форма зернівки – чим вища її кулястість (округлість), тим краще вона обривається (катається,

а не б'ється), при цьому зерно менше подрібнюється на січку в процесі обрушування і тим вище вихід крупы [3].

Дослідженнями, проведеними в ННЦ «ІЗ НААН» в попередні роки, встановлені особливості успадкування ознак забарвлення зернівки, типу крохмалю і вмісту протеїну в зерні проса, расоспецифічної стійкості до сажки, а також створені генетичні джерела цих ознак, але ще недостатньо вивчена генетична природа ознак технологічних якостей зерна: крупність, пливчастість, форма зернівки, які є визначальними для створення сортів із високим показником виходу крупы. Наразі в літературі з генетики і селекції проса майже зовсім відсутня інформація з успадкування форми зернівки, а також генетичних зв'язків між цією та іншими ознаками. Створення джерел покращених технологічних якостей зерна, особливо з кулястою формою зернівки залишається актуальним завданням під час створення нових сортів проса [4].

Мета роботи. Вивчити особливості генетичного контролю ознак технологічних якостей зерна проса з метою створення генетичних джерел кулястої форми зернівки.

Методи дослідження. Штучні схрещування проса здійснювали водним способом за методикою І.В. Яшовського[5].

Форму зернівки (кулястість) визначали шляхом виміру її довжини, ширини і товщини за допомогою лупи із шкалою, використовуючи показник кулястості зернівки (ПКЗ), який визначається як частка об'єму зернівки до теоретичного об'єму кулі:

$$ПКЗ = \frac{V_{\text{зерн.}}}{V_{\text{кулі}}}; V_{\text{кулі}} = 4\pi R^3 : 3; V_{\text{зерн.}} = 4\pi(abc : 8) : 3,$$

де R – радіус описаного кола навколо зернівки;

a – довжина;

b – ширина;

c – товщина зернівки [6].

Ступінь домінування обчислювали за формулою:

$$hp = \frac{Fn - MP}{HP - MP},$$

де hp – оцінка ступеня домінування;

Fn – середня арифметична ознаки у рослин гібрида n -го покоління;

MP – середня арифметична ознаки у обох батьківських форм;

HP – значення ознаки у батька з максимальним його проявом [7].

Оцінку результатів розщеплення гібридів другого покоління проводили методом гібридологічного аналізу за допомогою χ^2 (критерій Пірсона) [8].

Результати та їх обговорення. Для вивчення особливостей генетичного контролю технологічних якостей зерна проса підбирали батьківські форми з контрастними значеннями ознак. Під час розробки програми схрещувань враховували маркерні ознаки батьківських форм (забарвлення зернівки, тип волоті і наявність або відсутність антоціану), за якими можна ідентифікувати справжні гібриди. Для їх створення були залучені сорти і лінії з більш кулястою формою зернівки, які схрещували зі зразками з овальним зерном (табл. 1).

Характер успадкування гібридних популяцій першого покоління за формою зернівки виявився таким: проміжне успадкування ознаки у 29 гібридів з 42, що становить 69% від загальної кількості; частково позитивне домінування було лише у 2 комбінацій: (Омріяне/Тонкопливчате 403), (Пікуловичське/Тонкопливчате 403) – 4,8 %; позитивне наддомінування (гетерозис) за цією ознакою не виявлено; частково від'ємне домінування було в 7 комбінацій – 16,7%; від'ємне наддомінування (депресія) – у 4 гібридів – 9,5%. Отже, за ознакою «форма зернівки» характер успадкування у більшості гібридів F_1 мав проміжний прояв.

Таблиця 1. Успадкування ознаки «форма зернівки» (Чабани 2022 р.)

Клас домінування (прояв)	Значення hp	Кількість проаналізованих комбінацій	
		гібридні комбінації, шт.	від загальної кількості, %
Депресія (від'ємне наддомінування)	<-1	4	9,5
Частково від'ємне домінування	$-1 \leq -0,5$	7	16,7
Проміжне успадкування	$-0,5 < 0,5$	29	69,0
Частково позитивне домінування	$0,5 \leq 1$	2	4,8
Гетерозис (позитивне наддомінування)	>1	–	–

hp – оцінка ступеня домінування.

Таблиця 2. Розподіл гібридів другого покоління за формою зернівки (Чабани 2023 р.)

Батьківські форми, гібриди F ₂	Форма зернівки					
	куляста		овальна		проміжна	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Комбінації схрещування [(sp2516/1709-02)/Заповітне]						
♀sp2516 / 1709-02	–		овальна		–	
♂Заповітне	куляста		–		–	
F ₂ діл.822-833 (87 рослин)	7	3	7	1	3	6
F ₂ діл.834-843 (76 рослин)	28	37	21	28	27	35
F ₂ діл.852-856 (69 рослин)	36	52	20	29	13	19
Середня кількість, %	–	44	–	28	–	28
Комбінація схрещування [(sp2516/1709-02)/(Оренбурзьке 9/Омріяне)]						
♀sp 2516/1709-02	–		овальна		–	
♂ Оренбурзьке 9/Омріяне	куляста		–		–	
F ₂ діл.844-847 (82 рослини)	27	33	14	17	41	50
Комбінація схрещування [(Горлинка/Омріяне)/(sp 2516/Слов'янське)]						
♀Горлинка/Омріяне	–		овальна		–	
♂sp 2516/Слов'янське	куляста		–		–	
F ₂ діл.860-867 (52 рослини)	9	18	10	19	33	63
Комбінація схрещування [(Горлинка/Омріяне)/Заповітне]						
♀Горлинка/Омріяне	–		овальна		–	
♂ Заповітне	куляста		–		–	
F ₂ діл.868-879 (106 рослин)	48	45	11	10	47	45

Вивчення генетичного контролю ознаки «форма зернівки» проса у другому поколінні продовжили на 6 ділянках 4 комбінацій схрещування із загальною кількістю рослин 472 шт. (табл. 2).

Дані розщеплення у потомстві другого покоління за формою зернівки показали, що у більшості випадків кількість нащадків з кулястою формою зернівки

значно переважала, крім комбінації схрещування (Горлинка/Омріяне)/(sp 2516/Слов'янське), де розподіл нащадків відбувся у співвідношенні близько 1/1. Таким чином, розподіл даних вибірки на користь кулястих форм дає можливість прогнозувати ефективність доборів, спрямованих на створення гібридів з цією ознакою.

Таблиця 3. Результати гібридологічного аналізу гібридів другого покоління комбінації схрещування [(sp2516/1709-02)/Заповітне] за ознакою «форма зернівки» (Чабани 2023 р.)

Генотип, критерії оцінки	Параметри фенотипів рослин за формою зернівки					
	діл.822-833		діл.834-843		діл.852-856	
	куляста	овальна	куляста	овальна	куляста	овальна
♀sp2516 / 1709-02	Овальна					
♂Заповітне	Куляста					
Фактична кількість нащадків в F ₂ , шт.	37	27	28	21	36	20
Очікувана кількість нащадків в F ₂ , шт.	36	28	27,6	21,4	31,5	24,5
Теоретичне співвідношення	9:7		9:7		9:7	
χ ² - критерій Пірсона	0,06		0,01		1,57	
χ ² st	3,84		3,84		3,84	

Оцінку результатів розщеплення гібридів другого покоління проводили методом гібридологічного аналізу на прикладі найбільш представленої комбінації схрещування [(sp2516/1709-02)/Заповітне] (табл. 3).

Результати гібридологічного аналізу показав розщеплення за ознакою форма зернівки у співвідношенні 9 кулястих до 7 овальних, що свідчить про комплементарну взаємодію домінантних алелів двох незалежних генів, які контролюють цю ознаку.

Висновки

Експериментально встановлено комплементарну взаємодію домінантних алелів двох незалежних генів, які контролюють ознаку форми зернівки. У більшості випадків кількість нащадків із кулястою формою зернівки значно переважала, що дає змогу прогнозувати ефективність доборів, спрямованих на збільшення частки генотипів з пошуковою ознакою у створеному гібридному матеріалі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Маврицький М.В. Просо. Київ, 1941. 75 с.
2. Савицький К.А., Яшовський І.В., Різниченко І.П. Просо. Київ: Урожай, 1973. 204 с.
3. Проданик А.М. Усі основні поживні речовини в просі перебувають у вдалому співвідношенні. Журнал для керівників, спеціалістів і науковців галузі хлібопродуктів. *Зерно і хліб*. 2007. Вип. 1. С. 57–58.
4. Перевертун Л.І., Мельник Л.А., Проданик А.М., Самборська О.В. Особливості успадкування ознак технологічних якостей зерна проса. *Збірник наукових праць ННЦ „Інститут землеробства НААН”*. 2017. Вип. 2. С.162–167.
5. Яшовський І.В. Результати дослідів по розробці нової методики схрещування проса. *Наук. пр. УкрНДІ землеробства*. 1960. Т.10. С.132–140.
6. Проданик А.М., Самборська О.В. Патент на корисну модель №147324 «Спосіб оцінювання та добору вихідного матеріалу проса за ознакою «форма зернівки». / Державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» // Зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей 28.04.2021 (Заявка № u 2020 08086 від 17.12.2020).
7. Griffing B. Analiz kilkisnoi diigenivza dopomogoi upostiinoi batkivskoi regresii ta podibnykh metodiv [Analysis of quantitative gene-action by constant parent regression related techniques]. *Genetics*, 1950. V. 35, pp. 303–321.
8. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. М.: Колос, 1966. 254 с.
9. Матеріали 75-ї сесії Генеральної Асамблеї Організації Об'єднаних Націй. 2021 р. URL: <https://www.fao.org/millet-2023/en>.

REFERENCES

1. Mavryczkyj M.V. (1941). *Proso*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Savyczkyj K.A., Yashovskij I.V., Riznychenko I.P. (1973). *Proso*. Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
3. Prodanyk A.M. (2007). *Usi osnovni pozhyvni rechovyuny v prosii perebuvaют u vdalomu spivvidnoshenni* [All the essential nutrients in millet are in the right ratio]. Kyiv: Zerno i chlib [in Ukrainian].
4. Perevertun L.I., Melnyk L.A., Prodanyk A.M., Samborska O.V. (2017). *Osoblyvosti uspadkuvannia oznak tekhnolohichnykh yakosteі zerna prosa* [Peculiarities of inheritance of signs of technological qualities of millet grain]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»* [in Ukrainian].
5. Yashovskiy I.V. (1960). *Rezultaty doslidiv po rozrobttsi novoi metodyky skhreshchuvannia prosa* [The results of experiments on the development of a new method of crossing millet]. *Nauk. pr. UkrNDI zemlerobstva* [in Ukrainian].
6. Prodanyk A.M., Samborska O.V. (2020). *Sposib otsiniuvannia ta doboru vykhidnoho materialu prosa za oznakoiu «forma zernivky» Patent na korysnu model №147324* [The method of evaluation and selection of raw material of millet based on «grain shape»]. № u 2020 08086 Bull. No.17 [in Ukrainian].
7. Griffing B. (1950). *Analiz kilkisnoi dii geniv za dopomogoiu postiinoi batkivskoi regresii ta podibnykh metodiv*. *Genetics* [in English].
8. Volf V.H. (1966). *Statystycheskaia obrabotka opytnykh dannykh* [Statistical processing of experimental data]. M.: Kolos [in Russian].
9. Materials of the 75th session of the General Assembly of the United Nations. (2021). URL: <https://www.fao.org/millet-2023/en> [in English].

Prodanyk A.M., Samborska O.V.

Improvement of the technological quality of the millet genome by the “grain shape” trait usage

Aim. To study the peculiarities of genetic control of traits of technological qualities of millet grain in order to create genetic sources of spherical grain shape in combination with other economically valuable traits. **Methods.**

Field, laboratory and statistical studies. Artificial crosses of millet were carried out by water method according to the method of I.V. Yashovskyi. Results. The character of inheritance of the trait of millet kernel shape indicates an intermediate type of manifestation of this trait (in 69 % of hybrids); partially positive dominance was found in 4.8 % of hybrids, partially negative dominance - 16.7 %, negative overdominance (depression) – 9.5 %, positive overdominance (heterosis) for this trait was not found. The hybridological analysis of the second generation hybrids showed a split in the grain shape trait in the ratio of 9 spherical to 7 oval (excluding intermediate forms), which indicates a complementary interaction of dominant alleles of two independent genes that control this trait. Conclusions. The study of the genetic control of the grain shape trait showed that in these experiments, the vast majority of offspring with spherical grain shape were more numerous than those with oval grain shape. This makes it possible to predict the effectiveness of selections aimed at increasing the proportion of genotypes with the search trait in the created hybrid material.

Key words: lines, genotypes, samples, hybrids, sources, inheritance.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Проданик А.М., кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії селекції і насінництва проса, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: prodanyk.a@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1712-5064.

Самборська О.В., науковий співробітник лабораторії селекції і насінництва проса, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: elenasamborskay@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9345-2433.

Prodanyk A.M., candidate of Agricultural Sciences, head of the millet breeding and seeding laboratory, NSC «IA NAAS», e-mail: prodanyk.a@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1712-5064.

Samborska O.V., researcher of the millet breeding and seeding laboratory, NSC «IA NAAS», e-mail: elenasamborskay@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9345-2433.

Надійшла 04.01.2024

УРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ГРУП СТИГЛОСТІ СОРТІВ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

В.В. Поліщук¹, Д.В. Коновалов²

¹Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)

²Інститут фізіології рослин і генетики НАН (м. Київ, Україна)

Мета. *Визначити урожайність пшениці озимої залежно від груп стиглості сортів, строків сівби та норм висіву насіння в умовах Центрального Лісостепу України. Методи.* Польовий, лабораторний, вимірально-ваговий, математико-статистичний. *Польові дослідження проводили в дослідному господарстві Інституту фізіології рослин і генетики НАН упродовж 2017–2019 рр. Результати.* Визначено, що за сівби пшениці озимої в оптимальний строк достовірної різниці з урожайності насіння сортів різних груп стиглості залежно від норм висіву насіння не виявлено. Урожайність насіння середньостиглих сортів за норми висіву 3 млн шт./га становила 7,71 т/га, середньоранньостиглих – 7,23 т/га. Урожайність усіх сортів середньої групи стиглості була вищою, ніж середньоранньостиглої незалежно від норм висіву насіння, але значної різниці за сортами не було. Урожайність насіння у середньостиглих сортів достовірно не відрізнялася від середньоранньостиглих за всіх норм висіву насіння. За найменшої норми висіву (3 млн шт./га) урожайність насіння середньостиглих сортів становила 6,87 т/га, тоді як у середньоранньостиглих вона була більшою лише на 0,09 т/га. За сівби в найпізніший строк (10 жовтня) урожайність насіння сортів обох груп стиглості була нижчою, ніж в оптимальний строк, але достовірної різниці з урожайності насіння залежно від груп стиглості сортів не було. За сівби пшениці озимої як в оптимальний, так і в пізніші строки на урожайність насіння найбільший вплив був фактора «сорт», який був у межах 83,3–89,1 % залежно від строків сівби, що ще раз свідчить про роль сорту в підвищенні продуктивності культури. **Висновки.** За сівби пшениці озимої як в оптимальний, так і в пізніші строки сівби достовірної різниці з урожайності насіння сортів середньостиглої та середньоранньостиглої груп стиглості залежно від норм висіву насіння не виявлено. Урожайність усіх сортів середньої групи стиглості була вищою, ніж середньоранньостиглої незалежно від норм висіву насіння, але значної різниці за сортами не було.

Ключові слова: строк сівби, норма висіву, середньостиглі сорти, фактори впливу.

Вступ. Пшениця озима є головною зерновою культурою в Україні, яка займає 6,9 млн га, або 40 % посівних площ зернових культур [1]. У посушливих регіонах її вирощують майже повсюдно, оскільки інші культури у відповідних умовах вирощувати дуже складно. Не менш важливою виглядає роль озимих зернових в економіці лісостепових господарств, де нині продуктивної вологи ненабагато більше [2]. Урожайність сортів пшениці зросла від 3,3 до 8,4 т/га. Однак потенціал продуктивності у виробництві реалізується не більше, ніж на половину [3]. Тому

підвищення урожайності пшениці озимої, яка залежить від впровадження нових сортів різних груп стиглості, елементів технології та ґрунтово-кліматичних умов вирощування є важливим і актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Жоден з агротехнологічних заходів не має такого глибокого впливу на ріст і розвиток рослин пшениці озимої, як строки сівби, які є істотним резервом підвищення продуктивності сортів пшениці озимої, вони не вимагають істотних матеріальних витрат

[4]. Строки сівби є важливим елементом технології вирощування пшениці озимої, який визначає її урожайність [5]. Підраховано, що з кожним наступним днем відстрочення строків сівби, починаючи з кінця оптимальних, урожайний потенціал знижується на 1 % [6]. Не всі сорти пшениці м'якої озимої однаково реагують на строки сівби. Кожен сорт має свій оптимальний термін сівби, за якого найповніше реалізується його потенціал продуктивності [7; 8]. За даними О.П. Волощук та ін. [9] в умовах Західного Лісостепу за сівби пшениці озимої у допустимо оптимальний (05.10.) та пізній (15.10) строки, урожайність насіння знизилася на 3,93 т/га і 3,56 т/га, відповідно, порівняно з оптимальним строком (25.09). В Україні, навпаки, останніми роками нерідко практикується пізня сівба пшениці озимої, що пов'язано зі значним потеплінням клімату, подовженням осінньої вегетації рослин, збільшенням попередників пізньозбиральних культур та створенням сортів нового покоління з інтенсивним стартовим ростом. Однак, пізня сівба майже у всіх регіонах України призводить до зниження врожайності. Так, урожайність пшениці озимої, посіяної 20, 30 вересня і 10 жовтня в умовах Центрального Лісостепу України зменшувалась, відповідно на 0,3 т/га (9%), 0,65 (19%) і 1,02 т/га (29%), порівняно з сівбою 10 вересня [9; 10]. Серед елементів технології, які впливають на урожайність, одним з основних є норма висіву насіння, яка визначає густоту та продуктивність стеблостою [11]. Норми висіву насіння також змінюються, постійно переглядаються і уточнюються з врахуванням якості посівного матеріалу, удосконалення технології вирощування культури та існуючих ґрунтово-кліматичних умов виробництва [12].

Дослідження селекційних зразків, які надходили з міжнародного селекційного центру (Туреччини), виявили, що більшість з них були середньостиглими та середньоранньостиглими [13], що є свідченням більш широкого використання їх у селекційному процесі і, відповідно – вищої продуктивності. Враховуючи це, нами проведено дослідження впливу норми висіву та строків сівби сортів різних груп стиглості на врожайність та якість насіння пшениці озимої.

Мета досліджень – визначити урожайність пшениці озимої залежно від груп стиглості сортів, строків сівби та норм висіву насіння в умовах Центрального Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень. Польові дослідження проводили у дослідному господарстві Інституту фізіології рослин і генетики НАН України упродовж 2017–2019 рр. Схемою досліду передбачено сівбу сортів двох груп стиглості, селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН: середньостиглих (Астарта, Золотоколоса, Фаворитка, Хуртовина) та середньоранньостиглих (Смуглянка, Сонечко, Наталка, Лимарівна). Норми висіву насіння – 3, 4, 5 та 6 млн шт./га в три строки – оптимальний (25 вересня) та пізніші (5 і 10 жовтня). Облік урожаю здійснювали суцільним обмолотом рослин із кожної ділянки селекційним комбайном Sampo-Rosenlew SR 3085. Статистичну обробку експериментальних даних проводили методами дисперсійного аналізу за методом Фішера [14] з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 від StatSoft [15].

Погодні умови у роки проведення досліджень загалом були сприятливими для росту і розвитку пшениці озимої. Сільськогосподарський 2016/2017 та 2018/2019 рр. за температурним режимом та кількістю опадів були сприятливими для росту і розвитку рослин і наближеними до середнього багаторічного, тоді як 2017/2018 рр. характеризувався надмірним

Таблиця 1. Урожайність насіння залежно від норми висіву насіння та сортових особливостей за сівби 25 вересня (середнє за 2017–2019 рр.)

Сорт	Урожайність насіння, т/га, залежно від норми висіву, млн шт./га			
	3	4	5	6
Середньостиглі сорти				
Астарта	7,69	7,46	7,76	7,64
Золотоколоса	7,62	7,35	7,25	7,29
Фаворитка	7,80	7,93	7,90	7,72
Хуртовина	7,71	7,80	7,79	7,46
Середнє	7,71	7,64	7,68	7,53
Середньоранньостиглі сорти				
Смуглянка	8,18	8,23	8,35	8,14
Сонечко	6,65	6,92	7,24	6,47
Наталка	7,15	6,94	6,92	6,92
Лимарівна	6,94	6,94	6,47	6,82
Середнє	7,23	7,26	7,25	7,09
НІР _{0,05 заг}	1,03			
НІР _{0,05 норма висіву}	0,36			
НІР _{0,05 група стиглості, сорт}	0,51			

зволоженням. За рік гідротермічний коефіцієнт становив 0,9, тобто він був сприятливим для росту і розвитку рослин пшениці озимої.

Результати та їх обговорення. Визначено, що за сівби пшениці озимої в оптимальний строк достовірної різниці з урожайності насіння сортів різних груп стиглості залежно від норм висіву насіння не виявлено (табл. 1).

Урожайність насіння середньостиглих сортів за норми висіву 3 млн шт./га становила 7,71 т/га, середньоранньостиглих – 7,23 т/га ($HP_{0,05 \text{ групи стиглості}} = -0,51 \text{ т/га}$). За найбільшої норми висіву – 6 млн шт./га, достовірної різниці також не було: урожайність сортів середньостиглої групи становила 7,53 т/га, середньоранньостиглої – 7,09 т/га.

Доцільно зазначити, що урожайність усіх сортів середньостиглої групи стиглості була вищою, ніж середньоранньостиглої, незалежно від норм висіву насіння, але значної різниці за сортами не було. Не виявлено значної різниці з урожайності насіння залежно від норм висіву насіння сортів обох груп стиглості. Дослідженням факторів, які впливали на урожайність насіння виявлено, що найбільший вплив мав фактор «сорт» – 89,1 %. Вплив інших факторів був незначним.

Аналогічні результати отримані за сівби в оптимально допустимий строк – 5 жовтня. Достовірної різниці з урожайності насіння сортів обох груп стиглості залежно від норм висіву не виявлено (табл. 2).

Урожайність насіння у середньому по середньостиглих сортах достовірно не відрізнялася від сортів середньоранньостиглих за всіх норм висіву насіння. Якщо за найменшої норми висіву урожайність насіння середньостиглих сортів становила 6,87 т/га, то у середньоранньостиглих вона була більшою лише на 0,09 т/га ($HP_{0,05 \text{ група стиглості}} = 0,49 \text{ т/га}$).

За сівби 5 жовтня спостерігалася тенденція підвищення урожайності насіння сортів середньоранньостиглої групи, порівняно з сортами середньостиглої групи, але достовірної різниці не було. Не виявлено достовірної різниці з урожайності насіння залежно від норм висіву насіння, спостерігалася лише тенденція її підвищення. Якщо за норми висіву 3 млн шт./га урожайність середньостиглих сортів була 6,87 т/га, середньоранньостиглих 6,96 т/га, то за найбільшої норми 6 млн шт./га вона була, відповідно – 7,29 т/га та 7,17 т/га.

Доцільно зазначити, що урожайність насіння усіх сортів за сівби в пізніші строки була нижчою,

порівняно з оптимальним строком. Якщо у середньому за середньостиглими сортами за оптимального строку сівби (25.09) урожайність залежно від норм висіву коливалася від 7,53 т/га (норма висіву 6 млн шт./га) до 7,71 т/га (норма висіву 3 млн шт./га), то за сівби 5 жовтня – від 6,85 т/га (норма висіву 3 млн шт./га) до 7,29 т/га (норма висіву 6 млн шт./га).

Виявлено, що усі сорти обох груп стиглості, які вивчали добре адаптовані до умов вирощування та норм висіву насіння, про що свідчить висока урожайність насіння за різних норм висіву і строків сівби пшениці озимої. Визначено, що найбільший вплив на формування урожайності насіння пшениці озимої за сівби в допустимий оптимальний строк 5 жовтня був фактор «сорт» – 83,3 %, вплив фактора «норма висіву» становив лише 12,3 %. Вплив інших факторів був незначним.

За сівби в найпізніший строк (10 жовтня) урожайність насіння сортів обох груп стиглості була нижчою, ніж в оптимальний строк. Не виявлено достовірної різниці з урожайності насіння залежно від груп стиглості сортів (табл. 3).

Якщо за норми висіву 3 млн шт./га урожайність насіння середньостиглих сортів становила 6,59 т/га,

Таблиця 2. Урожайність насіння залежно від норми висіву насіння та сортових особливостей за сівби 5 жовтня (середнє за 2017–2019 рр.)

Сорт	Урожайність насіння, т/га, залежно від норми висіву, млн шт./га			
	3	4	5	6
Середньостиглі сорти				
Астарта	6,62	6,82	6,75	7,11
Золотоколоса	7,22	7,25	7,20	7,36
Фаворитка	6,89	7,13	6,99	7,31
Хуртовина	6,76	6,99	7,13	7,39
Середнє	6,87	7,05	7,02	7,29
Середньоранньостиглі сорти				
Смуглянка	7,99	8,16	8,27	8,33
Сонечко	6,39	6,66	6,52	6,40
Наталка	6,44	6,78	6,86	6,79
Лимарівна	7,01	6,93	6,99	7,15
Середнє	6,96	7,13	7,16	7,17
$HP_{0,05 \text{ заг}}$	0,97			
$HP_{0,05 \text{ норма висіву}}$	0,34			
$HP_{0,05 \text{ група стиглості, сорт}}$	0,49			

Таблиця 3. Урожайність насіння залежно від норми висіву насіння та сортових особливостей за сівби 10 жовтня (середнє за 2017–2019 рр.)

Сорт	Урожайність насіння, т/га, залежно від норми висіву, млн шт./га			
	3	4	5	6
Середньостиглі сорти				
Астарта	6,69	6,51	6,92	6,61
Золотоколоса	6,67	7,04	6,68	6,96
Фаворитка	6,77	6,68	7,02	7,09
Хуртовина	6,23	6,70	6,67	6,95
Середнє	6,59	6,73	6,82	6,90
Середньоранньостиглі сорти				
Смуглянка	7,65	7,61	7,78	7,55
Сонечко	6,16	6,00	6,06	6,10
Наталка	6,61	6,44	6,41	6,25
Лимарівна	6,32	6,74	7,04	6,96
Середнє	6,69	6,70	6,82	6,72
НІР _{0,05 заг}	0,97			
НІР _{0,05 норма висіву}	0,34			
НІР _{0,05 група стиглості, сорт}	0,49			

а за норми висіву 6 млн /га – 6,90 т/га, то у середньо-ранньостиглих вона була, відповідно – 6,69 т/га та 6,72 т/га (НІР_{0,05 група стиглості} = 0,49 т/га). Не виявлено достовірного зниження урожайності насіння сортів

обох груп стиглості залежно від норм висіву, спостерігалася лише тенденція її збільшення зі збільшенням норми висіву.

Аналогічна залежність спостерігалася за сортами як середньостиглої групи, так і середньоранньостиглої групи стиглості. За сівби пшениці озимої в пізніший строк – 10 жовтня найбільший вплив на урожайність насіння виявлено фактор «сорт», який становив 83,3 %.

Отже, за сівби пшениці озимої як в оптимальний, так і в пізніші строки на урожайність насіння найбільший вплив мав фактор «сорт», який був у межах 83,3–89,1 % залежно від строків сівби, що ще раз свідчить про роль сорту у підвищення продуктивності культури.

Висновки

За сівби пшениці озимої як в оптимальний, так і в пізніші строки сівби достовірної різниці з урожайності насіння сортів середньостиглої та середньоранньостиглої груп стиглості залежно від норм висіву насіння не виявлено. Урожайність всіх сортів середньостиглої групи стиглості була вищою, ніж середньоранньостиглої незалежно від норм висіву насіння, але значної різниці за сортами не було. Значної різниці з урожайності насіння залежно від норм висіву насіння сортів обох груп стиглості також не виявлено. Доцільно зазначити, що урожайність насіння всіх сортів за сівби в пізніші строки була нижчою, порівняно з оптимальним строком.

ЛІТЕРАТУРА

- Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами на 01 грудня 2021 року. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
- Коваленко І. Як будемо сіяти пшеницю. Обробіток ґрунту та мінеральне живлення озимих зернових за умов критичного браку вологи *Агробізнес Сьогодні*. 2020. № 15-16 (430-431). С. 36–37.
- Селекція і насінництво в Україні: дефіцит коштів та науковці-ентузіаста URL: <https://superagronom.com/blog/57-seleksiya-i-nasinnitvo-v-ukrayini-defitsit-koshtiv-ta-naukovtsi-entuziasti>.
- Гуменюк О.В. Створення вихідного селекційного матеріалу озимої пшениці з використанням світової колекції: дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво». Ін-т біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. Київ, 2016. 22 с.
- Ткачук В., Тимошук Т. Вплив строків сівби на продуктивність пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 98(3). С. 38–44.
- Строжок В. Ткачук В. Ціна строків сівби. *Agroexpert*. 2013. №9. С. 25–27.
- Корхова М. М. Продуктивність сортів пшениці м'якої озимої залежно від строків сівби та норм висіву в умовах Південного Степу України: дис. канд. с.-г. наук: 06.01.09. Харків, 2015. 204 с.
- Уліч О.Л. Строки сівби нових сортів озимої пшениці. *Зб. Наук. Праць СГП*. Одеса, 1999. Вип. 1 (41). С. 95–99.
- Волошук О.П., Волошук І.С., Глива В.В. Насіннева продуктивність та посівна якість сортів пшениці озимої залежно від строків сівби в умовах Західного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2014. Вип. 79. С. 82–88.

10. Уліч, О. Л. Тенденції зміни строків сівби пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) у південній частині Правобережного Лісостепу України за трансформації клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 96(6). С. 19–24. doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-03.
11. Вінюков О., Лапко О. Вплив норм висіву на формування показників продуктивності пшениці озимої різновидів *Lutescens* та *Erythrospermum* в умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 7–13.
12. Гаврилюк М.М. Основи сучасного насінництва. Київ: ННЦ ІАЕ, 2004. 256 с.
13. Кочмарський В. С. Тривалість вегетаційного періоду зразків пшениці озимої світового генофонду. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. Випуск 4 (62). С. 177–183.
14. Fisher R.A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.
15. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Методичні вказівки. Київ: 2007. 55 с.

REFERENCES

1. Production volume, yield and harvested area of agricultural crops by type as of 01 December 2021. State Statistics Service of Ukraine. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
2. Kovalenko, I. (2020). How we will sow wheat. Soil cultivation and mineral nutrition of winter cereals under conditions of critical lack of moisture. *Agribusiness Today, 15-16 (430-431)*, 36-37 [in Ukrainian].
3. Breeding and seed production in Ukraine: lack of funds and enthusiastic scientists URL: <https://superagronom.com/blog/57-selektsiya-i-nasinnitstvo-v-ukrayini-defitsit-koshtiv-ta-naukovtsi-entuziasti> [in Ukrainian].
4. Gumeniuk, O.V. (2016). Creation of initial breeding material of winter wheat using the world collection: Candidate of Agricultural Sciences: speciality 06.01.05 "Breeding and seed production". Kyiv: Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS, 22 p. [in Ukrainian].
5. Tkachuk V., & Tymoshchuk T. (2020). Influence of sowing dates on the productivity of winter wheat. *Bulletin of Agrarian Science, 98(3)*, 38–44 [in Ukrainian].
6. Stozhuk, V., & Tkachuk, V. (2013). Price of sowing dates. *Agroexpert, 9*, 25–27 [in Ukrainian].
7. Korkhova, M. M. (2015). Productivity of winter wheat varieties depending on sowing dates and seeding rates in the Southern Steppe of Ukraine: Candidate of Agricultural Sciences (PhD): 06.01.09. Kharkiv. 204 p. [in Ukrainian].
8. Ulich, O. L. (1999). Sowing dates of new varieties of winter wheat. Collection of scientific works. *Proceedings of the State Agricultural Institute, 1 (41)*, 95–99 [in Ukrainian].
9. Voloshchuk, O. P., Voloshchuk, I. S., & Hlyva, V. V. (2014). Seed productivity and sowing quality of winter wheat varieties depending on sowing time in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Feed and fodder production, 79*, 82–88 [in Ukrainian].
10. Ulich, O. L. (2018). Tendencies of changes in the timing of sowing of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in the southern part of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine under climate transformation. *Bulletin of Agrarian Science, 96(6)*, 19-24. doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-03 [in Ukrainian].
11. Vinyukov O., & Lapko O. (2023). Influence of sowing rates on the formation of winter wheat productivity indicators of *Lutescens* and *Erythrospermum* varieties in the Northern Steppe of Ukraine. *Agrarian innovations, 18*, 7–13 [in Ukrainian].
12. Gavryliuk, M. M. (2004). Fundamentals of modern seed production. Kyiv: NSC IAE. 256 p. [in Ukrainian].
13. Kochmarskyi, V. S. (2011). Duration of the vegetation period of winter wheat samples of the world gene pool. *Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region, 4 (62)*, 177–183 [in Ukrainian].
14. Fisher, R. A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications. 354 p. [in English].
15. Ehrmantraut, E. R., Prysiashniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). Statistical analysis of agronomic experimental data in STATISTICA 6. Methodological instructions. Kyiv. 55 p. [in Ukrainian].

Polishchuk V. V., Konovalov D. V.

Yield of winter wheat seeds depending on maturity groups of varieties and technology elements

Aim. To determine the yield of winter wheat depending on the maturity groups of varieties, sowing dates and seeding rates in the conditionals of the Central Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, measuring

and weighing, mathematical and statistical. Field studies were carried out at the experimental farm of the Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine during 2017-2019. **Results.** It was determined that when sowing winter wheat at the optimal time, no significant difference in seed yield of varieties of different maturity groups depending on seeding rates was found. The seed yield of medium-ripening varieties at a sowing rate of 3 million seeds/ha was 7.71 t/ha, and that of medium-early ripening varieties – 7.23 t/ha. The yield of all varieties of medium-ripening maturity group was higher than that of medium-early maturity group regardless of seeding rates, but there was no significant difference by variety. On average, the seed yield of medium-ripening varieties did not differ significantly from that of medium-early maturity varieties at all seeding rates. At the lowest seeding rate, the seed yield of medium-ripening varieties was 6.87 t/ha, while that of medium-early-ripening varieties was only 0.09 t/ha higher. When sown at the latest date (10 October), the seed yield of varieties of both maturity groups was lower than at the optimal date, but there was no significant difference in seed yield depending on the maturity groups of the varieties. When winter wheat was sown both at the optimum and later dates, the greatest influence on seed yield was exerted by the "variety" factor, which ranged from 83.3-89.1 % depending on the sowing dates, which once again demonstrates the role of the variety in increasing crop productivity. **Conclusions.** When sowing winter wheat both in the optimal and later sowing dates, no significant difference in seed yield of varieties of medium and medium-early maturity groups depending on seeding rates was found. The yield of all varieties of medium-early maturity group was higher than that of medium-early maturity group regardless of seeding rates, but there was no significant difference by varieties.

Key words: sowing time, seeding rate, medium-ripening varieties, impact factors.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Поліщук В.В., доктор сільськогосподарських наук, декан факультету лісового і садово-паркового господарства, Уманський національний університет садівництва, e-mail: valentin7613@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8157-7028.

Коновалов Д.В., кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник лабораторії оригінального насінництва, Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, e-mail: david-konovalov@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1254-2926.

Polischuk V.V., Doctor of Agricultural Sciences, Dean of the Faculty of Forestry and Landscape Gardening, Uman National University of Horticulture, e-mail: valentin7613@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8157-7028.

Konovalov D.V., PhD in Agriculture, Researcher at the Laboratory of Original Seed Production, Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, e-mail: david-konovalov@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1254-2926.

Надійшла 15.01.2024

ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ РІЗНОВИДНОСТЕЙ ЛЮТЕСЦЕНС ТА ЕРИТРОСПЕРМУМ НА ТИПОВИХ ЧОРНОЗЕМАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ**М.І. Штакал, Л.М. Голик, О.С. Левченко***ННЦ «ІЗ НААН» (с.мт Чабани, Україна)*

Мета. Оцінити перспективність використання в селекції пшениці озимої м'якої різновидностей лютеценс і еритроспермум для підвищення її продуктивності в умовах чорноземних ґрунтів Лісостепу. **Методи.** Польовий, лабораторний, варіаційної статистики. **Результати.** Багаторічними дослідженнями встановлено, що продуктивність різних сортів пшениці озимої в межах різновидності еритроспермум коливається в межах 4,5–6,5 т/га і 4,9–6,6 т/га у різновидності лютеценс. Однак сорти різновидності лютеценс у середньому за роки досліджень на 0,6 т/га, або 11 % переважали генотипи різновидності еритроспермум. У розрізі різновидностей найпродуктивнішими були сорти Ефектна, Красвид, Пам'яті Гірка, Водограй, Співанка Поліська (5,9–6,5 т/га) для різновидності еритроспермум, а серед різновидності лютеценс – Землероб, Вікторія Поліська, Кесарія Поліська, (6,3–6,6 т/га) та сорти-стандарти української селекції Перлина Лісостепу і зарубіжної – Скаген та Самурай (6,0–6,3 т/га). Коефіцієнт варіації врожайності за роками був вищим у різновидності еритроспермум і становив у середньому ($V = 22$ % з коливаннями по сортах – 17-29 %), в той час коли у різновидності лютеценс він становив відповідно ($V = 20$ % з коливаннями по сортах – 14-23 %). Тобто всі генотипи сучасних сортів пшениці озимої в межах обох різновидностей досить продуктивні, але навіть у зоні Лісостепу зі сприятливими погодними умовами для вирощування цієї культури, за адаптивним потенціалом, не можуть ефективно протистояти погодним змінам у роки досліджень, що необхідно враховувати селекціонерам у майбутньому. **Висновки.** Сорти обох різновидностей в умовах вирощування за енергоощадних технологій досить продуктивні (5,8–6,6 т/га). Однак сорти різновидності лютеценс у середньому за роки досліджень на 0,6 т/га, або 11 % переважали за врожайністю генотипи різновидності еритроспермум. При цьому значнішим був вплив генетичного потенціалу сорту, ніж різновидність, що проявилось у варіюванні врожайності по сортах обох різновидностей у межах 1,7 т/га, або 31 %. Тобто врожайність сортів пшениці озимої м'якої, більшою мірою, залежить від генотипу сорту. Однак, перевага її сортів все-таки належить різновидності лютеценс, що необхідно враховувати в селекційному процесі.

Ключові слова: пшениця озима, різновидність, сорт, урожайність, адаптивність, коефіцієнт варіації, індекси.

Вступ. У процесі розвитку землеробства на практиці в останні століття використовують як основну продовольчу культуру пшениці озимої і ярої різновидності лютеценс і еритроспермум, рідше альборубрум, мільтурум, феругінеум та ін. [1–4]. Полба, яку споживали наші предки, наразі використовується у виробництві дуже рідко та переважно лише селекціонерами для покращання якості сучасних сортів [5; 6]. Науковими установами системи НАНУ і НААНУ і, в тому числі, селекціонерами ННЦ «ІЗ НААН» внесено до Державного реєстру сортів рослин,

придатних для поширення в Україні багато сортів пшениці озимої м'якої цих різновидностей. Вони високопродуктивні, мають високу якість зерна, технологічно придатні для вирощування, мають високі хлібопекарські якості тощо [7; 8]. Для подальшого підвищення продуктивності і адаптивності до умов зміни клімату цієї культури селекціонери, за рахунок ідентифікації високоадаптивних генотипів пшениці м'якої з використанням молекулярно-генетичних маркерів і технологічних методів оцінювання, працюють над розв'язанням цього важливого завдання.

Однак, на нашу думку, не втратило значення подальшого вивчення біологічних особливостей і генетичного потенціалу окремих різновидностей сортів пшениці озимої в однакових природно-кліматичних умовах та їх реакцію на зміни зовнішнього середовища за роками. Тому й надалі залишається актуальним вивчення реакції сортів різних різновидностей пшениці озимої для умов типових чорноземів Лісостепу.

Мета досліджень. Оцінити перспективність використання в селекції пшениці озимої м'якої різновидностей лютесценс і еритроспермум для підвищення її продуктивності в умовах чорноземних ґрунтів Лісостепу.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у відділі селекції і насінництва зернових культур ННЦ «ІЗ НААН» на Панфільській дослідній станції в 2018–2023 рр. на типових чорноземах. Площа облікової ділянки 10 м², повторення чотириразове. Дослідження проводили згідно з методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур [9, 10]. Статистичну обробку врожайних даних проводили за методикою Афіфі А., Ейзен С. [11].

Система підготовки ґрунту до сівби – загальноприйнята. Удобрення та догляд за посівами була на рівні енергоощадних і ресурсощадних технологій. Зокрема, під основний обробіток вносили 34 кг/га азоту, 34 кг/га фосфору та 34 кг/га калію, а у весняне підживлення посівів – 51 кг/га азоту. Сівбу в різні роки проводили в період з 25.09 по 5.10. Норма висіву становила 5 млн схожих зерен на 1 га. Система захисту включала боротьбу з бур'янами, шкідниками і хворобами рослин внесенням гербіциду – Тріатлон (0,05 кг/га), фунгіциду – Корвізар (0,8 л/га), інсектициду – Престо (0,3 л/га) та регулятору росту рослин – Вертекс. Ці заходи проводили у фазі кушення–початку виходу в трубку.

Погодні умови за роки досліджень характеризувалися підвищеною на 1,4–2,9 °С температурою повітря за вегетацію та нижчою сумою опадів за норму на 83–96 мм у 2018–2019 рр. і її перевищенням у 2021 і 2023 рр. Решта років сума опадів була близькою до норми. Однак, у 2022 р. в травні–червні опади були практично відсутні, що мало негативний вплив на врожайність пшениці озимої. Також негативний вплив на врожайність цієї культури мав сильний градобій у 2021 р. в період наливу зерна.

Результати та їх обговорення. Оцінюючи результати багаторічних досліджень слід зазначити, що продуктивність різних сортів пшениці озимої в межах різновидності еритроспермум коливається

в межах 4,5–6,5 т/га і 4,9–6,6 т/га у різновидності лютесценс. Однак, досить чітко простежується підвищення врожайності за роками у різновидності лютесценс. Причому лише у 2021 р. цей приріст був не істотним і становив 0,1 т/га. За решти років досліджень він був істотним і становив 0,3–0,8 т/га, а в середньому за роки спостережень – 0,6 т/га, або 11 % (табл.). Така загальна порівняльна оцінка врожайності різновидностей пшениці озимої.

Щоб дати спробу пояснення таким результатам досліджень використали збиральний селекційний індекс. І хоча, за даними В. Тищенко, Н. Чекаліна [12], він використовується для пошуку перспективних ліній на ранніх етапах селекційного процесу, все-таки використали його і для цієї мети. Як наслідок, видно, що він мало корелює з урожайністю сортів в обох різновидностей, але все-таки дещо вищі його показники отримані у різновидності лютесценс. Щодо маси стебла і колоса у різних різновидностей, то тут також у різновидності еритроспермум вона коливалася в межах 3,5–6,7 г, а у різновидності лютесценс відповідно становила 3,8–7,4 г або в середньому переважала на 0,2 г на рослину. Однак коефіцієнт варіації, навпаки, вищим був у різновидності еритроспермум і становив в середньому (V,% 22 з коливаннями по сортах – 17–29 %), в той час коли у різновидності лютесценс він становив (V,% 20 з коливаннями по сортах – 14–23 %). Тобто, сорти різновидності лютесценс менше підлягають впливу погодних умов за роками. Загалом, слід зазначити, що для сучасних сортів в умовах енергоощадних технологій найбільше підлягали впливу погодних умов за роками такі сорти Краєвид, Романівна, Заотар у різновидності еритроспермум та сорти-стандарт зарубіжної селекції Скаген, Самурай у різновидності лютесценс. У них коефіцієнт варіації становив 23–28 %. Це зайвий раз вказує на те, що різновидність лютесценс, особливо сорти вітчизняної селекції, менш підлягають впливу погодних умов за роками ніж сорти зарубіжної селекції. Взагалі, всі сорти обох різновидностей майже однаково реагували на погодні особливості в роки досліджень. У такому випадку значнішим був вплив генетичного потенціалу сорту, ніж різновидність. Так, варіювання врожайності в розрізі сортів становило 1,7 т/га, або 31 % у обох різновидностей.

У межах обох різновидностей найпродуктивнішими були у різновидності еритроспермум сорти Ефектна, Краєвид, Пам'яті Гірка, Водограй, Співанка Поліська (5,9–6,5 т/га), а серед різновидності

Урожайність різновидностей сортів пшениці озимої м'якої та її біологічні індекси, Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»

Сорт	Урожайність різновидностей сортів пшениці озимої за роками, т/га						Середня, т/га	Збиральний індекс (НІ)	Маса стебла і колоса, г	Коефіц. вар. V,%
	2018	2019	2020	2021	2022	2023				
Різновидність Еритроспермум										
Лісова пісня, St.	4,5	5,0	5,9	4,3	5,8	6,7	5,4	0,56	5,9	17
Смуглянка, St.	4,0	6,1	5,4	3,8	6,2	7,2	5,5	0,60	4,3	24
Ефектна	4,7	6,9	6,9	4,8	6,7	8,0	6,5	0,55	5,3	18
Красвид	4,7	6,8	4,6	5,1	7,9	8,7	6,3	0,59	5,1	28
Пам'яті Гірка	4,8	6,4	4,9	4,9	6,8	7,9	6,0	0,54	6,7	21
Водограй	4,7	7,3	6,3	4,7	6,0	7,2	6,0	0,57	4,9	21
Співанка Поліська	4,4	6,6	5,2	5,0	6,0	7,9	5,9	0,57	5,8	22
Столична	4,5	5,6	4,7	4,5	6,7	6,6	5,4	0,52	4,0	19
Бенефіс	4,0	6,1	5,5	4,1	5,7	7,1	5,4	0,55	4,4	22
Русява	4,0	5,7	5,3	3,9	5,0	6,4	5,1	0,54	5,0	19
Аналог	3,5	4,3	4,9	4,0	5,0	6,5	5,0	0,62	4,2	22
Заотар	3,7	5,9	4,8	3,2	4,9	7,0	4,9	0,58	4,8	29
Престижна	3,7	4,8	4,8	4,5	5,0	6,6	4,9	0,48	6,6	20
Поліська 90	3,6	4,7	4,5	5,0	5,3	6,5	4,8	0,57	3,5	21
Романівна	3,2	4,4	5,5	3,2	5,1	6,1	4,5	0,57	5,8	26
Середнє	4,1	5,8	5,3	4,3	5,9	7,1	5,4	0,56	5,1	22
Різновидність Лютесценс										
Перлина Лісостеп, St.	4,9	6,2	6,3	5,7	6,7	7,6	6,3	0,57	7,4	14
Скаген, St.	5,4	5,7	5,6	4,8	7,9	8,2	6,3	0,56	5,7	23
Самурай, St.	4,8	6,0	5,8	4,4	6,5	8,3	6,0	0,63	3,8	23
Землероб	5,9	6,9	6,4	4,8	7,4	8,0	6,6	0,52	5,2	17
Вікторія Поліська	5,7	6,4	7,2	5,5	6,1	8,8	6,6	0,53	5,5	18
Кесарія Поліська	4,6	6,6	6,4	4,8	7,4	8,0	6,3	0,61	4,9	21
Полісянка	4,8	6,8	5,9	3,9	5,4	7,9	5,8	0,49	4,2	24
Мирлобобна	5,4	5,7	6,3	4,0	5,5	7,6	5,8	0,55	5,8	20
Мережка	4,8	5,8	5,9	4,0	5,9	7,4	5,7	0,56	6,8	20
Щедрівка київська	4,8	5,1	6,5	4,1	5,9	7,0	5,6	0,66	4,3	20
Осяйна	4,0	6,0	4,9	3,4	5,1	6,0	4,9	0,58	4,8	22
Середнє	4,9	6,1	6,0	4,4	6,4	7,6	6,0	0,57	5,3	20
НІР ₀₅	0,24	0,31	0,32	0,33	0,38	0,33				

лютесценс – Землероб, Вікторія Поліська, Кесарія Поліська та сорти-стандарті української селекції Перлина Лісостепу і зарубіжної – Скаген та Самурай (6,0–6,6 т/га). Тобто всі генотипи сучасних сортів пшениці озимої досить продуктивні, але навіть в зоні Лісостепу зі сприятливими погодними умовами для вирощування цієї культури, за адаптивним потенціалом, не можуть ефективно протистояти погодним змінам за роками, що є завданням селекціонерів на майбутнє, що узгоджується з даними інших авторів [13].

Тобто врожайність сортів пшениці озимої м'якої більшою мірою залежить від генотипу сорту. Однак, необхідно враховувати перевагу сортів різновидності лютесценс у селекційному процесі.

Висновки

Сорти обох різновидностей в умовах вирощування за енергоощадних технологій досить продуктивні (6,0–6,6 т/га). Однак сорти різновидності лютесценс у середньому за роки досліджень на 0,6 т/га, або 11% переважали сорти різновидності еритроспермум. При цьому значнішим був вплив генетичного потенціалу сорту, ніж різновидність, що проявилось у варіюванні врожайності по сортах обох різновидностей в межах 1,7 т/га, або 31%. Тобто врожайність сортів пшениці озимої м'якої, більшою мірою, залежить від генотипу сорту. Однак, в умовах чорноземних ґрунтів Лісостепу перевага вищої продуктивності сортів все-таки належить різновидності лютесценс, що необхідно враховувати в селекційному процесі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сайко В. Ф. Вибрані наукові праці. 2-ге вид. доп., перероб. Київ: Аграрна наука, 2016. 508 с.
2. Ремесло В. Н., Куперман Ф. М., Животков Л. А., и др. Селекция, и сортовая агротехника/ под редакцией В.Н. Ремесло. Колос. 1982. 303 с.
3. Лифенко С. П., Наконечний М. Ю., Нарган Т. П. Особливості селекції сортів пшениці м'якої озимої степового екотипу у зв'язку зі змінами клімату в умовах півдня України. *Вісник аграрної науки*. 2021. №3. С. 53–62. DOI:https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-07.
4. Хоменко Л. О. Фізіологічні аспекти селекції пшениці озимої на адаптивність. *Вісник аграрної науки*. 2020. №10. С. 33–38. DOI:https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-05.
5. Васильєв С. В. Характеристика полби як перспективної зернової культури та основні проблеми її післязбирального оброблення. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Вип. №2. С. 35–41.
6. Стариченко В. М., Клименко І. І., Коберник Н. І. Створення вихідного матеріалу пшениці озимої методом гібридизації для умов Північного Лісостепу. Тези доповіді на між нар. наук.-практ. конф. «Селекція-надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво» 22-24 травня 2017 року. м. Київ, НУБіП» С. 51–53.
7. Штакал М. І., Голик Л. М., Левченко О. С. і ін. Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за

- стабільною врожайністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2022. №3. С. 62–69. DOI:https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-08.
8. Моргун В. В. Київські пшениці – хліб нашої Перемоги. *Пропозиція*. <https://propozitsiya.com/ua/kyivski-pshenyци-hlib-nashoyi-peremogy>.
9. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Під. ред. В. В. Волкодава. Вип.1-й. Загальна частина. Київ, 2000. 100 с.
10. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні (ПСП)/ за ред. С. О. Ткачик. К. ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 82 с.
11. Афифи А., Ейзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ/ пер. с англ. И. С. Енукова, И. Д. Новикова; под ред. Г. П. Башарина. 1982. 488 с.
12. Тищенко В. Н., Чекалин Н. М. Характеристика селекционных индексов у линий озимой пшеницы по коэффициентам детерминации, вариации и генетическим корреляциям с продуктивностью. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2005. №1. С. 10–16.
13. Близнюк Б. В., Лось Р. М., Демидов О. А. і ін.. Вплив погодних умов на тривалість окремих періодів вегетації та врожайність пшениці м'якої озимої у Лісостепу й Поліссі. *Миронівський вісник*. Вип. 8, 2019. С. 73–90.

REFERENCES

1. Saiko V. F. (2016). Selected scientific works, 2nd ed. supplement and C 12 revision. K.: Agrarian science. 508 p. [in Ukrainian].
2. Remeslo V.N., (1982). Kuperman F.M., Zhivotkov L.A., etc. Selection and varietal agricultural technology. Edited by V.N. Craft. Ear. 303 p. [in Russian].
3. Lyfenko S.P., Nakonechnyi M.Yu., Nargan T.P. (2021). Peculiarities of selection of soft winter wheat varieties of the steppe ecotype in connection with climate changes in southern Ukraine. *Bul. of agricultural science*, 3, 53–62. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202103-07> [in Ukrainian].
4. Khomenko L. O. (2020). Physiological aspects of winter wheat selection for adaptability. *Bul. of agricultural science*, 10, 33–38. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-05> [in Ukrainian].
5. Vasiliev S. V. (2017). Characteristics of spelled as a promising grain crop and the main problems of its post-harvest processing. *Cereal products and compound feed.*, 2, 35–41 [in Ukrainian].
6. Starychenko V.M., Klymenko I. I., Kobernyk N. I. (2107). Creation of initial material of winter wheat by the method

- of hybridization for the conditions of the Northern Forest Steppe. *Theses of the report on the inter-national science and practice conf.* «Selection-property, modernity and future (education, science, production) May 22-24, 2017. Kyiv, NUBiP» P. 51–53 [in Ukrainian].
7. M. I. Shtakal, L. M. Holyk, O. S. Levchenko, etc. (2022). Evaluation of winter wheat varieties and lines for stable yield and adaptability in the harsh climate of the Forest Steppe. *Bul. of agricultural science*, 3, 62–69. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-08> [in Ukrainian].
8. Morgun V. V. Kyiv wheat - the bread of our Victory. *Offer*. <https://propozitsiya.com/ua/kyivski-pshenyци-hlib-nashoyi-peremogy> [in Ukrainian].
9. Methodology of state variety testing of agricultural crops. (2000). Under. ed. V. V. Volkodava. Issue 1. General part. Kyiv, 100 p. [in Ukrainian].
10. Methodology for examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous group for suitability for distribution in Ukraine (PSP). Under the editorship S. O. Tkachyk. K. LLC «Nilan-LTD», 2014. 82 p. [in Ukrainian].

11. Afifi A., Eisen S. (1982). Statistical analysis: Approach with the use of computers [Trans. with English I. S. Erukova, I. D. Novikova; Ed. H.P. Basharyn]. 488 p. [in Russian].
12. Tyshchenko V.N., Chekalyn N.M. (2005). Characterization of selection indices in late winter wheat by coefficients of determination, variation and genetic correlations with productivity. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 10–16 [in Ukrainian].
13. Bliznyuk B.V., Los R.M., Demidov O.A. and others. (2019). The influence of weather conditions on the duration of certain growing seasons and the yield of soft winter wheat in Lisostep and Polissia. *Myronivsky herald*, 8, 73–90 [in Ukrainian].

Shtakal M.I., Holyk L.M., Levchenko O.S.

Productivity of soft winter wheat types lutescens and erythrosperrum on typical black soils of the Forest-Step zone

Aim. To evaluate the prospects of using lutescens and erythrosperrum types in the breeding of soft winter wheat to increase its productivity in the conditions of the black soils of the Forest Steppe zone. **Methods.** Field, laboratory, variational statistics. **Results.** Many years of research have established that the productivity of various types of winter wheat within the range of erythrosperrum varies between 4.5-6.5 t/ha and 4.9-6.6 t/ha in the lutescens variety. However, lutescens variety varieties on average over the years of research by 0.6 t/ha or 11% prevailed over erythrosperrum variety genotypes. In terms of varieties, the most productive were the varieties Efektna, Kraevyd, Pam'yati Hirka, Vodohray, Spivanka Poliska (5.9-6.5 t/ha) for the erythrosperrum variety, and among the lutescens varieties - Zemlerob, Victoria Poliska, Kesaria Poliska, (6.3-6.6 t/ha) and standard varieties of the Ukrainian selection Perlyna Lisostepu and the foreign ones - Skagen and Samurai (6.0-6.3 t/ha). The coefficient of yield variation by year was higher in the erythrosperrum variety and amounted to an average of ($V = 22\%$ with variations by varieties - 17-29%), while in the lutescens variety it was, respectively ($V = 20\%$ with variations by varieties - 14-23%). That is, all genotypes of modern varieties of winter wheat within both varieties are quite productive, but even in the forest-steppe zone with favorable weather conditions for growing this crop, according to their adaptive potential, they cannot effectively resist weather changes during the years of research, which must be taken into account by breeders in the future. **Conclusions.** Varieties of both types are quite productive (5.8–6.6 t/ha) under conditions of cultivation using energy-saving technologies. However, lutescens cultivars on average exceeded erythrosperrum genotypes in yield by 0.6 t/ha or 11% over the years of research. At the same time, the influence of the genetic potential of the variety was more significant than the variety, which was manifested in the variation of the yield by varieties of both types within 1.7 t/ha or 31%. That is, the yield of winter soft wheat varieties, to a greater extent, depends on the genotype of the variety. However, the advantage of its varieties still belongs to the type of lutescens, which must be taken into account in the reeding process.

Key words: winter wheat, diversity, variety, productivity, adaptability, coefficient of variation, indices.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Штакал М.І., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: shtakal@i.ua, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Голик Л.М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: holykselekcjoner@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Левченко О.С., доктор філософії, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: feniks1213@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1639-326X.

Shtakal M.I., Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: shtakal@i.ua, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

e-mail: holykselekcjoner@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Holyk L.M., Candidate of agriculture science, senior scientist, NSC «Institute of Agriculture NAAS»,

Levchenko O.S., Doctor of Philosophy, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: feniks1213@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1639-326X.

Надійшла 11.01.2024

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ ГІБРИДУ СОНЯШНИКА НК КОНДІ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ

Г.Д. Матусевич¹, О.О. Кічігіна¹, І.В. Смульська², Д.О. Шацман³

¹Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

²Український інститут експертизи сортів рослин (м. Київ, Україна)

³ТОВ «Євросем» (м. Київ, Україна)

Мета. З'ясувати вплив засобів захисту рослин та підживлення на врожайність та якість насіння гібриду соняшника НК Конді. **Методи.** Дослідження проводили в СФГ «Золотий колос» Чортківського р-ну Тернопільської обл. Досліджували середньостиглий гібрид соняшника НК Конді та 3 схеми застосування засобів захисту рослин, добрив та стимуляторів росту: 1) Верно FG (0,5 кг/га) + Нордокс 75 WG (0,3 кг/га); 2) Верно FG (0,5 кг/га), Міра, РК, (0,75 л/га) + Нордокс 75WG (0,3 кг/га), Міра, РК (0,75 л/га); 3) Нордокс 75WG (0,3 кг/га) + Нордокс 75WG (0,3 кг/га). Препарати вносили дворазово, у фазі 4–6 листків та у фазі зірочки. Контроль – стандартна технологія вирощування, яка включала застосування засобів захисту рослин (фунгіцидів та інсектицидів) та регулятора росту рослин. **Результати.** Дослідження показали, що найвищу якість та врожайність насіння соняшника виявлено на варіанті з дворазовим внесенням контактного фунгіциду Нордокс 75. Застосування позакореневого підживлення Верно FG, контактного фунгіциду Нордокс 75 та стимулятора росту Міра РК підвищило вміст масової частки олії та маси насіння соняшника на 9,0% і 50 г/л відповідно порівняно з контрольним варіантом. Показник якості насіння соняшника – кислотне число олії у всіх варіантах досліджуваного варіював у межах 4,1–4,8 мг КОН/г. Маса 1000 насінин також залежала від варіанта вирощування. При дворазовому внесенні контактного фунгіциду Нордокс 75 отримано насіння з найбільшою масою 1000 насінин – 71,9 г, на контролі з найменшою – 66,8 г. Енергія проростання досліджуваного насіння соняшника була у межах від 94 до 96%, а схожість – від 95 до 97%. **Висновки.** Результати досліджень дають право констатувати, що високу врожайність та якість соняшника можливо отримати за інтенсивних технологій вирощування, які включають застосування хімічних засобів захисту рослин, добрив та стимуляторів росту рослин. А отримані дані щодо рівня урожайності та показників якості насіння гібриду соняшника НК Конді вказують на перспективність його вирощування в зоні Західного Лісостепу України.

Ключові слова: вологість, масова частка олії, кислотне число олії, енергія проростання, схожість, маса 1000 насінин.

Вступ. Соняшник є провідною культурою агропромислового комплексу України і для багатьох аграріїв ключовою бюджетоутворюючою. Це традиційна культура для півдня України. Так, у 2023 р. найбільші площі під соняшником були зосереджені в таких областях, як Кіровоградська (633 тис. га), Дніпропетровська (532,6 тис. га) та Миколаївська (460 тис. га). В умовах зміни клімату, зокрема посилення його посушливості, ця культура дедалі більше вирощується у всіх агрокліматичних зонах країни. Так у Чернігівській, Хмельницькій та Тернопільській обл. посівні площі соняшника у 2023 р. становили 325, 218,1 та 117,2 тис. га відповідно. Загалом

по Україні соняшник у 2023 р. було висіяно на площі 5,3 млн га [1; 2].

Соняшник – одна із найбільш розповсюджених олійних культур у світі, яка є четвертою з олійних культур після пальми, сої та ріпаку [3]. Україна займає третину світового ринку виробництва соняшника, а з виробництва олії – перша в світі [4]. Олія соняшника є висококалорійним та цінним продуктом харчування, яка відзначається високими дієтичними властивостями, широко використовується у харчовій промисловості, кулінарії. Висока цінність соняшникової олії полягає в тому, що вона містить близько 90% ненасичених жирних кислот, особливо

олеїнової та лінолевої, які профілактично впливають на зниження захворювань серця, судин, печінки, онкологічних та інших хвороб [5; 6].

Тож, у світі дедалі зростає попит на сорти та гібриди соняшника з високим вмістом олії в насінні. І на думку експертів, його ринок має великий потенціал для українських аграріїв. Про це свідчить динаміка вирощування в Україні високоолеїнових сортів та гібридів, площі під якими з 2009 р. збільшилися у 15 разів, а виробництво олії – майже у 20. А його посівні площі у 2023 р. в Україні становили 420 тис. га. Нині Україна входить до трійки лідерів із виробництва високоолеїнового соняшника у світі, поступаючись лише Франції [2].

Отже, соняшник для України є однією із головних стратегічних культур як на її внутрішньому, так і зовнішньому ринку. Тому, питання пошуку шляхів реалізації біологічного потенціалу сортів і гібридів, а відтак підвищення врожайності та якості насіння цієї культури не втрачають своєї актуальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з головних завдань на сучасному етапі сільськогосподарського виробництва є збільшення валового збору соняшника без розширення посівних площ. Високу врожайність соняшника можна щороку отримувати впроваджуючи високопродуктивні сорти і гібриди та інтенсивну технологію вирощування, що вимагає високої культури землеробства, досконалих технологій вирощування, високого рівня професійних знань і практичних навичок [7].

Урожайність соняшника також залежить від показників продуктивності, біологічних особливостей культури та умов вирощування впродовж вегетаційного періоду. Дослідження науковців підтверджують, що технологічні заходи, такі як строки сівби, удобрення та хімічний захист рослин впливають на параметри продуктивності культури [8–12].

Так, дослідженнями В.В. Гангур із співавт. встановлено, що в умовах Лівобережного Лісостепу України збільшення врожайності та олійності насіння гібридів соняшника можна отримати за внесення під основний обробіток ґрунту мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ та проведення у фазі 4–5 пар листків позакореневого підживлення посівів біопрепаратами Органік-баланс 0,5 л/га +Липосам 0,5 л/га [9].

Вивченню продуктивності і якості насіння гібридів залежно від густоти стояння рослин та удобрення за вирощування соняшника на темно-каштановому

ґрунті в неполивних умовах півдня України присвячена робота С.В. Коковіхіна та ін. [12].

Вплив структури, набору та розміщення польових культур у різноротаційних сівозмінах на загальну продуктивність, врожайність і якість насіння соняшника в підзоні нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України досліджували Я.С. Цимбал із співавт. [5].

Впливу водного дефіциту на ріст, розвиток, урожайність та якість насіння соняшника присвячені наукові праці іноземних авторів А. Andrade, А. Boero, М. Escalante та А. Sher, М. Suleman, А. Sattar [13; 14].

Важливо зазначити, що від формування продуктивних органів гібридів соняшника, таких як розмір кошика, маса насіння з одного кошика, маса 1000 насінин залежить урожайність та якість насіння. Ці характеристики є індивідуальними для різних гібридів, і для максимального розкриття їх потенційної продуктивності необхідно досліджувати їх у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Насіння соняшника, що вирощується і використовується в Україні, повинно відповідати вимогам ДСТУ 7011-2009 «Соняшник. Технічні умови». Залежно від якості насіння існує його поділ за призначенням та на класи. Головним призначенням соняшника є виробництво олії, кондитерських виробів та олеїнової кислоти. До того ж при виробництві олії, насіння соняшника додатково розподіляється на перший, другий та третій класи. Належність до групи призначення та класу, визначається рядом показників, основними з яких є вміст олії та її кислотність.

Отже, для забезпечення відповідної конкурентоспроможності харчової продукції на вітчизняних ринках та світових ринках, необхідно постійно спостерігати за підвищенням її якості, що є запорукою успішного функціонування підприємств. Покращання якості продукції є одним із найважливіших напрямів інтенсивного розвитку економіки країни, джерелом економічного росту, ефективності суспільного виробництва та важливим чинником підвищення рівня життя, економічної, соціальної й екологічної безпеки [15].

Мета дослідження – визначення врожайності та якості насіння гібриду соняшника НК Конді залежно від застосування фунгіцидів, мікродобрив та стимуляторів росту в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в 2023 р. в СФГ «Золотий колос» Чортківського р-ну Тернопільської обл. Ґрунт на дослідних ділянках – чорнозем опідзолений легкосуглинковий. Уміст гумусу в орному шарі 3,0%, ступінь насичення

основами 90%, $pH_{\text{сол}}$ – 6,0, уміст рухомих сполук фосфору і калію (за Чириковим) – 155 і 103 мг/кг відповідно, легкогідролізованих сполук азоту (за Корнфілдом) – 115 мг/кг ґрунту. Для дослідження вибрано гібрид соняшника – НК Конді. Соняшник НК Конді (заявник Сінгента Сідз С.А.С.) – середньостиглий гібрид інтенсивного типу, належить до лінолевих класичних гібридів. Характеризується відмінною енергією початкового росту та високим потенціалом урожайності з високим вмістом олії в насінні.

Для дослідження якості насіння соняшника обрані різні системи захисту та підживлення посівів, які включали застосування бактерицидно-фунгіцидного добрива Верно, FG (д.р. оксид міді, 300 г/кг; оксид цинку, 300 г/кг), фунгіциду контактної дії Нордокс, 75 WG (д.р. оксид міді, 860 г/кг, що еквівалентно 750 г/кг міді) та стимулятора росту, антистресанта Міра, РК (д.р. комплекс органічних вуглецевих сполук, поживні елементи – K, S, Mg, I, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Se, B, Br, Co, фізіологічно активні речовини).

Дослід проводили за такою схемою: 1. Контроль (стандартна технологія господарства); 2. Верно FG, 0,5 кг/га (внесення у фазі 4–6 листків, ВВСН 14–16) + Нордокс 75 WG, 0,3 кг/га (внесення у фазі зірочки, ВВСН 51–55); 3. Верно FG, 0,5 кг/га, Міра, РК, 0,75 л/га (внесення у фазі 4–6 листків, ВВСН 14–16) + Нордокс 75WG, 0,3 кг/га + Міра, РК, 0,75 л/га (внесення у фазі зірочки, ВВСН 51–55); 4.) Нордокс 75WG, 0,3 кг/га (внесення у фазі 4–6 листків, ВВСН 14–16) + Нордокс 75WG, 0,3 кг/га (внесення у фазі зірочки, ВВСН 51–55). Площа посівної ділянки становила 98 м², облікової – 71 м², повторність – триразова. Розміщення варіантів – послідовне.

Вміст масової частки вологи, масової частки олії у перерахунку на суху речовину, кислотне число олії та натуру зерна проводили у Випробувальній службі ДП «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів». Посівні якості насіння гібриду соняшника визначали у Незалежній лабораторії екології насінництва Інститут агроєкології і природокористування НААН. Лабораторія акредитована Національним агентством з акредитації України на відповідність вимогам ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 у сфері визначення посівних якостей насіння сортів сільськогосподарських культур, квітково-декоративних та ефіроолійних культур (Атестат про акредитацію № 201448, дійсний до 12 лютого

2027 р.). В роботі керувалися ДСТУ 4138–2020 та ДСТУ 6068:2008 [16; 17].

Результати та їх обговорення. У сучасних умовах виробництва сільськогосподарської продукції для аграрного виробника вирішальними при виборі насіння є збалансоване співвідношення між ціною й якістю, гарний генетичний потенціал, та пристосованість обраного сорту/гібриду до умов вирощування конкретного регіону. Відомо, що 50–60 % майбутнього врожаю залежить від якості насінневого матеріалу, все інше – це технологія вирощування культури, ґрунтово-кліматичні умови, застосування добрив та захист рослин від шкідників і захворювань тощо.

Обов'язковими показниками якості насіння соняшника є: вологість, масова частка та кислотне число олії, натура зерна.

Вологість – важливий показник, який впливає на якість насіння, термін зберігання і, відповідно, на якість готової продукції – олії. Вологість насіння у всіх варіантах, що досліджувалися відповідає вимогам стандарту України та має показник 7,2–7,9% (табл. 1).

Вимоги Національного стандарту України щодо продовольчого соняшника, який призначений для виробництва олії, встановлюють нижню межу норми масової частки олії в насінні (у перерахунку на суху речовину). Зокрема, в насінні першого класу – не менше як 50%, другого – не менше як 45%, третього – не менше як 40% [18]. Масова частка олії у варіантах із застосуванням мікродобрива Верно FG, контактного фунгіциду Нордокс 75 та стимулятора росту Міра РК становила 52,0– 53,6%, що відповідає 1 класу якості насіння соняшника згідно з ДСТУ 7011:2009. Варто відмітити, що дворазове внесення контактного фунгіциду Нордокс 75 у фазі 4–6 листків та зірочки сприяло підвищенню виходу олії на 9% порівняно з контрольним варіантом.

Кислотне число – основний показник якості олій та жирів, який характеризує ступінь гідролізу ліпідів, оскільки в природних оліях та жирах кількість вільних кислот незначна. Олія з насіння, що зберігалася в несприятливих умовах, може мати високе кислотне число. Така олія зазнає різних змін, які призводять до зниження якісних показників і навіть до її псування, в результаті чого утворюються речовини, які негативно впливають на організм людини. Тому важливо контролювати цей показник на етапі приймання олійної сировини й в кінцевій продукції. Результати досліджень не показали істотного впливу різних технологій вирощування соняшника на показник кислотне число

Таблиця 1. Показники якості насіння соняшника НК Конді

Варіанти	Фаза внесення	Масова частка вологи, %	Масова частка олії у перерахунку на суху речовину, %	Кислотне число олії, мг КОН/г	Натура зерна, г/л
Контроль	–	7,6±0,1	44,6±0,6	4,8±0,2	390±9
Верно FG, 0,5 кг/га Нордокс 75, 0,3 кг/га	4–6 листків фаза зірочки	7,3±0,1	52,2±0,2	4,1±0,1	435±3
Верно FG, 0,5 кг/га + + Міра РК, 0,75л/га Нордокс 75, 0,3 кг/га + Міра РК, 0,75л/га	4–6 листків фаза зірочки	7,9±0,2	52,0±0,2	4,1±0,1	432±6
Нордокс 75, 0,3 кг/га Нордокс 75, 0,3 кг/га	4–6 листків фаза зірочки	7,2±0,2	53,6±0,4	4,3±0,1	440±4

олії. Встановлено, що цей показник у всіх варіантах досліду варіював у межах 4,1–4,8 мг КОН/г, що відповідає згідно з ДСТУ 7011:2009 третьому класу якості.

Натура, або об'ємна маса – показує вагу насіння в певному об'ємі, в Україні це маса насіння в 1 л. Між розміром насіння (його крупністю) та натурою є обернено пропорційна залежність – чим крупніше насіння, тим його натура буде меншою, а в дрібнішого насіння натура буде більшою. Дослідженнями визначено вплив позакореневих підживлень та різних систем захисту на зміну показників натуре насіння. Найменшу натуре насіння соняшника визначено у контрольному варіанті – 390 г/л. Найбільшим цей показник визначено за обробки посіву рослин контактним фунгіцидом Нордокс 75 в фазі 4–6 листків та зірочки, він становив 440 г/л. Урожайність насіння соняшника залежала від різних систем удобрення та захисту.

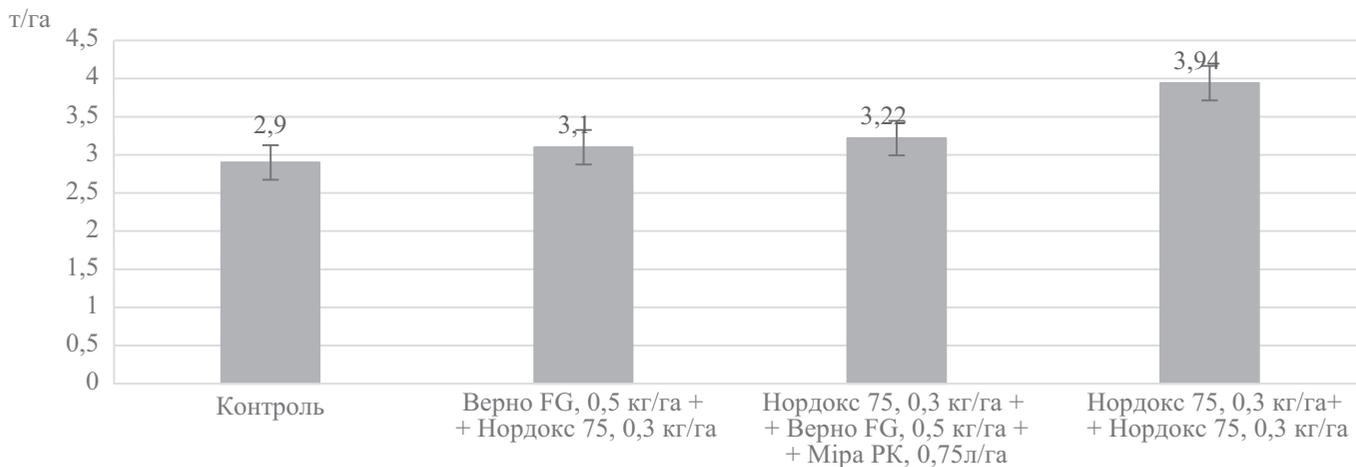
Так, найнижчу врожайність зафіксовано на контрольному варіанті – 2,9 т/га, а найвищу у варіанті із внесенням контактного фунгіциду Нордокс 75, з нормою витрати 0,3 кг/га – 3,94 т/га (рис. 1).

З метою оцінки якісних показників насіннєвого матеріалу соняшника отриманого за різних систем захисту та підживлення було проведено його аналізування за показниками маси 1000 насінин, енергії проростання та схожості (табл. 2).

Як відомо, основні посівні якості насіння формуються у процесі вирощування насіннєвого матеріалу і також залежать від зональних особливостей, ґрунтово-кліматичних умов, технології вирощування, системи удобрення.

Маса 1000 насінин характеризує добірність, крупність і виповненість насіння. Чим крупніше насіння, тим краще ростуть молоді рослини, тим продуктивнішими вони будуть. Цей показник є необхідним для проведення правильного розрахунку норми висіву насіння.

Так, маса 1000 насінин досліджуваного насіння соняшника варіювала від 66,8 до 71,9 г. Найменшу масу 1000 насінин – 66,8 г гібрид НК Конді формував за вирощування у контрольному варіанті, а найбільшу – 71,9 г у варіанті із дворазовим внесенням контактного



Урожайність соняшника НК Конді за різних технологій вирощування, т/га

Таблиця 2. Показники посівних якостей насіння соняшника НК Конді

Варіанти	Фаза внесення	Маса 1000 насінин, г	Енергія проростання, %	Схожість, %
Контроль	–	66,8±1,3	94±1,1	95±1,2
Верно FG, 0,5 кг/га Нордокс 75, 0,3 кг/га	4–6 листків фаза зірочки	68,7±1,2	94±1,4	95±1,0
Верно FG, 0,5 кг/га + Міра РК, 0,75л/га Нордокс 75, 0,3 кг/га + Міра РК, 0,75л/га	4–6 листків фаза зірочки	69,5±1,3	95±1,3	96±1,3
Нордокс 75, 0,3 кг/га Нордокс 75, 0,3 кг/га	4–6 листків фаза зірочки	71,9±1,4	96±1,2	97±1,1

фунгіциду Нордокс 75. Насіння отримане у варіанті із застосуванням мікродобрива Верно FG та контактного фунгіциду Нордокс 75 характеризувалося масою 1000 насінин 68,7 г, а у варіанті із застосуванням мікродобрива Верно FG, контактного фунгіциду Нордокс 75 та стимулятора росту Міра РК – 69,5 г.

Один із основних показників посівних якостей насіння, який характеризує його біологічну і господарську цінність є схожість. Цей показник є нормованим та базовим при купівлі-продажу насіння, відпуску насіння на посів. Рівень схожості, встановлений стандартом, забезпечує нормальне проростання насіння в польових умовах, формування оптимальної густоти посівів та врожайність культури. Мета аналізування – встановлення відсоткової кількості насінин, здатних утворювати нормально розвинуті проростки за оптимальних умов пророщування.

З метою більш повної оцінки посівних якостей насіння визначали енергію проростання, яка показує відсоток нормальних проростків за мінімальний термін, що встановлюється для кожної культури. Цей показник характеризує здатність насіння швидко і одночасно проростати. Для насіння соняшника показник також є нормованим. Так, у ДСТУ 6068:2008 для гібридів (F₁) встановлені такі норми: енергія проростання – не менше 80, схожість – не менше 85 % відповідно [17].

Як видно з табл. 2, енергія проростання досліджуваного насіння соняшника була у межах від 94 до 96%, а схожості – від 95 до 97%. Як у контролі, так і у варіанті із застосуванням мікродобрива Верно FG та контактного фунгіциду Нордокс 75 енергія проростання становила 94, а схожість насіння – 95%.

Насіння отримане у варіанті із застосуванням мікродобрива Верно FG, контактного фунгіциду Нордокс 75 та стимулятора росту Міра РК мало такі показники – енергія проростання – 95, схожість – 96%. Найвищими відсотками енергії проростання та схожості, відповідно 96 і 97% характеризувалося насіння вирощене у варіанті із внесенням контактного фунгіциду Нордокс 75. Тому, застосовані системи захисту та підживлення не мали істотного впливу на показники енергії проростання та схожості насіння соняшника. Адже, насіння отримане з усіх чотирьох варіантів відповідало нормам ДСТУ 6068:2008.

Висновки

Дослідження показали, що врожайність насіння гібриду соняшника НК Конді та масова частка олії в ньому залежали від застосування позакореневих підживлень, а також від хімічного захисту культури. Врожайність у контрольному варіанті (стандартна технологія господарства) сягала 2,9 т/га, всі інші варіанти із застосуванням Верно FG, Нордокс 75 та Міра РК перевищували контроль на 0,20–1,04 т/га. Найвищу масову частку олії та натуру зерна отримано у варіанті з дворазовим внесенням Нордокс 75 – 53,6% та 440 г відповідно. Показник маси 1000 насінин також залежав від варіанта вирощування. За дворазового внесення контактного фунгіциду Нордокс 75 отримано насіння з найбільшою масою 1000 насінин – 71,9 г, що на 5,1 г більше, ніж у контрольному варіанті. Енергія проростання та схожість насіння характеризувалися високими відсотками в усіх варіантах досліді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Одещина та Миколаївщина входять в топ 5 областей з найбільшими посівними площами під соняшником. Superagronom.com. URL: [https://superagronom.com/news/17264-odeschina-](https://superagronom.com/news/17264-odeschina-ta-mikolayivschina-vhodyat-v-top-5-oblastey-z-naubilshimi-posivnimi-ploschami-pid-sonyashnikom)

[ta-mikolayivschina-vhodyat-v-top-5-oblastey-z-naubilshimi-posivnimi-ploschami-pid-sonyashnikom](https://superagronom.com/news/17264-odeschina-ta-mikolayivschina-vhodyat-v-top-5-oblastey-z-naubilshimi-posivnimi-ploschami-pid-sonyashnikom) (дата звернення: 12.01.2024).

2. У світі зростає попит на високоолеїновий соняшник – як цим скористаються українські сільгоспвиробники? АПК-Інформ. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/news/1537067>.
3. Pilorgé E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. *OCL-Oilseeds & Fats Crops and Lipids*. 2020. Vol. 27, Article 34. P. 1–11. DOI:10.1051/ocl/2020028.
4. Шпичак О.М., Лупенко Ю.О., Боднар О.В. Аналіз поточної кон'юнктури і прогноз ринків рослинницької продукції в Україні та світі. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2015. 336 с.
5. Цимбал Ю., Бойко П., Мартинюк І., Кальчун Т., Якименко Л. Продуктивність і якість насіння соняшнику в різних ротаційних сівозмінах зони Лісостепу за системою органо-мінеральної інтенсифікації. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2022. № 2. С. 19–25. DOI: 10.54651/agri.2022.02.02.
6. Alberio C., Izquierdo N., Galella T. et al. A new sunflower high oleic mutation confers stable oil grain fatty acid composition across environments. *European Journal of Agronomy*. 2016. Vol. 73, P. 25–33. DOI:10.1016/j.eja.2015.10.003.
7. Гамаюнова В.В., Кудріна В.С. Формування продуктивності соняшнику під впливом позакореневих підживлень сучасними біопрепаратами в умовах Південного Степу України. *Agrology*. 2020. Т. 3. № 4. С. 225–231. DOI: 10.32819/020027.
8. Шакалій С.М. Формування врожайності та якості насіння соняшнику залежно від позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2017. № 1. С. 69–74.
9. Гангур В.В., Космінський О.О., Лень О.І., Тоцький В.М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 50–56. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.05.
10. Маркова Н. В. Вплив строків сівби і технологічних особливостей вирощування на формування врожайності гібридів соняшнику та якість їх насіння. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2010. Вип. 2 (53). С. 212–218.
11. Мазур С.О., Матусевич Г.Д. Вплив ґрунтових гербіцидів на біометричні показники та врожайність соняшнику. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 1. С. 90–96. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2023.278544.
12. Коковихин С.В., Нестерчук В.В., Носенко Ю.Н. Продуктивність и качество семян гибридов подсолнечника в зависимости от густоты стояния растений и удобрения. *Таврійський науковий вісник. Сер.: «Землеробство, рослинництво, овочівництво та багтанництво»*. 2015. Вип. 94. С. 37–42.
13. Andrade A., Voero A., Escalante M. et al. Comparative hormonal and metabolic profile analysis based on mass spectrometry provides information on the regulation of water-deficit stress response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines with different water-deficit stress sensitivity. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. Vol. 168, P. 432–446. DOI:10.1016/j.plaphy.2021.10.015.
14. Sher A., Suleman M., Sattar A. et al. Achene yield and oil quality of diverse sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids are affected by different irrigation sources. *Journal of King Saud University – Science*. 2022. Vol. 34, P. 1–5. DOI:10.1016/j.jksus.2022.102016.
15. Рябушкіна А.А. Якість продукції та забезпечення її конкурентоспроможності *Ефективна економіка*. 2013. № 7. С. 1–3.
16. Насіння сільськогосподарських культур: Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002. [Чинний від 2004-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2003. 173 с. (Національні стандарти України).
17. Насіння соняшнику. Сортові та посівні якості. Технічні умови: ДСТУ 6068:2008. [Чинний від 2009-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 11 с. (Національні стандарти України).
18. Соняшник: як домогтися високої олійності? URL: <https://propozitsiya.com/ua/sonyashnyk-yak-domogtysya-vysokoyi-oliynosti>.

REFERENCES

1. Odechyna ta Mykolaivchyna vkhodiat do top 5 oblastey s naybilshymu plochamy pid soniashnykom [Odesa and Mykolaiv regions are among the top 5 regions with the largest areas under sunflowers]. URL: <https://superagronom.com/news/17264-odeschina-ta-mikolayivschina-vhodyat-v-top-5-oblastey-z-naybilshimi-posivnimi-ploschami-pid-sonyashnykom> [in Ukrainian].
2. U sviti zrostaє popyt na vysokooleinovyi soniashnyk – yak cym skorystautcia ukrainckii silgospvyrobnyky? [Demand for high-oleic sunflower is growing in the world - how will Ukrainian agricultural producers take advantage of this?]. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/news/1537067> [in Ukrainian].
3. Pilorge, E. (2020). Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives.

- OCL-Oilseeds & Fats Crops and Lipids*, 27, 34, 1–11. DOI: 10.1051/ocl/2020028 [in English].
4. Shpychak, O.M., Lupenko, Yu.O., & Bodnar, O.V. (2015). Analiz potочноi koniunktury i prohnoz rynkiv roslinnytskoi produktsii v Ukraini ta sviti [Analysis of the current situation and forecast of crop production markets in Ukraine and the world.]. Kyiv: NNTs «IAE». 336 p. [in Ukrainian].
 5. Tsymbal, Ya. Boiko, P., Martyniuk, I., Kalchun, T., Yakymenko, L. (2022). Produktivnist i yakist nasinnia soniashnyku v risneh rotatsiynykh sivosminah zony Lisostepu za systemou organo-mineralnoi intensyfikatsii [Productivity and quality of sunflower seeds in different rotation crop rotations of the Forest-steppe zone according to the organo-mineral intensification system] *Zemlerobstvo ta roslinnytsvo: teoria i praktyka*, 2, 19–25. DOI:10.54651/agri.2022.02.02 [in Ukrainian].
 6. Alberio, C., Izquierdo, N.G., Galella, T., Zuil, S., Reid, R., Zambelli, A., & Aguirreza-bal, L.A. (2016). A new sunflower high oleic mutation confers stable oil grain fatty acid composition across environments. *European Journal of Agronomy*, 73, 25–33. DOI: 10.1016/j.eja.2015.10.003 [in English].
 7. Hamaiunova, V.V. & Kudrina, V.S. (2020). Formuvannia produktyvnosti soniashnyku pid vplyvom pozakorenevykh pidzhyvlen suchasnymy biopreparatamy v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Formation of sunflower productivity under the influence of foliar fertilization with modern bio-preparations in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Agrology*, 4, 3, 225–231. DOI: 10.32819/020027 [in Ukrainian].
 8. Shakalii, S.M. (2017). Formuvannia vrozhaivosti ta yakosti nasinnia soniashnyku zalezno vid pozakorenevoho pidzhyvlennia [Formation of yield and quality of sunflower seeds depending on foliar fertilization. Cereal crops]. *Cereal crops*. no. 1. P. 69–74 [in Ukrainian].
 9. Hanhur, V.V., Kosminskyi, O.O., Len, O.I. & Totskyi V.M. (2022). Vplyv udobrennia na produktyvnist soniashnyku ta yakist nasinnia [Effect of fertilizer on sunflower productivity and seed quality]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Poltava State Agrarian Academy*, 2, 50–56. DOI: 10.31210/visnyk2022.02.05 [in Ukrainian].
 10. Markova, N.V. (2010). Vplyv strokiv sivby i tekhnolohichnykh osoblyvostei vyroshchuvannia na formuvannia vrozhaivosti hibrydiv soniashnyku ta yakist yikh nasinnia [The influence of sowing dates and technological features of cultivation on the formation of the yield of sunflower hybrids and the quality of their seeds]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria – Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 2 (53), 212–218 [in Ukrainian].
 11. Mazur, S.O. & Matusevych, H.D. (2023). Vplyv gruntovykh herbicydiv na biometrychni pokaznyky ta vrozhaivist soniashnyku [Effect of soil herbicides on biometric parameters and yield of sunflower]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*, 1, 90–96. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2023.278544 [in Ukrainian].
 12. Kokovihin, S.V., Nesterchuk, V.V., Nosenko, U.N. (2015). Produktivnost i kachestvo semian gibrydiv podsolnechika v zavisimosti ot gustoty stoiania rasteniy i udobrenia [Productivity and quality of sunflower hybrid seeds depending on plant density and fertilizer]. *Tavriyskiy naukoviy visnyk. Seriya «Zemlerobstvo, roslinnytsvo, ovochivnytsvo ta bashtannytsvo» – Taurian Scientific Herald. «Agriculture, plant growing, vegetable growing and melon growing» series*, 94, 37–42 [in Ukrainian].
 13. Andrade, A., Boero, A., Escalante, M., Llanes, A., Arbona, V., Go-mez-Ca-denas, A., & Aleman, S. (2021). Comparative hormonal and metabolic profile analysis based on mass spectrometry provides information on the regulation of water-deficit stress response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines with different water-deficit stress sensitivity. *Plant Physiology and Biochemistry*, 168, 432–446. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.10.015 [in English].
 14. Sher, A., Suleman, M., Sattar, A., Qayyum, A., Ijaz, M., Allah, S.-U., Elshikh, M.S. (2022). Achene yield and oil quality of diverse sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids are affected by different irrigation sources. *Journal of King Saud University – Science*, 34, 1–5. DOI: 10.1016/j.jksus.2022.102016 [in English].
 15. Riabushkina, A.A. (2013). Yakist produktsii ta zabezpechennia yii konkurentospromozhnosti [Product quality and ensuring its competitiveness]. *Efektivna ekonomika – Efficient economy*, 7, 1–3 [in Ukrainian].
 16. Nasinnia silskohospodarskykh kultur: Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural crops: Quality determination methods]. (2004). DSTU 4138-2002 from 01.01.2004. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 17. Nasinnia soniashnyku. Sortovi ta posivni yakosti. Tekhnichni umovy [Sunflower seeds. Varietal and sowing qualities. Technical conditions] (2009). DSTU 6068:2008 from 07.01.2009]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 18. Soniashnyk: yak domohtysia vysokoi oliinosti? [Sunflower: how to achieve high oiliness?]. URL: <https://propozitsiya.com/ua/sonyashnyk-yak-domogtysya-vysokoyi-oliynosti> [in Ukrainian].

Matuselych G.D., Kichigina O.O., Smulska I.V., Shatsman D.O.

Yield and quality of sunflower hybrid seeds NK Condi under different cultivation technologies

Aim. To determine the influence of plant protection products and fertilizers on the yield and quality of sunflower hybrid NK Condi seeds. **Methods.** The research was conducted at the SFH "Golden Ear" in the Chortkiv district of the Ternopil region. The study examined the mid-ripening sunflower hybrid NK Condi and 3 schemes of application of plant protection products, fertilizers, and growth stimulants: 1) Verno FG (0.5 kg/ha) + Nordox 75 WG (0.3 kg/ha); 2) Verno FG (0.5 kg/ha), Mira, RK (0.75 l/ha) + Nordox 75WG (0.3 kg/ha), Mira, RK (0.75 l/ha); 3) Nordox 75WG (0.3 kg/ha) + Nordox 75WG (0.3 kg/ha). The products were applied twice, at the 4–6 leaf stage and at the bud stage. Control – standard cultivation technology, including the application of plant protection products (fungicides and insecticides) and plant growth regulator. **Results.** The study showed that the highest quality and yield of sunflower seeds were found in the variant with the twice application of the contact fungicide Nordox 75. The lowest yield was recorded in the control variant – 2.9 t/ha, and the highest in the variant with the application of the contact fungicide Nordox 75, with a consumption rate of 0.3 kg/ha – 3.94 t/ha. The oil content in the variants using micro-fertilizer Verno FG, contact fungicide Nordox 75, and growth stimulator Mira RK ranged from 52.0 to 53.6%, corresponding to class 1 of sunflower seed quality according to DSTU 7011:2009. It is worth noting that the twice application of the contact fungicide Nordox 75 in the 4–6 leaf and bud stages contributed to a 9% increase in oil yield compared to the control variant. The quality indicator of sunflower seeds - the acid number of the oil in all study variants varied from 4.1 to 4.8 mg KOH/g. The weight of 1000 seeds also depended on the cultivation variant. With the twice application of the contact fungicide Nordox 75, seeds with the highest weight of 1000 seeds were obtained – 71.9 g, and the control had the lowest – 66.8 g. The germination energy of the investigated sunflower seeds ranged from 94 to 96%, and similarity ranged from 95 to 97%. **Conclusions.** The research results justify the conclusion that high yield and quality of sunflower seeds can be achieved through intensive cultivation technologies, which include the use of chemical plant protection products, fertilizers, and plant growth stimulants. The obtained data regarding the yield level and quality indicators of sunflower hybrid NK Condi seeds indicate the prospects of its cultivation in the Western Forest-Steppe zone of Ukraine.

Key words: humidity, mass fraction of oil, acid number of oil, energy germination, germination, weight of 1000 seeds.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Матусевич Г.Д., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник Незалежної лабораторії екології насінництва, Інститут агроекології і природокористування НААН, e-mail: matusевичgalina1971@gmail.com, ORCID: 0009-0008-6513-5287.

Кічігіна О.О., кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач Незалежної лабораторії екології насінництва, Інститут агроекології і природо-

користування НААН, e-mail: seednlen@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0879-627X.

Смульська І.В., завідувач сектору, Український інститут експертизи сортів рослин, e-mail: ivanna1973@i.ua, ORCID: 0000-0001-9675-0620.

Шацман Д.О., кандидат сільськогосподарських наук, директор ТОВ «Євросем», e-mail: ds@profi.land, ORCID: 0009-0000-1645-2499.

Matuselych G.D., Senior Research Scientist, Senior Research Scientist, Institute of Agroecology and Environmental Management NAAS, e-mail: matusевичgalina1971@gmail.com, ORCID: 0009-0008-6513-5287.

Kichigina O.O., Senior Research Scientist, Senior Researcher, Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, e-mail: seednlen@ukr.net; ORCID: 0000-0003-0879-627X.

Smulska I.V., head of the sector, Ukrainian Institute of Plant Varieties Examination. e-mail: ivanna1973@i.ua, ORCID: 0000-0001-9675-0620.

Shatsman D.O., Ph.D. in Agricultural Sciences, LLC «Eurosem», e-mail: ds@profi.land, ORCID: 0009-0000-1645-2499.

Надійшла 04.01.2024

Наукове видання

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

науково-теоретичний журнал

Випуск 1 (11) 2024

Підписано до друку 29.03.2024.
Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 14,18.
Обл.-вид. арк. 7,8.
Наклад 50 пр. Зам. № .

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21027, м. Вінниця, вул. Келецька, 51а, прим. 143.
Тел.: (096) 973-09-34, (093) 891-38-52.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У ЖУРНАЛІ ЗЕМЛЕРОБСТВО ТА РОСЛИННИЦТВО: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

1. Представлені для публікації статті мають бути оригінальними (раніше не опублікованими в інших виданнях), в яких висвітлено результати наукових досліджень зі статистичною обробкою даних, що мають теоретичне та/чи практичне значення, а також є актуальними, відповідати профілю журналу та мати новизну.

Статті оглядового характеру публікуються за авторства провідних українських та зарубіжних учених, відомих фахівців у своїй галузі, як правило, докторів наук.

Статті подаються українською та англійською мовою.

2. До розгляду приймаються наукові статті обсягом від 10 до 20 сторінок, включаючи анотації, таблиці, рисунки та бібліографічні списки. Якщо стаття містить вагомий науковий результат, за рішенням редакційної колегії її обсяг може бути збільшено.

Формат паперу – А4, орієнтація – книжкова, поля з усіх сторін – 20 мм, міжрядковий інтервал – 1,5, кегль шрифту – 14, гарнітура – Times New Roman, абзац – 1,25 см (не допускається створення абзацного відступу за допомогою клавіші Tab і знаків пропуску); текст вирівнюється по ширині. Обов'язковим є використання в тексті тире, а не дефіса між цифрами на означення кількісних меж від...до (напр., 3–5 га) або часового інтервалу (напр., 2010–2015 рр.).

3. Структура статті:

Тематична рубрика (напр., «Землеробство», «Меліорація», «Ґрунтознавство», «Агрохімія», «Сільськогосподарська мікробіологія», «Агроекологія», «Рослинництво», «Кормовиробництво», «Луківництво», «Селекція», «Генетика», «Біотехнологія», «Насінництво»):

- індекс УДК (*вирівнювання відповідно до лівого краю*);
- назва статті українською мовою (*вирівнювання по центру, напівжирний шрифт, великі літери*);
- ініціали та прізвище авторів, місце роботи/навчання (із вказанням міста, країни). Якщо автори з різних установ, то після прізвищ та назв установ, у яких вони працюють/навчаються, слід проставити однаковий верхній цифровий індекс;
- анотація (українська мова, обсяг 200–250 слів, або 1800–2000 знаків з пробілами, курсив, а також містити мету, методи, результати, висновки) повинна бути інформативною і змістовною. Має відображати вихідні дані, методологію та результати проведення досліджень, висновки та сферу застосування результатів. Не допускається використання невизначених скорочень або не вказаних посилань;
- ключові слова (5–10 слів), жодне з яких не дублює слова з назви статті;
- текст статті із урахуванням необхідних елементів (пункт 4);
- література;
- references;
- анотація (не менше 2000 знаків) та ключові слова англійською мовою (прізвища й ініціали авторів та назва статті обов'язково мають бути перекладені);
- відомості про авторів українською, англійською мовами.

За достовірність поданої інформації та якість перекладу статті відповідають автори.