

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

Випуск 2 (12)

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 № 8 від 10 червня 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

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

АДАМОВИЧ О.М., ADAMOVYCH O.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

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

БЕНДЕР А., BENDER A.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

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., KOLOMIETS 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

МАЛИНОВСЬКА І.М., MALYNOSKA 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., SARUNAITTE L.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

СЛЮСАР І.Т., д. с.-г. н., SLUSAR I.T.,
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, с-ще Чабани, вул. Машинобудівників, 2-б

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

Зміст

ЗЕМЛЕРОБСТВО, МЕЛІОРАЦІЯ, ҐРУНТОЗНАВСТВО, АГРОХІМІЯ

Тkachenko M.A., Kondratiuk I.M., Protsuk V. Yu. REPRODUCTION OF POTENTIAL FERTILITY OF GRAY FOREST SOIL USING ELEMENTS OF BIOLOGICAL AGRICULTURE TECHNOLOGIES	5
Savchenko E.D. SOYBEAN CULTIVATION IN SHORT ROTATION ORGANIC CROP ROTATION UNDER DIFFERENT FERTILISATION SYSTEMS	16
Savchenko S.D. EFFICIENCY OF SPRING WHEAT CULTIVATION IN SHORT-ROTATION ORGANIC CROP ROTATION UNDER LEFT-BANK FOREST-STEPPE CONDITIONS	20
Повидало В.М., Терещенко О.М., Близнюк В.М., Близнюк Ю.П. ҐРУНТОВОДОХОРОННІ ЗАХОДИ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СХИЛОВИХ АГРОЛАНДШАФТІВ	25
Демиденко О.В. УРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ, СПОСОБУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ТИПУ СІВозМІНИ	32

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МІКРОБІОЛОГІЯ, АГРОЕКОЛОГІЯ

Малиновська І.М., Дегодюк С.Е., Балян А.В. ДИНАМІКА ЧИСЕЛЬНОСТІ ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ МІКРООРГАНІЗМІВ КОРЕНЕВОЇ ЗОНИ КУКУРУДЗИ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ДОЗ МІНЕРАЛЬНИХ І ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ	46
--	-----------

РОСЛИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЛУКІВНИЦТВО

Голодна А.В., Грицюк Я.В., Буслаєва Н.Г., Столяр О.О. ВПЛИВ УДОБРЕННЯ, ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ ТА МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ	58
Гойсюк Ю.В., Гойсюк С.О. НАРОСТАННЯ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ТА УРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО В ПІВНІЧНО-СХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО	67
Господаренко Г.М., Черно О.Д., Підбуртній О.В. УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ТА УДОБРЕННЯ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ	72
Штакал М.І., Голик Л.М., Штакал В.М., Левченко О.С., Глущенко Л.А. ДЕРЕВІЙ ЗВИЧАЙНИЙ ЯК ПРИРОДНИЙ СТИМУЛЯТОР РОСТУ ТВАРИН	85
Труш С.Г., Парфенюк О.О. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ЗА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	90

СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА, БІОТЕХНОЛОГІЯ, НАСІННИЦТВО

Діордієва І.П., Рябовол Я.С., Рябовол Л.О. ПОХОДЖЕННЯ ТА АГРОБІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЄВРАЗІЯ	98
Новак Ж.М., Ненька О.В. ВАРІАЦІЯ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК СОРТОЗРАЗКІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	103

З'ЇЗДИ, КОНФЕРЕНЦІЇ, НАРАДИ

30-й Генеральний з'їзд Європейської Федерації Луківників (EGF2024)	110
---	------------

ЮВІЛЕЇ

Петру Івановичу Бойку – 90	113
-----------------------------------	------------

Contents

AGRICULTURE, MELIORATION, SOIL SCIENCE, AGROCHEMISTRY

Tkachenko M.A., Kondratiuk I.M., Protsuk V. Yu. REPRODUCTION OF POTENTIAL FERTILITY OF GRAY FOREST SOIL USING ELEMENTS OF BIOLOGICAL AGRICULTURE TECHNOLOGIES	5
Savchenko E.D. SOYBEAN CULTIVATION IN SHORT ROTATION ORGANIC CROP ROTATION UNDER DIFFERENT FERTILISATION SYSTEMS	16
Savchenko S.D. EFFICIENCY OF SPRING WHEAT CULTIVATION IN SHORT-ROTATION ORGANIC CROP ROTATION UNDER LEFT-BANK FOREST-STEPPE CONDITIONS	20
Povydalo V.M., Tereshchenko O.M., Bliznyuk V.M., Bliznyuk Y.P. SOIL AND WATER PROTECTION MEASURES FOR THE USE OF LANDS OF SLOPING AGRICULTURAL LANDSCAPES	25
Demydenko O.V. DYNAMICS OF CROP YIELDS DEPENDING ON FERTILIZER, CULTIVATION METHOD AND CROP ROTATION TYPE	32

AGRICULTURAL MICROBIOLOGY, AGROECOLOGY

Malinovska I.M., Dehodiuk S.E., Balian A.V. DYNAMICS OF THE NUMBER AND PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL ACTIVITY OF MICROORGANISMS IN THE ROOT ZONE OF CORN USING DIFFERENT DOSES OF MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS	46
--	-----------

PLANT PRODUCTION, FEED PRODUCTION, GRASSLAND SCIENCE

Golodna A.V., Hrytsiuk Ya.V., Buslayeva N.H., Stolyar O.O. THE IMPACT OF FERTILISATION, SEED TREATMENT, AND METEOROLOGICAL CONDITIONS ON SOYBEAN YIELD IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE	58
Hosiuk Yu.V., Hosiuk S.O. GROWTH OF LEAF AREA AND YIELD OF WINTER RAPE HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF THE NORTHEASTERN PART OF THE WESTERN FOREST-STEPPE	67
Hospodarenko H.M., Chernov O.D., Pidburtnyi O.V. MAIZE YIELD DEPENDS ON MOISTURE SUPPLY AND FERTILIZATION IN RIGHT BANK FOREST STEPPE	72
Shtakal M.I., Holyk L.M., Shtakal V.M., Levchenko O.S., Hlushchenko L.A. COMMON YARROW AS A NATURAL ANIMAL GROWTH STIMULATOR	85
Trush S. H., Parfeniuk O. O. TECHNOLOGICAL FEATURES OF COMMON BEAN GROWING UNDER CLIMATE CHANGES IN THE FOREST STEPPE OF UKRAINE	90

PLANT BREEDING, GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SEED PRODUCTION

Diordiieva I.P., Riabovol Ya.S., Riabovol L.O. ORIGIN AND AGROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF VARIETY OF SOFT WINTER WHEAT EURASIA	98
Novak Zh.M., Nenka O.V. VARIATION OF SPRING BARLEY'S QUANTITATIVE TRAITS OF SAMPLES IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL FOREST-STEPPE OF UKRAINE	103

CONFERENCES, CONGRESSES, MEETINGS

THE GENERAL MEETING OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION (EGF2024)	110
---	------------

JUBILEE

PETER IVANOVICH BOYKO – 90	113
-----------------------------------	------------

REPRODUCTION OF POTENTIAL FERTILITY OF GRAY FOREST SOIL USING ELEMENTS OF BIOLOGICAL AGRICULTURE TECHNOLOGIES

M.A. Tkachenko, I.M. Kondratiuk, V. Yu. Protsuk

NSC «IA NAAS» (Chabany vil., Ukraine)

Aim. *To investigate the influence of elements of biological farming technologies, which reproduce the potential and increase the effective fertility of gray forest soil, minimize the degradation processes of arable soil. Methods. Field experiment, laboratory, analytical, mathematical-statistical, comparative-calculation. Results. The scientific justification of the authors on the essence of reproduction of the potential fertility of gray forest soils in the northern part of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine, its types and forms of manifestation, factors of improvement and regulation by elements of biological farming technologies is presented. On the basis of many years of research, an analysis of fertility indicators for physico-chemical, agrochemical properties and light loamy soil was conducted, a set of agrotechnological measures and laws aimed at preventing the degradation processes of acidic gray forest soil and preserving fertility in the agrocenosis were substantiated. Due to the application of green manure and liming in full dose according to hydrolytic acidity, the content of humus in the 7th year of action was 1.70–1.76%, respectively, the reserves of humus were 51.0–52.8 t/ha, and the number of exchangeable cations in GVK was more than 80%. The combination of these agricultural measures on gray the forest soil not only allowed the humus content to increase to 20%, but also provided a favorable nutrient regime of the soil – N – 72.8; P₂O₅ – 191.3; K₂O – 88.5 mg/kg of soil. Repeated application of the ameliorant in a full dose according to hydrolytic acidity in combination with by-products and green manure in the arable layer of gray forest soil provides, as of the 14th year after the action, the optimal level of physicochemical indicators: hydrolytic acidity – 1.98 mg- eq/100 g of soil, the pH of the soil solution is close to neutral (5.4–5.6), the content of mobile aluminum is 0.16 mg/100 g of soil, as well as an increase in the productivity of grain-grass crop rotation by 10–32%. Conclusions. the main issues of influence of the elements of biological farming technologies, the effectiveness of the action and after-effects of the application of periodic liming in combination with organic fertilizer have been proven. The comparative productivity of the 7-field crop rotation for the III and IV rotations on the gray forest soil of the elements of biological farming technologies, as well as the yield and quality of winter wheat for the 1st year of action of the ameliorant Omya Calciprill, is given.*

Key words: *liming, content and reserves of humus, acidity, organic fertilizer, by-products, green manure.*

Introduction. In connection with the trend of constant expansion of organic production in the world to 25% in the coming decade, in Ukraine it is also planned to expand the volume of organic farming to 3% of the total area of agricultural land, which will amount to 1.26 million hectares [8]. According to physical, agrochemical, physicochemical indicators, the soils of all natural and economic regions of the Forest Steppe are suitable for organic farming [8; 10]. At the same time, the need to achieve high quality indicators of agricultural products will be ensured by optimizing soil fertility

indicators, limiting the use of chemical fertilizers and protecting plants from diseases and pests, with the prospect of waiving them altogether, with a simultaneous high level of arable land productivity and preserving the natural balance in the environment. Such an approach will contribute to the rational use of land resources, will weaken the negative phenomena caused by the intensive chemicalization of agriculture. In this connection, there is a problem of maintaining soil fertility in this segment of agricultural production, namely, achieving optimization of soil properties based on the predominant use of

biological factors: organic fertilizers, perennial grasses, green manure and non-marketable plant products, taking into account the optimization of acid-alkaline and nutrient regimes in acidic soils of the Forest-Steppe of Ukraine.

Analysis of latest research and publications. Acidic soils occupy about 30% of the earth's land and 40–50% of arable soils worldwide. In Ukraine, acidic soils occupy more than 10 million ha, or 26.3% of arable land. There are especially many acidic soils in the Polissia and Forest-Steppe zones, in such regions as Chernihiv, Zhytomyr, Kyiv, Ivano-Frankivsk, Vinnytsia, Sumy, Cherkasy, the specific gravity of acidic soils is more than 50%. In general, in recent years the processes of soil acidification have been manifested even in the agro-landscapes of the Steppe. The intensity of the increase in areas of acidic soils ranges from 1% to 15% [7; 30].

Acid gray forest soils have a small cation exchange capacity and a low degree of base saturation, sometimes falling to the level of 50–30%. They are characterized by a low content of humus ($2.0 \pm 0.5\%$ gray forest soil), mobile forms of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and other elements necessary for plant nutrition. Along with physico-chemical aspects (toxicity of hydrogen, aluminum, manganese ions, deficiency of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and zinc, reduction of the activity of microorganisms), high acidity largely causes unfavorable agrophysical properties of the soil (structurelessness, cohesion, low aeration and filtration) [3; 5; 6; 29].

Statistical data show that the weighted average content of humus in the soils of Ukraine of evaluation (2015–2020) is only 3.2%, which indicates that in order to achieve a balance of humus without deficit, it is necessary to apply organic fertilizers every year at least as: in Polissia – 16 t/ha of arable land, in the Forest Steppe – 11 t/ha, in the Steppe – 8 t/ha [11].

According to expert estimates, 0.5–0.6 t of humus per hectare is lost annually in Ukraine due to erosion processes, which is much more than what is applied with organic fertilizer. It is known that in the 1990s, Ukrainian farmers applied 10 tons of manure per hectare, then animal husbandry became less productive, and as of today, the application of organic matter is 0.4 t/ha, which is a critical figure.

The results of research on the transformation of organic matter in acidic soils without the use of liming indicate that their humus balance is deficient. Elements of biological farming technologies should be applied on

such soils, which would influence the processes of transformation of organic matter in acidic soils and contribute to the strengthening of humification, as a result of which the products of the decomposition of organic compounds will be preserved and their fixation in the soil profile [4–11; 15; 16; 20]. Numerous studies have noted the significant impact of liming on the humus condition of soils. Carbonates introduced with meliorants provide favorable conditions for the decomposition of plant residues and their humification, prevent the leaching of humus into the lower layers, as a result of which the quality of humus improves and its decomposition slows down, due to which light loamy gray forest soils become looser, water- and air-permeable [1; 2; 7; 17].

Many years of research [3–7; 12–20] have proven that liming on acidic soils is a mandatory agrotechnological measure, as the exchangeable cations of the meliorant neutralize excessive soil acidity, increase the formation of insoluble calcium humates, and contribute to the fixation of humic substances in the soil. In limed soil, biological activity increases significantly and the nitrogen regime improves, which is due not only to the one-sided decomposition of organic substances, but also to a change in the complex of soil properties due to the neutralization of excessive acidity.

It is known that the acidic reaction of the soil solution inhibits the growth and development of plants, increased damage to them by diseases is observed, and in the interval of the pH-salt index of 6.0–6.2 moderate production of CO_2 by the soil occurs, the processes of synthesis of humic substances prevail, in the acidic interval of pH-salt (<6.0) the biochemical situation determines strengthening of oxidation processes and intensive decomposition of humus, which is one of the problems of the influence of an acidic environment on the soil, changes the speed of the processes [3; 7; 13; 17].

Relevance. Currently, there is very little scientific justification for the use of meliorants and the duration of their action under elements of biological farming technologies, for example, on acidic gray forest soils. Therefore, it is very important to find alternative ways to optimize the acid-alkaline and nutrient regimes of the soil and the elements of biological farming technologies, which is especially valuable for reproducing their potential fertility.

Research purpose – to investigate the influence of elements of biological farming technologies, under which reproduction of potential and increase of effective

fertility of gray forest soil, minimization of degradation processes of arable soil takes place.

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

Research on the reproduction of soil fertility, optimization of its properties and increase in the productivity of agrocenosis due to the use of green manure, the non-marketable part of the crop, increasing the share of leguminous crops in the structure of sown areas, improving agrochemical and physicochemical indicators of the soil 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» on gray forest soil entered in the register of stationary field experiments of NAAS (Certificate No. 01), which is located at an altitude of 120 m above sea level at 50°26'13" north latitude, 30°30'20" east longitude.

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, which indicates its low natural fertility.

Results and their discussion. In our case, research is aimed at finding ways to reproduce the potential and increase the effective fertility of acidic gray forest soil using new alternative neutralizing limestone materials. In the experiment, the effectiveness of limestone flour (I and II rotations) and manure (III and IV rotations), as well as their combination in a 7-field crop rotation with organic fertilizer, was investigated during four crop rotations. At the end of IV rotation (beginning of V), repeated liming was carried out with the ameliorant Omya Calciprill, which is not contaminated with heavy metals and is environmentally safe for organic production.

In arable soil, the effect of periodic liming (full dose according to hydrolytic acidity (1.0 Hr – 5.0 t/ha CaCO₃)) on the state of potential and effective soil fertility was investigated, depending on the manifestation of processes of strengthening or weakening of the eluvial soil-forming process, the onset of effective action and the duration of the aftereffect in stationary field experiment, the effect of green manure, which was incorporated into the soil in the form of green mass of oil radish up to 5.0 t/ha once per rotation of the 7-field crop rotation (in 2018), as well as the effect of the used crop by-products (the non-marketable part of the spring wheat crop and winter wheat, barley, lupine, soybeans, and buckwheat), which were applied annually up to 5.0 t/ha, which makes it possible to solve the problem of the lack of organic fertilizers and at the same time ensure high energy output from 1 ha of crop rotation area.

To evaluate the effectiveness of the effect and aftereffect of periodic liming of acidic gray forest soil under the influence of elements of biological farming technologies, studies were taken for the last completed IV rotation of the 7-field crop rotation (Table 1). The effectiveness of limestone materials, of course, depends on the system of organic fertilizer, doses and forms of the introduced ameliorant and technological measures of its application. Therefore, it is clear that different organic fertilizers have different effects on changes in the physical and chemical properties of the soil.

Thus, the increased concentration of aluminum in the soil is most observed with a strongly and moderately acidic soil reaction (pH_{sol} 4.0–5.0), i.e., with an increase in metabolic acidity, the content of mobile aluminum increases proportionally. In addition, the content of Al³⁺ at the level of 1.39 mg/100 g of soil was recorded in the soil without fertilizer (control). This regularity can also be observed when applying only organic fertilizer. The reverse pattern is observed during periodic liming.

Table 1. Physico-chemical indicators of gray forest soil depending on the elements of biological farming technologies, soil layer 0–20 cm

Organic fertilizer	End of the IV crop rotation (14 th year of after-action)			
	pH _{sol}	Hr, mg-eq /100 g of soil	H ⁺ _{exchange} , mg-eq /100 g of soil	Al ³⁺ , mg/100 g of soil
No fertilizer (control)	4.6	3.36	0.06	1.39
CaCO ₃ (5.0 t/ha)	5.1	2.27	0.03	0.17
CaCO ₃ (5.0 t/ha) + green manure	5.4	1.98	0.03	0.16
Byproducts + green manure	5.0	2.48	0.05	1.28

Note. initial 1992: pH – 4.6; Hr – 3.6 mg-eq/100 g of soil, Al³⁺ – 1.24 mg/100 g of soil.

It was established that the application of a meliorant in full dose according to hydrolytic acidity (1.0 Hr – 5.0 t/ha CaCO₃) in combination with by-products and green manure in the arable layer of gray forest soil provides the optimal level of physico-chemical indicators as of the 14th year after the action: hydrolytic acidity – 1.98 mg-eq/100 g of soil, compared to the initial value of 3.6 mg-eq/100 g of soil, the pH of the soil solution is close to neutral (5.4–5.6), the content of mobile aluminum is 0.16 mg/100 g of soil. It is known that a slightly acidic and close to neutral reaction of the soil environment is optimal for most crops, which is especially important for organic production.

Under the influence of elements of biological farming technologies, the analysis of indicators of the physical and chemical properties of the soil during four crop rotations (re-liming was carried out after 14 years at the end of the 7-field crop rotation rotation) showed that the introduction of limestone materials leads to a decrease in all types of soil acidity and a reduction to a minimum of mobile aluminum, such a trend was observed when applying only CaCO₃ (5.0 t/ha) without organic fertilizer, as well as when combining green manure with CaCO₃ (5.0 t/ha). The fact of a slower decline in the remedial action of limestone materials over time was investigated, namely, a high efficiency of repeated liming was observed for ten years without significant deterioration of physicochemical properties. This makes it possible to assume that the duration of the effective action of the applied high-quality ameliorants in a full dose according to hydrolytic acidity, on previously limed gray forest soils, will be longer than 10 years.

The structure of exchangeable cations of gray forest soil (Table 2) shows that the application of liming in a single dose according to hydrolytic acidity (1.0 Hr – 5.0 t/ha CaCO₃) contributed to the stabilization of the content of exchangeable cations in GVK and provided a better ratio of Ca²⁺ to Mg²⁺, unlike the options without its

introduction. During repeated liming, even on the 14th year of post-action, the amount of exchangeable bases in GVK is approximately 80%.

It has been investigated that during the long-term agricultural use of gray forest soil in the northern part of the Right Bank Forest Steppe, under the condition that only by-products and green manure s are applied, the podzolization process does not stop, which is evidenced by the deterioration of the physico-chemical parameters of the GHK at the end of the IV crop rotation. Therefore, these soils require repeated liming to optimize the structure of exchangeable cations in the GVC and increase the productivity of crop rotations that are picky about soil acidity.

As a result of the specific conditions of soil formation and humus accumulation, gray forest soils contain little humus (1.5–2.5%), and due to the acidic reaction, the humus substances in them are enriched with mobile compounds that are weakly retained by the mineral part of the soil [5; 10].

The most important humus characteristics are the total humus content and its reserves. Due to the lack of manure to preserve fertility, the efficiency of plowing the non-marketable part of the crop was determined in the field experiment. The influence of the harvest-root residues of field crops of the 7-field crop rotation on the content and reserves of humus in the arable soil was evaluated according to fertility indicators. According to our research, the harvest and root residues of winter wheat had the greatest impact, taking into account the cultivation of the predecessor of the white lupine. The main requirement for the creation of a deficit-free humus balance for all soils is, first of all, a positive level of nitrogen return with organic fertilizers, because non-return causes the strengthening of mineralization processes of potential humus reserves (Table 3).

The research results indicate that at the end of the IV rotation of the crop rotation, the humus state of the soil

Table 2. The structure of exchangeable cations in the absorption complex of gray forest soil, % to absorption capacity, (layer 0–20 cm)

Organic fertilizer	IV crop rotation							
	7 th year of action				14 th year of after-action			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Ca ²⁺ Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Ca ²⁺ Mg ²⁺
No fertilizer (control)	49	8	43	6.1	52	8	40	6.5
CaCO ₃ (5.0 t/ha)	73	10	17	7.3	70	10	20	7.0
CaCO ₃ (5.0 t/ha) + green manure	76	10	14	7.6	71	11	18	5.9
Byproducts + green manure	57	9	34	6.3	56	8	36	7.0

Table 3. Content and reserves of humus in gray forest soil depending on the elements of biological farming technologies (soil layer 0–20 cm)

Organic fertilizer	IV crop rotation			
	7 th year		14 th year	
	content, %	reserves, t/ha	content, %	reserves, t/ha
No fertilizer (control)	1.24	37.2	1.24	37.2
CaCO ₃ (5.0 t/ha)	1.70	51.0	1.45	43.5
CaCO ₃ (5.0 t/ha) + green manure	1.76	52.8	1.65	49.5
Byproducts + green manure	1.64	49.2	1.54	46.2
LSD _{0.05}	0.04	1.2	0.03	1.3

Note. The initial content of humus is 1.44%.

as a whole stabilized and reached a state of equilibrium (the level of self-stabilization of humus) – humus losses compared to the initial state – 1.44% (43.2 t/ha) are clearly observed in the variant without fertilizer (control) – 1.24% (37.2 t/ha) – this indicates that without sufficient fertilization and without liming, the sod process is weakened, which forms a low content of humus, which is concentrated in the upper layer of the soil.

At the same time, the long-term plowing of straw and the use of green manure (by-products + green manure) made it possible to preserve and replenish the reserves of humus in the root layer of the soil, which also affected the increase in the yield of agricultural crops. At the same time, the level of humus content of the main part of the root layer under elements of biological farming technologies reliably increases by an average of 25% compared to the site without fertilizer. Sideratun plowing against the background of reclamation measures ensured an increase in the humus content in the 7th year of repeated liming to 1.76% in the 0–20 cm layer and 1.39% in the 20–40 cm layer.

By-products of the precursor and sider fertilizer are the basis for replenishing humus reserves in conditions of shortage of organic fertilizers and are an effective measure for improving the humus condition of gray forest soil. The use of green manure once per crop rotation and annual plowing of by-products contributed to the increase in humus content. A positive effect on the humus content (1.64%) of by-products and after-effects of green manure was noted, the more post-harvest residues enter the soil, the more mobile humus compounds are formed in it (green manure + by-products), or neutralization of soil acidity by liming with a single dose in combination with green manure, or only the introduction of meliorant (5.0 t/ha), humus reserves under these elements of biological farming technologies at the end of the IV rotation

increased by 6.3–12.3 t/ha compared to the control without fertilizer.

The degree of effect of reliming on the 14th year after application varied significantly depending on the level of organic fertilizer in its background, and the efficiency of the application of green manure and by-products of crop production to organic fertilizer depends on the dose of application, as well as weather conditions, which is explained by the instability and fluctuation of the content hummus. The greatest positive effect on the humus state was revealed by the application of green manure against the background of liming (1.0 Hr) – the total content of humus in the 14th year after repeated liming was 1.65%, and its reserves were 49.5 t/ha. Relatively higher reserves of humus here can be explained by the higher yield of agricultural crops, as a result of which the amount of root-harvest residues, which are a source for the formation of humus, increases.

In general, in the IV rotation of the crop rotation, the arable layer of the soil has somewhat lost its fertility, compared to the previous rotation, there is a lack of a sufficient amount of organic fertilizer, which depends on the yield of crops. In addition, the effectiveness of green manure application was affected by weather conditions, but even under these conditions, the humus content when plowing only by-products and green manure increased by 24% on average per rotation compared to unfertilized soil. A similar accumulation was also observed in the 20–40 cm layer, which was 27% relative to the control. Thus, liming gray forest soil with a full dose of hydrolytic acidity is an effective measure for preserving humus reserves and its content not only in the arable, but also in the subsoil layer. It was noted that the humus content of gray forest soil when using green manure with by-products was 1.54% (reserves 46.2 t/ha) for the initial humus content – 1.44% (reserves 43.2 t/ha).

The obtained results indicate that an important measure to preserve the decomposition products of organic compounds from their leaching and fixation in the soil profile is liming in combination with organic fertilizer. Due to the introduction of green manure and liming in full dose according to hydrolytic acidity, the humus content was 1.70–1.76%, respectively, humus reserves were 51.0–52.8 t/ha.

According to the studies of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Sciences, it has been proven that in the process of humus accumulation and stabilization of its content on the light-gray forest surface-glazed soil, the organic fertilization system is effective with the introduction of 10 t/ha of the crop rotation area of manure, during which the humus content increased to 1.68 %. With the introduction of only limestone materials, the humus content was 1.51% in the arable layer of the soil. Combined application of organic fertilizers in crop rotation against the background of liming ensures an increase in the level of total humus in the arable layer to 1.75%, and in the subsoil layer to 1.58%. At the same time, humus reserves increased to 47.60 and 32.71 t/ha, respectively [2].

Similar results were obtained on light gray soils of Polissia [1]. According to the literature [1, 2], in 2.5–4 months, up to 46% decomposes in the soil, in 1.5–2 years – up to 80% of the entire organic mass, which is also confirmed by our research.

The results of research on the application of elements of biological farming technologies characterize their impact on the nutrient regime of gray forest soil. It was investigated that the use of the ameliorant in the full dose according to hydrolytic acidity did not significantly affect the content of hydrolyzed nitrogen compounds, since the gray forest soil is poorly supplied with this element, but the positive effect of the ameliorant was observed in the pre-calcified version with organic fertilizer, this was due

to the decomposition of the organic mass of the earned green manure and by-products (Table 4).

The lowest indicator (60.2 mg/kg) was characterized by the nitrogen regime of the soil with the introduction of by-products and green manure. The decrease in the content of nitrogen compounds in this case indicates the rapid mineralization of the green mass as a result of increased microbiological activity, the plowing of the post-harvest remains of straw and green manure contributed to a greater removal of nutrients due to the creation of better conditions for the nutrition of crops in the crop rotation, because the nitrogen content was lower than in the control without fertilizer (60.2 and 67.2 mg/kg soil) respectively.

In general, gray forest soils, with the introduction of only by-products, have a low level of provision of basic nutrients, and increasing the amount of application of organic fertilizers and meliorants will further improve the condition of the soils, which will positively affect the productivity and quality of agricultural crops. It was noted that during repeated liming, the nitrogen content of hydrolyzed compounds slightly increases, which may indicate the preservation of decomposition products of organic substances from leaching and fixation in the arable layer of the gray forest soil.

In order to assess the definition of effective fertility, it is especially important to determine that part of phosphorus and potassium compounds that is the most mobile and available to plants. In the process of feeding, plants absorb, first of all, the most mobile forms of phosphorus and potassium. It was found that the soil of the experimental site has a high content of mobile phosphorus compounds (172.5–191.3 mg/kg of soil), this was especially observed in the limed versions of the experiment.

The analysis of the results of research on the content of mobile potassium compounds in the arable layer of gray forest soil in the absence of any fertilizer (control) for 30 years makes it possible to talk about the

Table 4. Nutrient regime of gray forest soil depending on the elements of biological farming technologies, mg/kg of soil (layer 0–20 cm)

Organic fertilizer	N, of hydrolyzed compounds		Compounds of mobile P ₂ O ₅		Compounds of mobile K ₂ O	
	IV crop rotation					
	7 th year	14 th year	7 th year	14 th year	7 th year	14 th year
No fertilizer (control)	69.6	67.2	146.9	142.5	85.0	78.5
CaCO ₃ (5.0 t/ha)	76.6	68.6	172.5	181.2	89.0	91.5
CaCO ₃ (5.0 t/ha) + green manure	72.8	70.0	191.3	185.1	88.5	90.0
Byproducts + green manure	64.4	60.2	145.2	172.5	83.0	82.5

significant deterioration of potassium nutrition of crop rotation crops.

It has been investigated that the improvement of the nutrient regime of the gray forest soil using the elements of biological farming technologies can be carried out due to the use of ameliorants, the return of the non-marketable part of the crop to the soil and the systematic use of green manure during crop rotations. The effectiveness of periodic liming on unfertilized soil primarily depends on its complex impact, manifested as ameliorative effect on soil properties, as well as improvement of the nutritional regime.

Carrying out repeated liming on the gray forest coarse dust-light loam soil turned out to be a highly effective measure of increasing the yield of crops of the 7-field crop rotation due to the significant optimization of the fertility indicators of the gray forest soil, which lead to an adequate response of crop rotation crops in the form of additional increases in productivity. At the same time, it is known how dependent the productivity of crops is on the weather conditions of the region.

For the elements of biological farming technologies, the approximate limits of the efficiency of organic fertilizer (precursor by-products, green manure) with separate and simultaneous application with an ameliorant on the productivity of agricultural crops on gray forest soil during two completed rotations of a 7-field crop rotation were investigated (Table 5).

The results of studies on the productivity of crops for two rotations of a 7-field crop rotation show that only organic residues are not enough to significantly increase the yield of crops on gray forest soil. In the conditions of lack of organic fertilizers, effective elements of biological farming technologies are annual plowing of by-products, green manure and periodic liming, which are able to preserve the fertility of gray forest soils and

Table 5. Productivity of crops for two crop rotations depending on the elements of biological farming technology, t/ha. unit

Organic fertilizer	III rotation		IV rotation	
	t/ha	±, %	t/ha	±, %
No fertilizer (control)	2.25	–	2.65	–
CaCO ₃ (5.0 t/ha)	2.68	19	3.04	15
CaCO ₃ (5.0 t/ha) + + green manure	2.84	26	3.50	32
Byproducts + + green manure	2.54	13	2.92	10
LSD _{0.05}	0.07		0.09	

increase the productivity and quality of agricultural crops under unfavorable economic conditions.

It was studied that the productivity of crop rotation exceeded the unfertilized control by 10–32%. Applying only meliorant in a full dose increased productivity by 15–19% for hydrolytic acidity, and for a combination of liming with green manure – by 26–32%.

It was established that repeated liming (the end of IV rotation) with a full dose according to hydrolytic acidity has a positive effect in the next V rotation as well. After applying the ameliorant Omya Calciprill, exchangeable acidity is practically eliminated, the harmful effect of mobile aluminum is neutralized, the structure of GVC is improved, namely, the losses of exchangeable calcium and magnesium are reduced, which helps to optimize the physico-chemical parameters of the soil and allows growing agricultural crops that are more demanding of the reaction of the soil environment.

Studies have confirmed that the level of acidity reduction of gray forest soil is directly dependent on the quality of the meliorant. This was noted as a positive fact of the application of elements of biological farming technologies in the Right Bank Forest Steppe, since the degradation processes in the pre-calcified soil do not occur at such an intensive rate as when applying only side products with green manure without liming.

It was established that the benefits of periodic liming, namely the optimization of the physico-chemical and agrochemical properties of the gray forest soil, lead to an adequate response of crops in the crop rotation in the form of additional increases in productivity. The approximate limits of the effectiveness of organic fertilizer (byproducts + green manure) and the effect of the use of the ameliorant Omya Calciprill on the productivity of winter wheat on gray forest soil were determined (Table 6).

It was investigated that the repeated introduction of only (CaCO₃ (1.0 Hr)) contributed to an increase in the productivity of winter wheat by 11% in the 1st year of action, and by 23% when the meliorant was combined with green manure (CaCO₃ (1.0 Hr) + green manure).

Optimizing the physico-chemical parameters of the soil by combining by-products with green manure (by-products + green manure) helped to increase the yield of winter wheat by only 12% compared to unfertilized soil. Failure to apply mineral fertilizers on soils with a low level of nutrient supply caused a decrease in crop productivity. At the same time, it was established that the efficiency of sideration is extremely dependent on weather conditions.

Table 6. Productivity of crop rotation on gray forest soil depending on the elements of biological farming technologies, t/ha, unit

Organic fertilizer	winter wheat (1st year of action)	Increase from organic fertilizer and lime action \pm + to control, %	white lupine (14th year of action)	Increase from organic fertilizer and after-effect of lime \pm to control, %
No fertilizer (control)	2.81	–	2.04	–
CaCO ₃ (5.0 t/ha)	3.12	11	2.32	14
CaCO ₃ (5.0 t/ha) + green manure	3.47	23	2.56	25
Byproducts + green manure	3.14	12	2.41	18
LSD _{0.05}	0.07		0.09	

The results of research indicate that the productivity of winter wheat was on average 3.14 t/ha with the elements of biological farming technologies. od, and white lupine 2.41 t/ha from units, at the same time, the increase in re-limed variants of winter wheat was 0.3–0.7 t/ha. od, and white lupine – 0.3–0.5 t/ha. unit (for the 14th year after the application of lime), therefore, the main measures to increase the effective fertility of gray forest soils using elements of biological farming technologies are the maximum use of organic fertilizers and periodic liming, which made it possible to obtain from 11% to 25% yield increase.

The main indicator that determines crop productivity is grain quality. The application of elements of biological farming technologies not only contribute to the increase in productivity, but also to the obtaining of grain quality at the II class level, suitable for export and the production of high-quality bakery products. However, the nature of the effect of any organic fertilizer can change depending on the specific conditions of external factors: the supply of plants with macro- and microelements, the reaction of the soil environment, humidity, air temperature.

Indicators of winter wheat grain quality depending on the elements of biological farming technologies were studied. The soil and climatic conditions of the northern part of the Right Bank Forest Steppe made it possible to obtain winter wheat grain with a protein content of 8.7–9.3%, gluten content of 20.8–21.5%, and starch content of 69.4–72.4%; The higher quality of the main products was obtained against the background of repeated liming (1st year of action). Summing up, it can be stated that the use of high-quality meliorants is a necessity and a prerequisite for the effective use of acidic gray forest soils as elements of biological farming technologies, since liming is the main factor in reproducing the potential and increasing the effective fertility of acidic soils and protects them from the development of degradation processes.

CONCLUSIONS

1. According to long-term research of the department of agro-soil science and soil microbiology of the NSC «IA NAAS» it was determined that the main measures for preserving the fertility of gray forest soil using elements of biological farming technologies are periodic liming – the best agricultural measure in terms of duration of effective action and after-effect both for regulating potential fertility and on the productivity of agrocenoses, as well as the maximum use of organic fertilizer. Positive changes and a tendency to accumulate humus occur with greeb manure fertilization against the background of repeated liming in the 7th year of action, where the humus content was 1.70–1.76%, and the amount of calcium and magnesium in the GVK was more than 80%. The combination of these agricultural measures on the gray forest soil not only ensured an increase in humus content up to 20%, but also made it possible to increase the productivity of grain-grass crops by 26–32%.

2. It has been proven that the cultivation of agricultural crops on gray forest coarse-grained and light loamy soil without the use of elements of biological farming technologies leads to its dehumification – a decrease in the content and reserves of humus in the arable layer. Periodic liming with a full dose of hydrolytic acidity contributes to the maintenance of the humus state of the gray forest soil at the level of 1.65% (initial humus content of 1.44%) in the 14th year after the action, humus reserves for the elements of biological farming technologies at the end of the IV rotation increased by 6.3–12.3 t/ha relative to the control.

3. It was determined that the processes of acidification, decalcification and dehumification are closely related to each other, therefore, in order to optimize the acid-alkaline and nutritional regimes and the formation of effective fertility, the elements of biological farming

technologies on gray forest soils should include the use of periodic liming and sideration. Given the agricultural measures, even at the end of the IV rotation of the 7-field crop rotation, the acid-alkaline regime of the soil was characterized by indicators: pH_{salt} – 5.4, Hr – 1.98 mg-eq/100 g of soil, the content of mobile Al³⁺ – 0.16 mg/100 g of soil, which contributed to the optimization of the nutrient regime – N – 70.0; P₂O₅ – 185.1; K₂O – 90.0 mg/kg is based on effective application of organic fertilizer by 10–18%.

4. Therefore, the application of elements of biological farming technologies on acidic gray forest soils is aimed at solving the following problems: extended reproduction of the potential fertility of acidic soils; prevention of degradation processes (secondary acidification, overconsolidation); increasing the efficiency of using green manure, a by-product of crop production, as an organic fertilizer; rational use of agricultural landscapes; ensuring an economically balanced increase in yield and quality of agricultural products.

REFERENCES

1. Barvinskyi A. V. (2002). Rol vapnuvannia v zakhysti kyslykh gruntiv Pravoberezhnoho Polissia ta Liso-stepu vid fizychnoi dehradatsii. Spetsvypusk UAAN. Kharkiv. 147 p. [in Ukrainian].
2. Bovsunovskiy A. M. (2009). Vplyv pobichnoi produktsii ta syderatu na humusnyi stan svitlo-siroho gruntu. *Mizhvid. nauk. zb. «Zemlerobstvo»*, 81, 47–51 [in Ukrainian].
3. Mazur H. A. (2008). Vidtvorennia i rehuliuвання rodiuchosti lehkykh gruntiv. Monohrafiia. Kyiv: Ahrarna nauka. 308 p. [in Ukrainian].
4. Tkachenko M. A., Hryhora T. I. (2013). Vplyv pobichnoi produktsii na vidtvorennia humusu za orhanichnoho zemlerobstva. *Zb. nauk. pr. NNTs «IZ NAAN»*, 1–2, 10–15 [in Ukrainian].
5. Mazur H. A., Hryhora T. I., Tkachenko M. A., Kondratiuk I. M. (2009). Humusnyi stan siroho lisovoho gruntu zalezno vid khimichnoi melioratsii ta systemy udobrennia. *Zb. nauk. prats NNTs «IZ UAAN»*, 1–2, 3–8 [in Ukrainian].
6. Mazur H. A., Tkachenko M. A., Kondratiuk I. M. (2020). Zmina potentsiinoi rodiuchosti siroho lisovoho gruntu za riznoho vykorystannia. *Zemlerobstvo*, 1 (98), 22–32 [in Ukrainian].
7. Mazur H. A., Tkachenko M. A., Yanse L. V., Kondratiuk I. M. (2020). Provedennia khimichnoi melioratsii na sirykh lisovykh gruntakh. Naukovo-metodychni rekomendatsii. Vinnytsia. 51 p. [in Ukrainian].
8. Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini (2016). Monohrafiia za red. Ya. M. Hadzala, V. F. Kaminskoho. K.: Ahrarna nauka. 592 p. [in Ukrainian].
9. Tkachenko M. A., Hryhora T. I. (2013). Vplyv pobichnoi produktsii na vidtvorennia humusu za orhanichnoho zemlerobstva. *Zb. nauk. pr. NNTs «IZ NAAN»*, 1–2, 10–15 [in Ukrainian].
10. Tkachenko M. A., Kondratiuk I. M., Borys N. Ye. (2019). Khimichna melioratsiia kyslykh gruntiv. Monohrafiia. Vinnytsia. 318 p. [in Ukrainian].
11. Shykula M. K. (2000). Gruntozakhysna biolohichna systema zemlerobstva v Ukraini. Monohrafiia. K.: "Oranta". 389 p. [in Ukrainian].
12. 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].
13. Effron D., Jimenez M., La Hora A. (2000). Capacidad de intercambio cationic al pH del suelo, para suelos acidos: metodo de determinacion. *Agrochimica*, 44, № ½, 61–68 [in English].
14. 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].
15. Francis C. (2010). Organic Farming: The Ecological System. Madison. 343 p. [in English].
16. Heavy metals and organic compounds from wastes used as organic fertilisers (2004). Annex 2 – Compost quality definition – Legislation and standards. – Compost – Consulting & Development technical office for agriculture. Austria. July 2004. 21 p. [in Germany].
17. Kaminskyi V., Tkachenko M., Malynovska I., Kondratiuk I., Pyndus V., Asanishvili N., Tkachenko A. (2021). Preservation of acid Haplic Luvisols fertility and agrocenosis productivity increase under organic farming conditions. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(3), 328–335. doi: 10.15421/2021_180 [in Ukrainian].
18. IMora M., Baeza G., Pizarro C., Demanet R. (1999). Effect of calcitic and dolomitic lime on physicochemical properties of a Chilean andisol. Communic. in Soil. Sc. Plant Analysis, 30. № ¾, 427–439 [in English].
19. Noble A. D. Cillman G. P. (2000). A cation exchange index for assessing degradation of acid soil by further acidification under permanent agriculture in the tropics. *Europ. J. Soil. Sc.*, 51, 2, 233–243 [in English].
20. Paradeloa R., Virtob I., Chenua C. (2015). Net effect of liming on soil organic carbon stocks: Environ 202. P. 98–107 [in English].

ЛІТЕРАТУРА

1. Барвінський А. В. Роль вапнування в захисті кислих ґрунтів Правобережного Полісся та Лісостепу від фізичної деградації. Спецвипуск УААН. Харків. 2002. 147 с.
2. Бовсуновський А. М. Вплив побічної продукції та сидерату на гумусний стан світло-сірого ґрунту. *Міжвід. наук. зб. «Землеробство»*. 2009. Вип. 81. С. 47–51.
3. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів: моногр. Київ: Аграрна наука. 2008. 308 с.
4. Ткаченко М. А., Григора Т. І. Вплив побічної продукції на відтворення гумусу за органічного землеробства. *Зб. наук. пр. ННЦ «ІЗ НААН»*. 2013. Вип. 1–2. С. 10–15.
5. Мазур Г. А., Григора Т. І., Ткаченко М. А., Кондратюк І. М. Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від хімічної меліорації та системи удобрення. *Зб. наук. праць ННЦ «ІЗ УААН»*. 2009. Вип. 1–2. С. 3–8.
6. Мазур Г. А., Ткаченко М. А., Кондратюк І. М. Зміна потенційної родючості сірого лісового ґрунту за різного використання. *Землеробство*. 2020. Вип. 1 (98). С. 22–32.
7. Мазур Г. А., Ткаченко М. А., Янсе Л. В., Кондратюк І. М. Проведення хімічної меліорації на сірих лісових ґрунтах: науково-методичні рекомендації. Вінниця, 2020. 51 с.
8. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія / за ред. Я. М. Гадзала, В. Ф. Камінського. К.: Аграрна наука, 2016. 592 с.
9. Ткаченко М. А., Григора Т. І. Вплив побічної продукції на відтворення гумусу за органічного землеробства. *Зб. наук. пр. ННЦ «ІЗ НААН»*. 2013. Вип. 1–2. С. 10–15.
10. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів: моногр. Вінниця, 2019. 318 с.
11. Шикуча М. К. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні: моногр. К.: «Оранта». 2000. 389 с.
12. 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.
13. Effron D, Jimenez M, La Hora A. Capacidad de intercambio cationic al pH del suelo, para suelos acidos: metodo de determinacion. *Agrochimica*. 2000. Vol. 44. № ½. P. 61–68.
14. Edmeades D. C., Ridley A. M. Using limeto ameliorate topsoil and subsoil acidity. *Handbook of soil acidity*. New York, Marcel Dekker. 2003. P. 297–336.
15. Francis C. Organic Farming: The Ecological System. Madison. 2010. 343 p.
16. Heavy metals and organic compounds from wastes used as organic fertilisers. Annex 2—Compost quality definition—Legislation and standards. —Compost—Consulting & Development technical office for agriculture. Austria. July, 2004. 21 p.
17. Kaminskyi V., Tkachenko M., Malynovska I., Kondratiuk I., Pyndus V., Asanishvili N., Tkachenko A. Preservation of acid Haplic Luvisols fertility and agrocenosis productivity increase under organic farming conditions. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11(3). P. 328–335. doi: 10.15421/2021_180.
18. Mora M., Baeza G., Pizarro C., Demanet R. Effect of calcitic and dolomitic lime on physicochemical properties of a Chilean andisol. *Communic. in Soil. Sc. Plant Analysis*. 1999. Vol. 30. № ¾. P. 427–439.
19. Noble A. D., Cillman G. P. A cation exchange index for assessing degradation of acid soil by further acidification under permanent agriculture in the tropics. *Europ. J. Soil. Sc.* 2000. Vol. 51. № 2. P. 233–243.
20. Paradeloa R., Virtob I., Chenua C. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: *Environ.* 2015. 202. P. 98–107.

Ткаченко М.А., Кондратюк І.М., Процик В.Ю.

Відтворення потенційної родючості сірого лісового ґрунту за елементів технологій біологічного землеробства

Мета. Дослідити вплив елементів технологій біологічного землеробства, за яких відбувається відтворення потенційної та підвищення ефективної родючості сірого лісового ґрунту, мінімізація деградаційних процесів орного ґрунту. **Методи.** Польовий експеримент, лабораторні, аналітичні, математико-статистичні, порівняльно-розрахункові. **Результати.** Представлено наукове обґрунтування авторів на сутність відтворення потенційної родючості сірих лісових ґрунтів в північній частині Правобережного Лісостепу, її види і форми прояву, фактори підвищення та регулювання за елементів технологій біологічного землеробства. На основі багаторічних досліджень проведено аналіз показників родючості за фізико-хімічними,

агрохімічними властивостями у легкосуглинковому ґрунті, обґрунтовано комплекс агротехнологічних заходів і закономірностей спрямованих для попередження деградаційних процесів кислого сірого лісового ґрунту та збереження його родючості в агроценозі. Завдяки внесенню сидерату та вапнуванню у повній дозі за гідролітичною кислотністю – вміст гумусу на 7-й рік дії становив 1,70–1,76 %, відповідно запаси гумусу 51,0–52,8 т/га, а кількість обмінних катіонів у ГВК більше 80 %. Поєднання цих агрозаходів на сірому лісовому ґрунті не лише дозволило отримати зростання вмісту гумусу до 20 %, але забезпечило сприятливий поживний режим ґрунту – $N - 72,8$; $P_2O_5 - 19,3$; $K_2O - 88,5$ мг/кг ґрунту. Повторне внесення меліоранта повною дозою за гідролітичною кислотністю за поєднання з побічною продукцією та сидератом в орному шарі сірого лісового ґрунту забезпечує станом на 14-й рік післядії оптимальний рівень фізико-хімічних показників: гідролітична кислотність – 1,98 мг-екв/100 г ґрунту, $pH_{\text{сол}}$ ґрунтового розчину близький до нейтрального (5,4–5,6), вміст рухомого алюмінію – 0,16 мг/100 г ґрунту, а також підвищення продуктивності культур зерно-трав'яної сівозміни на 10–32 %. **Висновки.** За багаторічними дослідженнями висвітлено основні питання впливу елементів технології біологічного землеробства та доведено ефективність дії і післядії застосування періодичного вапнування у поєднанні з органічним удобренням. Наведено порівняльну продуктивність 7-пільної сівозміни за III та IV ротації на сірому лісовому ґрунті за елементів технологій біологічного землеробства, а також урожайність і якість пшениці озимої на 1-й рік дії меліоранта Отуа Calciprill.

Ключові слова: вапнування, вміст і запаси гумусу, кислотність, органічне удобрення, побічна продукція, сидерація.

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,

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

Kondratiuk I.M., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agro-Soil Science and Soil

Microbiology, NSC «ІЗ НААН», e-mail: irina_kondratjuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8953-8194.

Процик В.Ю., аспірант денної форми навчання, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: procuk1992@gmail.com, ORCID: 0009-0005-3953-942X.

Protsuk V.Yu., Postgraduate student of full-time form of study, NSC «IA NAAS», e-mail: procuk1992@gmail.com, ORCID: 0009-0005-3953-942X.

Надійшла 12.02.2024

SOYBEAN CULTIVATION IN SHORT ROTATION ORGANIC CROP ROTATION UNDER DIFFERENT FERTILISATION SYSTEMS

E.D. Savchenko

National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine» (Chabany, Ukraine)

Aim. To determine the impact of different types of organic fertilizer systems on the yield and quality of soybean seeds in a short-rotation crop rotation. **Methods.** Research is conducted at the Panfil Research Station of the National Scientific Center «Institute of Agriculture of NAAS» in a stationary experiment established in 2021 on typical low-humus chernozem. **Results.** According to the research results, soybean cultivation in a short-term organic crop rotation: soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) – spring wheat (*Triticum aestivum* L.) – common millet (*Panicum miliaceum* L.) with using different types of biological fertilizer was quite effective. Thus, the yield of soybean seeds, depending on the organic fertilization system, was in the range of 1.28–1.68 t/ha, with a protein and fat content of 39.50–41.55 and 18.67–21.25%, respectively. **Conclusions.** The maximum conditional net profit of 5.48 thousand UAH/ha with a profitability level of 144% was provided by the integrated use of by-products of the predecessor, green manure and «Bio-Hel» biofertilizer, at a dose of 3.0 l/ha. Thus, in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, soybeans are most rationally grown in a short-term organic crop rotation: soybeans – spring wheat – common millet with complex application of organic fertilizers.

Key words: crop, seeds, fertilisers, yield, protein, fat, conditional net profit, profitability.

Introduction. Food safety is the paramount concern in connection with Ukraine's accession to the World Trade Organization (WTO) and the penetration of foreign markets.

Highly developed countries have been pursuing the path of biological and ecological farming for several decades, which means they are implementing biological, bio-dynamic, organic, and other types of agricultural systems.

In Europe, biological farming as an independent direction was proposed by Lemaire-Boucher in 1964. In France, the first association was created, uniting more than 400 members (bio-farmers and cosmetic product manufacturers) [1]. In Ukraine, organic production has been developing since 1997 [2].

Analysis of recent research and publications. Soybean (*Glycine hispida* Maxim.) is the world's main grain legume crop, grown on an area of over 50 million hectares [3].

Soybeans seeds contain up to 50% protein, 24% carbohydrates, 1.8–7.0% fat, and a high content of essential amino acids and vitamins [4]. Soy protein, in terms of amino acid composition, is close to animal proteins and is well absorbed by humans and animals.

Soybeans seeds are used to produce sauces, milk, meat substitutes, cutlets, sausages, and other products.

Soybean oil contains 2–3% lecithin [5] and is widely used in food and the production of premium table margarine.

Soy enriches the soil with biological nitrogen, making it a valuable precursor for agricultural crops [6]. It is a valuable predecessor for virtually all agricultural crops. It should be noted that soy is not a traditional crop in Ukraine, but in recent years, its acreage has increased from 75–80 thousand hectares in 1990 to 1.78 million hectares in 2023 [7], placing our country among the top ten global soybean seed producers.

The global market value of organic soybeans in 2022 was estimated at 1.5 billion USD [8]. The prospects of growing soybeans under organic farming in Ukraine are related to the fact that significant profits are expected due to the increase in sown areas and seed exports to European countries and the constant growth in demand for organic products [9].

To successfully conduct organic production, it is crucial to ensure a sufficient level of soil fertility [10; 11]. Therefore, studying the effectiveness of biological crop rotations through the use of various organic fertilization systems (green manure, by-products of predecessors, bio-fertilizers) is relevant [12].

Table 1. Soybean seed yield and quality depending on fertilization system, average for 2022–2023

Fertilizer system	Yield, t/ha	Content in seeds, %	
		proteins	fats
P. p.* (control)	1.28	39.50	18.67
P. p. + green manure	1.51	40.25	19.84
P. p. + «Bio-Hel»	1.55	40.85	21.00
P. p. + green manure + «Bio-Hel»	1.68	41.55	21.25
LSD_{0,5}	0.05		

*Note. P. p. – by-products of predecessors.

Thus, studying the impact of organic fertilization systems on the yield and quality of crops in short-rotation crop rotations, particularly soybeans, in the Left-Bank Forest-Steppe conditions is timely and pertinent.

The research aims to determine the impact of different types of organic fertilizer systems on the yield and quality of soybean seeds in a short-rotation crop rotation.

Materials and methods. Research on the impact of different fertilization systems on soybean productivity in a short-rotation crop rotation (soybean – spring wheat – common millet) under organic seed production was conducted in a stationary experiment established in 2021 at the Panfil Research Station of the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences» in the zone of unstable moisture of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

The soil cover of the experimental plot is typical low-humus chernozem with coarse silt loam texture. The humus content in the arable layer ranges from 3.08–3.15 %.

The total area under the experiment is 0.30 hectares, with a sown area of 81 m² and a record area of 60 m². The method of laying the experiment is systematic. Replication is three-fold. The following varieties were sown in the experiment: soybeans Muza, spring wheat Rannia 93, and millet Omriiane, bred by the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences» and included in the State Register.

Results and discussion. The application of by-products of predecessors, green manure, bio-fertilizers, and their combinations positively influenced the yield and quality of soybean seeds (Table 1).

The highest yield of soybean seeds (1.68 t/ha) was provided by the application of by-products of predecessors (p. p.), green manure and bio fertilizer «Bio-Hel», which is 0.40 t/ha or 23.8% more than in the control (by-products of predecessors). In the variants where the by-products of predecessors were combined with green manure and by-products of predecessors with bio-fertilizers, the yield increase was 0.23 and 0.27 t/ha or 18.0 and 21.1 %, respectively.

Organic fertilizers also influenced the quality indicators of soybeans seeds. The maximum amount of protein (41.55 %) and fat (21.25 %) was accumulated in the seeds under the complex application of fertilizers (by-products of predecessors + green manure + «Bio-Hel»), which is 2.05 % and 2.58 % more than in the control variant, respectively.

Analyzing the economic indicators of growing of soybean in a short rotation crop rotation in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe under different systems of organic fertilizers, it should be noted that the highest conditional net profit of 5.48 thousand UAH/ha at a profitability level of 144 %, provided a combination of by-products of the predecessor, green manure and bio fertilizers (Table 2).

Table 2. Influence of different fertilization systems on economic indicators for soybean cultivation, average for 2022–2023

Predecessor	Fertilization system	Cost of crop growth, thousand UAH	Costs of bio fertilizers, soil cultivation, thousand UAH	Net income, thousand UAH/ha	Profitability, %
Common millet	P. p.* (control)	0	0	0	0
	P. p. + green manure	5,90	2,0	3,90	195
	P. p. + «Bio-Hel»	6,88	1,7	5,18	305
	P. p. + green manure + «Bio-Hel»	9,28	3,8	5,48	144

The calculation is based on prices (organic production of soybean seeds) as of 01.11.2023 – 25.0 thousand UAH/t.

CONCLUSIONS

1. The average soybean seed yield for the 2022–2023 periods ranged from 1.28 to 1.68 tons per hectare. The highest yield of 1.68 tons per hectare was achieved in a short-rotation organic crop rotation system, where soybeans were planted after common millet and a comprehensive application of predecessor by-products, green manure, and the bio-fertilizer «Bio-Hel» at a rate of 3.0 liters per
2. The highest net profit of 5.48 thousand UAH per hectare, with a profitability level of 144%, was received for soybean cultivation in a 3-manure organic crop rotation system: soybean – spring wheat – common millet, with the complex use of by-products of the predecessor, as a fertilizer, sowing green manure and applying «Bio-Hel» bio fertilizer at a rate of 3.0 liters per hectare.

REFERENCES

1. Hadzalo Ya. M., Kaminskyi V. F. (2016). *Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini. [Scientific bases of organic production in Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
2. Kaminskyi V. F., Saiko V. F. (2013). *Stratehiia rozvytku adaptivnykh system zemlerobstva i ahrotekhnologii v Ukraini. Adaptivni systemy zemlerobstva i suchasni ahrotekhnologii – osnova ratsionalnoho zemlekorystuvannia, zberezhenia i vidtvorennia rodiuchosti gruntiv. [Strategy of development of adaptive systems of agriculture and agrotechnologies in Ukraine. Adaptive farming systems and modern agrotechnologies are the basis of rational land use, preservation and reproduction of soil fertility]*. Kyiv: VP «Edelweis» [in Ukrainian].
3. Zinchenko O. I. (2016). *Roslynyystvo [Plant growing]*. Uman: Vydavets «Sochinskyi M. M.» [in Ukrainian].
4. Chornolaha L. (2018). *Kormova tsinnist proteinu ta zhyru nasinnia soi. Suchasne tvarynyystvo [Feed value of soybean protein and fat. Modern animal husbandry]*. URL: <https://agribusiness.com.ua/agro/suchasne-tvarynyystvo/item/11332-kormova-tsinnist-proteinu-ta-zhyru-nasinnia-soi>. Html [in Ukrainian].
5. Toralf R., Kravchenko A., Prokopchuk N. ta in. (2014). *Orhanichna soia [Organic soy]*. Kyiv: Doslidnyi instytut orhanichnoho silskoho hospodarstva (FiBL) [in Ukrainian].
6. Babych A. O., Babych-Poberezhna A. A. (2008). *Seleksiia i vyrobnytstvo soi v Ukraini [Breeding and production of soybeans in Ukraine]*. Vinnytsia [in Ukrainian].
7. Sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy. URL: www.ukrstat.gov.ua.
8. *Hlobalnyi i vnutrishnii rynky soi [Global and domestic soybean markets]*. URL: <https://agribusiness.com/ua/agro/ekonomichni-hektar/item/25235-hlobalnyi-i-vnutrishnii-rynky-soi.html> [in Ukrainian].
9. Lukianyk M. M. (2021). *Investytsiine zabezpechennia rozvytku vyrobnytstva orhanichnoi produktsii [Investment support for the development of production of organic products]: zvit pro naukovo-doslidnu robotu. Instytut silskoho hospodarstva Zakhidnoho Polissia, 21–25 [in Ukrainian]*.
10. Litvinov D. V. (2015). *Ahrobiolohichni osnovy pidvyshchennia efektyvnosti korotkorotatsiinykh sivozmin Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Agrobiological basics of increasing the efficiency of short-rotational crop rotations of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine]: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia doktor s-h nauk: spets. 06.01.01 «Zahalne zemlerobstvo»*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Tsvei Ya. P. (2015). *Formuvannia rodiuchosti hruntu v korotkorotatsiinykh sivozminakh Lisostepu [Formation of soil fertility in short-rotational crop rotations of the Forest Steppe]*. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk «Zemlerobstvo» – Interdepartmental thematic scientific collection «Agriculture»*. Kyiv: VP «Edelweis», 1, 56–59 [in Ukrainian].
12. Boiko P. I., Kovalenko N. P. (2003). *Problemy ekolohichno vrvnovazhenykh sivozmin. [Problems of ecologically balanced crop rotations]*. *Visnyk ahrarnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 8, 9–13. [in Ukrainian].

ЛІТЕРАТУРА

1. Наукові основи органічного виробництва в Україні: моногр. / за ред. від Я. М. Гадзало, В. Ф. Камінський. Київ: Аграрна наука, 2016. 592 с.
2. Камінський В. Ф., Сайко В. Ф. Стратегія розвитку адаптивних систем землеробства та агротехнологій в Україні. Адаптивні системи землеробства та

- сучасні агротехнології – основа раціонального землекористування, збереження та відновлення родючості ґрунтів. Київ: ВП «Едельвейс», 2013. С. 5–24.
3. Зінченко О. І. Рослинництво: підручн., 3-тє вид., перероб. і допов. Умань: Вид-во «Сочінський М. М.», 2016. 612 с.
 4. Чорнолага Л. Кормова цінність протеїну та жиру в насінні сої. Сучасне тваринництво. 2018. URL: <https://agribusiness.com.ua/agro/purchase-tvarynnystvo/item/11332-kormova-tsinnist-proteinu-ta-zhyrunasinnia-soi.html>.
 5. Organic Soybeans / R. Toralf et al.; вид. А. Кравченко, Н. Прокопчук. Київ: НДІ органічного сільського господарства (FiBL), 2014. 16 с.
 6. Бабич А. О. Селекція та виробництво сої в Україні. Вінниця, 2008. 215 с.
 7. Сайт Державної служби статистики України. URL: www.ukrstat.gov.ua.
 8. Світовий та внутрішній ринки сої. URL: <https://agribusiness.com.ua/agro/ekonomichni-hektar/item/25235-hlobalnyi-i-vnutrishnii-rynky-soi.html>.
 9. Лук'яник М. М. Інвестиційне забезпечення розвитку органічного виробництва: Звіт про наук. дослідж. Інститут сільського господарства Західного Полісся, 2021. С. 21–25.
 10. Литвинов Д. В. Агробіологічні основи підвищення ефективності короткоротаційних сівозмін у Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. д. с.-г. Литвинова Д. В. дис. Київ, 2015. 42 с.
 11. Цвей Я. П. Формування родючості ґрунтів у короткоротаційних сівозмінах Лісостепу. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Сільське господарство. 2015. Вип.1. С. 56–59.
 12. Бойко П. І., Коваленко Н. П. Проблеми екологічно збалансованих сівозмін. Вісник аграрної науки. 2003. № 8. С. 9–13.

Є.Д. Савченко

Вирощування сої в короткоротаційній органічній сівозміні за різних систем удобрення

Мета. Визначити вплив різних систем органічного удобрення на врожайність та якість насіння сої у короткоротаційній сівозміні. **Методи.** Дослідження проводяться на Панфільській дослідній станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» у стаціонарному досліді, встановленому у 2021 р. на чорноземі типовому малогумусному. **Результати.** За результатами досліджень встановлено, що вирощування сої в короткоротаційній органічній сівозміні: соя (*Glycine max (L.) Merrill*) – пшениця яра (*Triticum aestivum L.*) – просо (*Panicum miliaceum L.*) із застосуванням різних видів удобрення біологічного спрямування було досить ефективним. Так, врожайність насіння сої, залежно від системи органічного удобрення була в межах 1,28–1,68 т/га, з умістом білка, протеїну та жиру – 39,50–41,55; 48,95–51,49 та 18,67–21,25 % відповідно. **Висновки.** Максимальний умовно чистий прибуток 5,48 тис. грн/га за рівня рентабельності 144% забезпечувало комплексне застосування побічної продукції попередника, сидератів і біодобрив «Біо-Гель» у дозі 3,0 л/га. Отже, в умовах Лівобережного Лісостепу України сою найбільш раціонально вирощувати у короткоротаційній органічній сівозміні: соя – пшениця яра – просо за комплексного внесення органічних добрив.

Ключові слова: культура, насіння, добрива, урожайність, білок, жир, умовно чистий прибуток, рентабельність.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Савченко Є.Д., аспірант, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: evgensavchenko360@gmail.com, ORCID: 0009-0005-3295-4268.

Savchenko E.D., postgraduate, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: evgensavchenko360@gmail.com, ORCID: 0009-0005-3295-4268.

Надійшла 08.03.2024

EFFICIENCY OF SPRING WHEAT CULTIVATION IN SHORT-ROTATION ORGANIC CROP ROTATION UNDER LEFT-BANK FOREST-STEPPE CONDITIONS

S.D. Savchenko

National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine» (Chabany, Ukraine)

Aim. To determine the impact of predecessors and different types of organic fertilizer systems on the yield and quality of spring wheat grain in a short-rotation crop rotation and its economic efficiency of its cultivation. **Methods.** The technology for growing crops is generally accepted and recommended for the zone of research, permissible in organic farming. The experiment sows varieties and hybrids of crops listed in the State Register. **Results.** According to the research results, conducted in the stationary field experiment on the study of short-rotation organic crop rotations on typical chernozem with unstable moisture in the Left-Bank Forest-Steppe in 2022–2023, it was found that the yield of spring wheat grain grown in crop rotation soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) – spring wheat (*Triticum aestivum* L.) – buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) depending on various types of organic fertilization ranged from 2.22 to 3.08 t/ha with a protein content of 13.53–14.14%, gluten content of 29.00–32.17%, and fat content of 1.78–2.02%, respectively. **Conclusions.** The maximum conditional net profit of 6.89 thousand UAH/ha with a profitability level of 181% was provided by the comprehensive application of organic fertilizers, which includes the incorporation of the by-products of the predecessor, green manure sowing, and bio fertilizers «Bio-Hel» at a dose of 3.0 l/ha.

Key words: crop, fertilizers, yield, grain quality, economic efficiency, profitability.

Introduction. The main goal of modern agricultural production is to ensure the population is provided with high-quality food products while preserving the environment. Therefore, it is essential to reduce the negative impact of agricultural production on the environment, which is associated with the depletion of natural resources and their pollution due to the use of foreign resources in the agricultural sector (pesticides, mineral fertilisers, and GMOs).

The intensification of the economic crisis against the backdrop of environmental problems requires agribusinesses to urgently and radically change the technologies for growing agricultural crops towards their ecological sustainability and resource conservation while ensuring profitable production.

Ensuring producers of organic products with scientifically grounded, competitive cultivation technologies adapted to regional conditions is a pressing issue in the current environment.

Analysis of recent research and publications. Agro ecological challenges drive scientists worldwide to seek alternative farming systems. Many renowned researchers believe that organic farming - which produces

environmentally safe agricultural products, represents an «alternative» approach to agriculture. This method avoids synthetic chemical fertilizers and pesticides, ensuring a closed production cycle that leads to natural and resource-saving effects [1–3].

Agriculture and crop production, which prioritize biological and agro technical methods, have recently been termed biological farming. This farming system is also referred to as alternative, ecological, organ-biological, or ANOG (the Association for the Cultivation of Organic Fruit, Vegetables and Field Crops) system in the literature. Despite the different terminologies, the core principle remains the same - producing environmentally clean products and preserving environmental purity [4].

Organic agricultural production is especially significant for dietary and children's nutrition, where crop rotations play a crucial role.

Spring wheat is one of the primary food crops used in the baking industry to produce high-quality bread and bakery products (soft varieties), and for making pasta, noodles, and semolina (hard varieties). Its grain contains 14–18% protein and up to 40% gluten [5; 6].

Spring wheat is widely used as an insurance crop in case of the need to reseed dead winter wheat [7; 8].

In 2013, before the onset of war and occupation of part of the country, the sown area of spring wheat was 160.2 thousand hectares, in 2021 – 192.1 thousand hectares, and in 2023, Ukrainian farmers sowed 285 thousand hectares [9].

The limited cultivation of spring wheat in Ukraine is due to its lower yield compared to winter wheat. However, recent years have seen the introduction of new spring wheat varieties that provide grain yields of up to 5.0–6.0 tons per hectare [5].

NAAS agrarian scientists recommend expanding the area under spring wheat to 1 million hectares [10; 11].

To increase the yield of spring wheat, especially in organic farming, the use of organic fertilizers (straw, green manure, etc.) and certified biofertilizers in cultivation technologies is becoming increasingly important [8].

Therefore, studying the impact of different types of organic fertilisers on the yield and quality of agricultural crops in short-rotation crop rotations, particularly spring wheat, in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe, is relevant and timely.

The aim of the research is to determine the influence of predecessors, different types of organic fertiliser on the yield and quality of spring wheat grain in a short rotation crop rotation and its economic efficiency of its cultivation.

Materials and methods. The research on the influence of precursors and organic fertilisation systems on the yield and quality of spring wheat in short-rotation crop rotation (soybean – spring wheat – buckwheat) was conducted in the subzone of unstable moisture of the Left-Bank Forest-Steppe at the Panfil Research Station of the NSC «IA NAAS» in a field stationary experiment during 2022–2023. The soil cover of the experimental plots is typical low-humus heavy loam, chernozem. The humus content

in the 0–20 cm soil layer varies from 3.46 to 3.72%, and in the 20–40 cm layer - from 3.09 to 3.46%.

The experiment was conducted in triplicate, with a plot area of 81 m² and a recorded area of 60 m². The arrangement of plots was systematic. The Agricultural technology in the experiment were generally accepted and recommended for the research area.

The varieties and hybrids of agricultural crops, listed in the State Register, were sown in the experiment.

Results and discussion. According to the results of the short-rotation crop rotation research, it was found that the yield of the studied crops depended on the crop rotation factor and the use of different types of organic fertiliser, namely by-products of predecessors, green manure, biofertilizers, and their combination, which had a positive effect on the yield and quality of spring wheat grain.

The yield of spring wheat in the studied short rotation crop rotation depended on fertilisation systems with the highest value for the combination of different types of organic fertilisers and was 3.08 t/ha, which is 0.68 t/ha or 39% more than when applying only the by-products of the predecessor (control). The introduction of green manure with green manure and liquid organic fertiliser «Bio-Hel» under the crop ensured the yield of spring wheat at the level of 2.69 and 2.84 t/ha, respectively, which is 0.47 and 0.62 t/ha or 21 and 28% more compared to the control, where the yield of the crop was 2.22 t/ha (Table 1).

Under the comprehensive application of biofertilizers (by-products of the predecessor crop, green manure, and «Bio-Hel»), the protein content in the spring wheat grain was at the level of 14.14%, gluten content was 32.17%, and fat content was 2.02%, which is 0.61% more protein, 3.17% more gluten, and 0.24% more fat than in the control. The application of the predecessor crop by-products with green manure and with liquid organic fertiliser «Bio-Hel» ensured a protein content in spring

Table 1. Yield and quality of spring wheat grain depending on the organic fertilisation system, average for 2022–2023

Fertilizer system	Yield, t/ha	Content in seeds, %.		
		proteins	gluten	fats
P.p.* (control)	2,22	13,53	29,00	1,78
P.p. + green manure	2,69	13,63	28,23	1,84
P.p. + «Bio-Hel»	2,84	13,85	28,98	1,90
P.p. + green manure + «Bio-Hel»	3,08	14,14	32,17	2,02
LSD_{0.5}	0,28–0,29			

*Note. P.p. – by-products of predecessors.

Table 2. Indicators of economic efficiency of spring wheat cultivation, with different types of organic fertilization, average for 2022–2023

Predecessor	Fertilization system	Cost of crop growth, thousand UAH	Costs of bio fertilizers, soil cultivation, thousand UAH	Net income, thousand UAH/ha	Profitability, %
Soybean	P.p.* (control)	0	0	0	0
	P.p. + green manure	5,82	2,0	3,82	191
	P.p. + «Bio-Hel»	7,69	1,7	5,99	352
	P.p. + green manure + «Bio-Hel»	10,69	3,8	6,89	181

*Note. P.p. - by-products of predecessors.

wheat grain at the level of 13.63 % and 13.85 %, and gluten content at 28.23 % and 28.98 % level, respectively (Table 1).

The economic efficiency indicators of the studied short-rotation organic crop rotation were directly dependent on different types of biological fertilization. Thus, the comprehensive application of organic fertilizers, which includes ploughing in the by-products of the predecessor crop, green manure, and applying liquid bio fertilizer «Bio-Hel», ensured the highest conditional net profit from the spring wheat production at the level of 6.89 thousand UAH/ha, with a profitability of 181 % (Table 2).

The application of predecessor crop by-products with green manure ensured a conditional net profit at the level of 3.82 thousand UAH/ha, with a profitability level of 191 %.

The highest profitability of cultivation of spring wheat in a short organic crop rotation, was achieved by applying the by-products of the predecessor crop with the use of

liquid bio fertilizer «Bio-Hel» at a dose of 3.0 l/ha, where this indicator was within 352% (Table 2).

CONCLUSIONS

It has been established that in the subzone of unstable moisture of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, spring wheat grown in a short-rotation organic crop rotation after soybean as a predecessor provided high grain quality and economic efficiency.

The average grain yield of spring wheat in 2022–2023 ranged from 2.22 to 3.08 t/ha. The highest yield (3.08 t/ha) was obtained with the integrated use of the predecessor's by-products, green manure and Bio-Hel bio fertilizer at a dose of 3.0 l/ha, with protein, gluten and fat content of 14.14%, 32.17% and 2.02%, respectively.

The highest notional net profit of 6.89 thousand UAH/ha with a profitability level of 181 % was provided by spring wheat cultivation in a 3-leaf organic crop rotation (soybeans – spring wheat – buckwheat) with complex application of biological fertilisers.

REFERENCES

- Pyndus V., Hutsalenko O., Omelchuk S. ta in. (2022). *Osnovy orhanichnoho roslynnystva [Basics of organic crop production]*. Naukovo-metodychni tsentr VFPO [in Ukrainian].
- Tsymbal Ya.S. (2022). Ekoloho-biolohichno zbalansovani sivozminy v orhanichnomu zemlerobstvi. *Naukovo-metodychni rekomendatsii «Vyrobnystvo orhanichnoi silskohospodarskoi produktsii v umovakh voiennoho stanu» [Scientific and methodological recommendations «Production of organic agricultural products under martial law»]* / za red. Ya.M. Hadzala. Vinnytsia: TOV «TVORY». P. 36–41 [in Ukrainian].
- Martyniuk I.V., Tsymbal Ya.S., Zadubynna Ye.V. (2021). Istoriiia rozvytku ta vprovadzhennia orhanichnoho vyrobnystva silskohospodarskoi produktsii [History of development and introduction of organic production of agricultural products]. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka – Agriculture and crop production: theory and practice*, 2, 40–46 [in Ukrainian].
- Ekolohichnyi entsyklopedychnyi slovnyk [Ecological encyclopedic dictionary]. (1999). Vydavnychi dim Noosfera [in Ukrainian].
- Zinchenko O.I. (2016). *Roslynnystvo [Plant growing]*. Uman: Vydavets «Sochinskyi M.M.» [in Ukrainian].

6. Rozhkov A.O. (2010). *Yara pshenytsia u Skhidnomu Lisostepu Ukrainy [Spring wheat in the Eastern Forest Steppe of Ukraine]* Kharkiv: «Maidan» [in Ukrainian].
7. Demydov O.A., Kavunets V.P., Siroshthan A.A. ta in. (2017). Pshenytsia miaka yara potrebuie uvahy [Spring wheat needs attention]. *Propozytsiia – Offer*, 1, 76–80 [in Ukrainian].
8. Melnyk S.I., Sytnyk V.P., Lazar T.I. ta in. (2006). *Rekomendatsii po vyroshchuvanniu yaroi pshenytsi v Lisostepu Ukrainy [Recommendations for growing spring wheat in the forest-steppe of Ukraine]*. Kharkiv [in Ukrainian].
9. Sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy. URL: www.ukrstat.gov.ua.
10. Usov O.S., Manko K.M. (2015). Osoblyvosti formuvannia vrozhaivosti pshenytsi tverdoi yaroi zalezho vid poperednyka ta osnovnoho obrobittku gruntu [Peculiarities of forming the yield of durum spring wheat depending on the predecessor and the main tillage]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv – Scientific works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 23, 70–75 [in Ukrainian].
11. Shuvar I.A., Bunchak O.M., Sendetskyi V. . ta in. (2015). *Vyrobnytstvo ta vykorystannia orhanichnykh dobryv [Production and use of organic fertilizers]* Ivano-Frankivsk: «Symfoniia forte» [in Ukrainian].
12. Shuvar I.A., Hudz V.P., Pecheniuk V.I. ta in. (2011). *Obrobittok gruntu v adaptivno-landshaftnykh systemakh zemlerobstva [Tillage in adaptive landscape farming systems]*. Lviv: Ministerstvo ahrarynoi polityky ta prodovolstva Ukrainy, Lvivskyi Natsionalnyi ahraryni universytet. NVF «Ukrainski tekhnolohii» [in Ukrainian].

ЛІТЕРАТУРА

1. Пиндус В., Гуцаленко О., Омельчук С. та ін. Основи органічного рослинництва. Науково-методичний центр ВФПО, 2022. 327 с.
2. Екологічно та біологічно збалансовані сівозміни в органічному землеробстві: наук.-метод. реком. «Виробництво органічної сільськогосподарської продукції в умовах воєнного стану» / за ред. Ю.М. Гадзала. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2022. С. 36–41.
3. Мартинюк І.В., Цимбал Я.В. С., Задубинна Є. В. Історія розвитку та впровадження органічного сільськогосподарського виробництва. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2021. Вип. 2. С. 40–46.
4. Екологічний енциклопедичний словник. Видавництво «Ноосфера», 1999. 930 с.
5. Зінченко О.І. Рослинництво. Умань: Вид-во «Соцінський М.М.», 2016. 612 с.
6. Рожков А.О. Яра пшениця у Східному Лісостепу України: моногр. / за ред. М.А. Бобро / Харків: «Майдан», 2010. 232 с.
7. Демидов О.А., Кавунець В.П., Сіроштан А.А. та ін. Потребує уваги яра м'яка пшениця. *Пропозиція*. 2017. №1. С. 76–80.
8. Мельник С.І., Ситник В.П., Лазар Т.І. та ін. Рекомендації щодо вирощування ярої пшениці в умовах Лісостепу України. Харків, 2006. 23 с.
9. Сайт Державної служби статистики України. URL: www.ukrstat.gov.ua.
10. Усов О.С., Манько К.М. Особливості формування врожаю ярої твердої пшениці залежно від попередника та основного обробітку ґрунту. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. Вип. 23. С. 70–75.
11. Шувар І.А., Бунчак О.М., Сендецький В.М. та ін. Виробництво та використання органічних добрив: моногр. Івано-Франківськ: Симфонія Форте, 2015. 596 с.
12. Шувар І.А., Гудзь В.П., Печенюк В.І. та ін. Обробіток ґрунту в системах адаптивного ландшафтного землеробства. Львів: Міністерство аграрної політики та продовольства України, Львівський національний аграрний університет. НВФ «Українські технології», 2011. 384 с.

Савченко С.Д.

Ефективність вирощування пшениці ярої в короткоротаційній органічній сівозміні в умовах Лівобережного Лісостепу

Мета. Встановити вплив попередників, різних видів органічного удобрення на урожайність і якість зерна пшениці ярої в короткоротаційній сівозміні та економічної ефективності її вирощування. **Методи.** Технологія вирощування сільськогосподарських культур загальноприйнята і рекомендована для зони проведення досліджень, дозволених у органічному землеробстві. У досліді висіваються занесені до Державного

реєстру сорти і гібриди сільськогосподарських культур. **Результати.** За результатами досліджень, проведених у стаціонарному польовому досліді з вивчення короткоротаційних органічних сівозмін на типових чорноземах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу в 2022–2023 рр., встановлено, що врожайність зерна пшениці ярої, вирощеної в сівозміні (соя (*Glycine max* (L.) Merrill) – пшениця яра (*Triticum aestivum* L.) – гречка (*Fagopyrum esculentum* Moench)), залежно від різних видів органічного удобрення була в межах від 2,22 до 3,08 т/га, з умістом білка – 13,53–14,14 %, клейковини – 29,00–32,17 % та жиру – 1,78–2,02 % відповідно. **Висновки.** Максимальний умовно чистий прибуток 6,89 тис. грн/га за рівня рентабельності 181 % забезпечувало комплексне застосування органічних добрив, яке передбачає внесення побічної продукції попередника, сидерального посіву та біодобрив «Біо-Гель» в дозі 3,0 л/га.

Ключові слова: культура, добрива, урожайність, якість зерна, економічна ефективність, рентабельність.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Савченко С.Д., аспірант, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: Cyava86@gmail.com, ORCID: 0009-0005-8453-4337.

Savchenko S.D., postgraduate, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: Cyava86@gmail.com, ORCID: 0009-0005-8453-4337.

Надійшла 08.03.2024

ГРУНТОВОДООХОРОННІ ЗАХОДИ ЗА ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СХИЛОВИХ АГРОЛАНДШАФТІВ

В.М. Повидало, О.М. Терещенко, В.М. Близнюк, Ю.П. Близнюк

ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)

Мета. Визначити ефективність ґрунтоводоохоронних заходів використання схилових земель шляхом формування сіяних і природних лучних травостой. **Методи.** Польовий – для спостереження за ростом і розвитком рослин, формуванням врожайності; вимірально-ваговий – для визначення врожайності трав; статистичний – для встановлення достовірності отриманих результатів досліджень. **Результати.** Розроблено ґрунтоводоохоронні заходи щодо раціонального використання земель сільськогосподарського призначення з урахуванням екологічних чинників. Запропоновано напрями використання сільськогосподарських угідь шляхом формування сіяних і природних лучних агроценозів, що базуються на еколого-біологічному підході до розробки і застосування на практиці ефективних прийомів їх створення та раціонального використання. Визначено заходи, які спрямовані на покращання якісного стану еродованих ґрунтів, шляхом розширення площ природних кормових угідь, що є дієвим заходом їх поліпшення в боротьбі з водною ерозією ґрунту та забезпечують урожай сухої речовини 6,5–7,8 т/га, і кореневої маси 7,5–9,5 т/га, а отже сприяють відтворенню родючості ґрунту. **Висновки.** Встановлено ефективність ґрунтоводоохоронних заходів використання деградованих земель шляхом їх залуження, що зумовлює зменшення розвитку ерозійних процесів, екологічного ризику, поліпшення кормової бази тваринництва за рахунок розширення площ природних кормових угідь.

Ключові слова: деградовані і малопродуктивні землі, залуження, природні кормові угіддя, продуктивність, емісія CO₂.

Вступ. Охорона та раціональне використання сільськогосподарських земель – один із пріоритетів державної політики в аграрній сфері, що зумовлює необхідність пошуку шляхів забезпечення відповідного наукового супроводу комплексу заходів, спрямованих на збереження родючості земель, підвищення продуктивності сільськогосподарських агроландшафтів, зокрема схилових [1–3].

Еколого-ландшафтний підхід до землевпорядкування визначає потребу в розгляді будь-якого землекористування переважно як сукупності ландшафтних одиниць. Організація території сільськогосподарських підприємств на еколого-ландшафтній основі забезпечить значне зменшення втрати родючості ґрунтів та зростання врожаю сільськогосподарських культур. Це зумовлює створення максимально можливої екологічної різноманітності в ландшафтах [4].

У зв'язку з цим назріла необхідність у розробленні принципово нової доктрини раціонального ґрунтоводоохоронного природокористування, враховуючи

сучасні умови використання земель сільськогосподарського призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні агроландшафти – це складна система, що створена з різних елементів агроєкосистеми (рілля, пасовища, сіножаті тощо) і розташованих між ними незначних ареалів, лісів, чагарників, природних лук, боліт. До того ж формуються агроєкосистеми різного рівня антропогенної трансформації. Однією з особливостей сучасного агроландшафту є спрощення біологічної системи, порушення біохімічних і фізичних процесів, які повинні відновлювати його потенційну продуктивність.

Потреба в поліпшенні екологічної ситуації в Україні набуває дедалі більшої актуальності, та з урахуванням сучасних змін постає необхідність у розробленні принципово нової стратегії використання схилових земель сільськогосподарського призначення, яка б поряд з отриманням врожаю забезпечувала поліпшення екологічного стану навколишнього середовища. Для поліпшення системи землекористування



Рис. 2. Варіанти досліді: І – сінокіс; ІІ – спонтанно відновлювальний травостій

продуктивних екологічно стійких трав'янистих екосистем за двома способами (технологіями) їх використання: (Вар. І) – сінокіс (стартовий сійний травостій з 2–3-разовим скошуванням зеленої маси на сіно), (Вар. ІІ) – спонтанно відновлювальний травостій – «переліг» (без скошування рослинної маси трав'янистого біоценозу) (рис. 2).

На варіанті досліді з сінокісним використанням (вар. І) в період закладання досліді після проведення поверхневого обробітку проводили безпокровне весняне висівання травосумішки багаторічних трав у складі: люцерни синьогібридної, тимофіївки лучної, пажитниці багаторічної, стоколосу безостого.

За спонтанно відновлювального травостою (вар. ІІ) висівання аналогічної травосумішки проводили у дернину аборигенної рослинності навесні, після танення снігу.

Дослідження виконували за методикою Інституту кормів НААН (Бабич А. О., 1994) [9]. Облік урожаю проводили шляхом скошування та зважування зеленої маси з облікової площі. Урожайні дані обробляли дисперсійним методом (В.О. Ушкаренко) [10]. Перерахунок на абсолютно суху масу проводили за висушування пробного снопа вагою 0,5 кг зеленої маси за температури 105 °С до постійної ваги. Нагромадження кореневої маси визначали після відбору ґрунтових проб стаканом розміром 516,9 см³ на глибині 0–20 см у чотирикратному повторенні з наступним відмиванням на ситах діаметром 0,25 мм і зважуванням у повітряно-сухому стані.

Моніторинг емісії CO₂ з ґрунту здійснювали в польових умовах упродовж вегетаційного періоду. Для

вимірювання продукування діоксиду вуглецю ґрунтом використовували польовий метод абсорбції CO₂, відомий як метод Штатнова у модифікації Б. Н. Макарова [11; 12].

Результати та їх обговорення. Фітомеліоративні заходи спрямовані на поліпшення ґрунтових характеристик угідь із подальшим їх повернення в сільськогосподарський фонд, після відновлення, а головне – створення екологічно збалансованої системи землекористування.

Найбільш дієвим заходом для зменшення руйнівної дії зливових і талих вод на полях, розвитку ерозійних процесів ґрунтів є залуження багаторічними травами, які мають добре розвинену кореневу систему, яка на поверхні ґрунту утворює дернину, що виконує ґрунтозахисну та водоутримувальну функцію, тобто захищають ґрунт від розмивання та випаровування вологи.

На основі польових експериментальних досліджень було сформульовано теоретичні положення та основні принципи складання травосумішок для залуження. Залуження порушених земель водною ерозією забезпечить стійку тенденцію поліпшення показників родючості та характеристик поживного режиму ґрунту та дасть можливість господарству інтенсифікувати використання земель. Залуження схилених земель лучними угрупованнями – один із найпростіших заходів щодо швидкого відновлення потенційної родючості.

Продуктивність таких травостоїв значною мірою залежить від правильного добору компонентів до травосумішок з урахуванням їхньої стійкості

до несприятливих екологічних та кліматичних умов розвитку.

Злакові і бобові травостої мають певну відмінність, яка зумовлена неоднаковою потребою у поживних речовинах, що спричинено різною кореневою системою, а звідси – й різною здатністю засвоювати поживні речовини з ґрунту та темпів їх використання. Зокрема, бобові трави завдяки наявності на кореневій системі симбіотичного азотфіксуючого апарату або симбіозу з бульбочковими бактеріями, позитивно реагують на внесення лише фосфорних і калійних добрив. Злакові травостої потребують внесення азотних добрив. Компоненти що спільно ростуть, тобто бобово-злакові травостої в лучних угрупованнях доповнюють один одного і певною мірою забезпечують себе самі поживними елементами.

Аналіз рослинного покриву спонтанно відновлювального травостою показав, що на варіантах досліді на дев'ятому році заростання налічувалося 28 видів рослин та 29 видів – на варіанті сінокісного використання трав'янистих біоценозів. Встановлено, що ступінь проективного покриття досліджуваних варіантів травостою на варіанті сінокісного використання найбільшою мірою представлений видами родини злакових – 69% та різнотрав'я – 26%. Бобовий компонент на означеному виді травостою сягав лише 5%. На варіанті спонтанно відновлювального травостою найбільшу частку становило різнотрав'я – 64%. Злакові види були представлені на рівні 36%, за повної відсутності бобового компоненту.

Проведеними дослідженнями щодо накопичення вологи у ґрунті та визначення ефективності впливу різних способів використання встановлено, що на час відновлення вегетації в 0–100 см шарі ґрунту було накопичено найбільші вологозапаси, що становили 109–114 мм відповідно (табл. 1).

Тобто, залужені схили маси краще затримують сніг і весняну талу воду та ефективно використовують вологу дощів. Це має велике значення, оскільки

ґрунти схилів втрачають багато вологи за рахунок водного стоку.

Визначеннями встановлено, що впродовж вегетаційного періоду краще поглинав воду спонтанно відновлювальний травостій, а також виконував важливу гідрологічну функцію щодо переведення поверхневого стоку від сніготанення та зимово-весняних опадів у внутрішньогрунтовий.

Встановлено, що провідну роль у накопиченні та збереженні вологи в ландшафтних утвореннях відіграє передусім спосіб використання, що забезпечує на поверхні поля травостій без його скошування, зменшуючи відповідно поверхневий стік, інфільтрацію, випаровування та інші непродуктивні витрати вологи. Тому, рослинність зменшує швидкість поверхневого стікання води, що позитивно впливає на зменшення еродуючої дії потоків та збільшення водопоглинальної здатності ґрунтів, тим самим позитивно впливаючи на підвищення протиерозійної стійкості ґрунтів ерозійно небезпечних земель.

За результатами проведених досліджень впродовж 2021-2022 рр., за сінокісного способу використання було отримано середньорічний урожай зеленої маси травостою 25,0 т/га, за спонтанно відновлювального способу 29,0 т/га відповідно (табл. 2). Збір сухої речовини було отримано вищий за спонтанно відновлювального використання, що перевищувало сінокісне використання в 1,2 раза.

У наших дослідженнях визначали нагромадження сухої кореневої маси, яка варіювала в межах від 7,5 до 9,5 т/га, що запобігає ерозії ґрунтів на схилах. Найбільше кореневої маси нагромаджувалося за спонтанно відновлювального травостою, перевищуючи сінокісне використання на 26 %. Під час аналізу накопичення основних поживних елементів у сухій кореневій масі, шару ґрунту 0 – 20 см, у суміші трав залежно від їх використання співвідношень N, P, K встановлено, що вміст азоту в сухому корінні варіював у межах 1,02 – 1,28 %, фосфору в межах

Таблиця 1. Запаси продуктивної вологи в 1-м шарі ґрунту на залуженому полі, середнє за 2021-2022 рр., мм

Відбір	Сіятий травостій (ділянка № 1)			Спонтанно відновлювальний травостій (ділянка № 2)		
	0–20	0–50	0–100	0–20	0–50	0–100
Шар ґрунту	0–20	0–50	0–100	0–20	0–50	0–100
Весняний відбір	27	60	114	24	57	109
Літній відбір	13	26	49	14	31	58
Середнє за вегетацію	20	43	81	19	44	84

Таблиця 2. Продуктивність залужених травостоїв за різних способів їх використання, середнє за 2021-2022 рр.

Травостій	Зелена маса, т/га	Суха речовина, т/га	Суха коренева маса, т/га	Накопичення у коренях, кг/га		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сінокіс	25,0	6,5	7,5	53	19	35
Спонтанно відновлювальний травостій	29,0	7,8	9,5	79	24	51

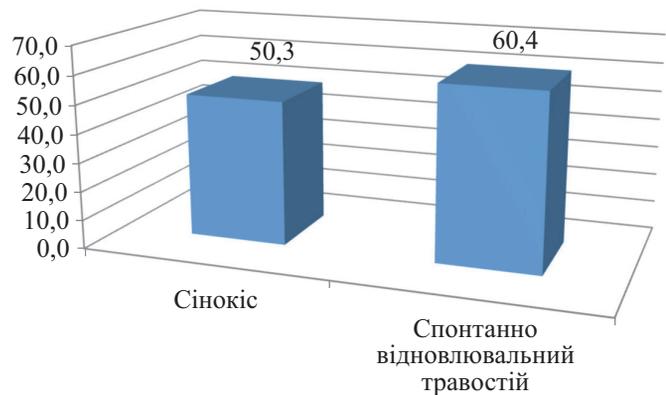
0,17 – 0,22%, а калію – 0,82 – 1,01 %. Аналіз показників накопичення в сухому корінні злакового травостою азоту показав, що його на 1 га нагромаджувалось у межах 53 – 79 кг/га, фосфору 19–24 та калію 35–51 кг/га, тобто значно покращується родючість ґрунту схилених агроландшафтів.

Дослідженнями встановлено ефективність ґрунтоводоохоронних заходів шляхом консервації схилених земель, відмічено незначний розвиток стоку поверхневих вод внаслідок сніготанення, так і зливого стоку, що сприяє запобіганню подальшій деградації ґрунтів. Дослідні ділянки на період 2022 р. характеризувалися покращанням якісних показників ґрунту, порівняно із початковим періодом, забезпеченістю азотом – 58,0–63,0 мг/кг; підвищенням – рухомих фосфором 148–153 мг/кг та обмінним калієм 122–124 мг/кг ґрунту. Уміст гумусу в орному шарі підвищився до 1,39 %, або збільшився на 20 %, рН_{сол.} – 5,8.

Сучасна еколого-економічна ситуація в Україні вказує на необхідність впровадження ефективних способів використання схилених агроландшафтів та переходу до стійкого екологічно збалансованого типу. Екологізація повинна охопити усі сфери сільськогосподарської діяльності, збереження якості навколишнього середовища і раціонального використання природно-ресурсного потенціалу.

Для визначення шляхів найбільш раціонального способу використання схилених деградованих ґрунтів та створення екологічно збалансованої системи землекористування проводили визначення виділення CO₂ на травостоях за різних способів їх використання (рис. 3).

Встановлено, що на типовому чорноземі сильнозмитому за сінокісного використання (2-3-разовим скошуванням) інтенсивність виділення CO₂ становила 50,3 кг/га за добу, що в 1,2 раза, або на 20 % було меншим в порівнянні з перелогом. Слід зазначити, що інтенсивність емісії CO₂ кореневою системою та ґрунтом були майже однакові (1:1). Щодо різниці між способами використання, то виявлені відмінності у виділенні вуглекислого газу є цілком

**Рис. 3. Виділення CO₂ ґрунтом залежно від способів використання, кг/га за 1 добу**

закономірними. Підвищення параметрів цього показника на перелозі спричинили рештки, які розташовані на поверхні ґрунту, що призвело до їх більшої мінералізації та виділення вуглекислого газу.

Висновки

Наведено результати наукових досліджень, які були проведені у стаціонарному польовому досліді на типовому чорноземі сильнозмитому. Найбільш дієвим ґрунтоводоохоронним заходом використання, відтворення та підвищення родючості схилених деградованих земель є виведення з інтенсивного сільськогосподарського використання деградованих і малопродуктивних земель.

Залуження сильнозмитих схилених агроландшафтів істотно накопичують ґрунтову вологу в 0–100 см шарі ґрунту на рівні 81–84 мм, що є дієвим заходом їх покращання в боротьбі з водною ерозією ґрунту та забезпечують у середньому врожай сухої речовини 6,5–7,8 т/га, кореневої маси 7,5–9,5 т/га, що зумовлює зменшення розвитку ерозійних процесів, відтворенню родючості екологічного ризику за рахунок розширення площ природних кормових угідь.

Збереження екологічної стабільності схилених агроландшафтів залежить від способів їх використання, так за сінокісного використання відмічено зниження виділення CO₂ на 20 %, порівняно із спонтанно відновлювальним травостоєм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Панас Р.М. Рациональне використання та охорона земель: навч. посібн. Львів: Новий Світ-2000, 2008. 352 с.
2. Про охорону земель: Закон України від 19 червня 2003 р. № 962-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>.
3. Коломієць Л.П., Шевченко І.П., Повидало В.М., Терещенко О.М., Шквир І.М. Заходи з відновлення земель сільськогосподарського призначення порушених унаслідок воєнних дій. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 10 (847). С. 55–61. Doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-08>
4. Гунько Л.А. Економічні проблеми розвитку галузей та видів економічної діяльності /Л.А. Гунько, О.В. Глобенко. Формування ринкових відносин в Україні. 2015. №9 (172). С. 117–120.
5. Вірченко В.В. Методичні і методологічні підходи щодо вилучення малопродуктивних і деградованих земель з метою поліпшення екологічної ситуації. *Вісник ХНАУ*. 2004. №1. С. 277–279.
6. Al-Juthery Nayyawi W.A., Ali E.A.H.M., Al-Ubori Rafid N. et al. Role of foliar application of nanonpk, micro fertilizers and yeast extract on growth and yield of wheat. *Int. J. Agricult. Stat. Sci.* 2020. V.16.1. P. 1295–1300. doi: 10.13140/RG.2.2.17397.19685.
7. Земельний кодекс України стаття 172. Консервація деградованих, малопродуктивних і техногенно забруднених земель: URL:https://kodeksy.com.ua/zemel_nij_kodeks_ukraini/statja-172.htm.
8. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25 червня 1991 р. № 1264-ХІІ. *Відомості Верховної Ради України*. 1991. № 41. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>.
9. Бабич А.О. Методика проведення дослідів з кормовиробництва та годівлі тварин. Київ, 1994. 80 с.
10. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : навч. посіб. / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2009. 372 с.
11. Макаров Б.Н. К методике определения интенсивности выделения CO² из почвы (дыхание почвы). *Почвоведение*. 1970. № 5. С. 139–143.
12. ДСТУ ISO 16072:2005 Якість ґрунту. Лабораторні методи визначення мікробного дихання ґрунту (ISO 16072:2002, IDT).

REFERENCES

1. Panas R.M. (2008). Ratsionalne vykorystannia ta okhorona zemel : navch. Posibnyk. Lviv : Novyi Svit-2000. 352 p. [in Ukrainian].
2. Pro okhoronu zemel: Zakon Ukrainy vid 19 chervnia 2003 r. № 962-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> [in Ukrainian].
3. Kolomiiets L.P., Shevchenko I.P., Povydale V.M., Tereshchenko O.M., Shkvyr I.M. (2023). Zakhody z vidnovlennia zemel silskohospodarskoho pryznachennia porushenykh unaslidok voiennykh dii. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 10 (847), 55–61. Doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-08> [in Ukrainian].
4. Hunko L.A. (2015). Ekonomichni problemy rozvytku haluzei ta vydiv ekonomichnoi diialnosti . *Formuvannia rynkovykh vidnosyn v Ukraini*, 9 (172), 117–120 [in Ukrainian].
5. Virchenko V.V. (2004). Metodychni i metodolohichni pidkhody shchodo vyluchennia maloproduktyvnykh i dehradovanykh zemel z metoiu polipshennia ekolohichnoi situatsii. *Visnyk KhNAU*, 1, 277–279 [in Ukrainian].
6. Al-Juthery Nayyawi W.A., Ali E.A.H.M., Al-Ubori Rafid N. et al. (2020). Role of foliar application of nanonpk, micro fertilizers and yeast extract on growth and yield of wheat. *Int. J. Agricult. Stat. Sci.*, 16.1, 1295 – 1300. doi: 10.13140/RG.2.2.17397.19685 [in English].
7. Zemelnyi kodeks Ukrainy stattia 172. Konservatsiia dehradovanykh, maloproduktyvnykh i tekhnogenno zabrudnenykh zemel: URL:https://kodeksy.com.ua/zemel_nij_kodeks_ukraini/statja-172.htm [in Ukrainian].
8. Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho sredovyshcha : Zakon Ukrainy vid 25 chervnia 1991 r. № 1264-XII . *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 41. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> [in Ukrainian].
9. Babych A.O. (1994). Metodyka provedennia doslidiv z kormovyrobnytstva ta hodivli tvaryn. Kyiv. 80 p. [in Ukrainian].
10. Dyspersiinyi i koreliatsiinyi analiz rezultativ polovykh doslidiv (2009). navch. posib. / V. O. Ushkarrenko ta in. Kherson : Ailant. 372 p. [in Ukrainian].
11. Makarov B.N. (1970). K metodyke opredelenia yntensyvnyosti vydelenia SO₂ yz pochvy (dykhanne pochvy). *Pochvovedenye*, 5, 139–143 [in Ukrainian].
12. DSTU ISO 16072:2005 Yakist ґрунту. Laboratorni metody vyznachennia mikrobnoho dykhannia ґрунту (ISO 16072:2002, IDT) [in Ukrainian].

Povydalo V.M., Tereshchenko O.M., Bliznyuk V.M., Bliznyuk Y.P.

Soil and water protection measures for the use of lands of sloping agricultural landscapes

Aim. To determine the effectiveness of soil conservation measures for the use of sloping lands by forming sown and natural meadow grasses. **Methods.** Field - to observe the growth and development of plants, the formation of yields; measuring and weighing - to determine the yield of grasses; statistical - to establish the reliability of the research results. **Results.** Soil and water protection measures for the rational use of agricultural land, taking into account environmental factors, have been developed. Directions for the use of agricultural land through the formation of sown and natural meadow agocenoses based on an ecological and biological approach to the development and practical application of effective methods for their creation and rational use are proposed. Measures aimed at improving the quality of eroded soils by expanding the area of natural fodder lands, which is an effective measure to improve them in the fight against water erosion of the soil and provide a yield of dry matter of 6.5-7.8 t/ha and root mass of 7.5-9.5 t/ha, and therefore contribute to the reproduction of soil fertility, have been identified. **Conclusions.** The effectiveness of soil and water conservation measures for the use of degraded lands by their alkalization has been established, which leads to a decrease in the development of erosion processes, environmental risk, and improvement of the livestock feed base by expanding the area of natural fodder lands.

Key words: degraded and unproductive lands, grasslands, natural feeding grounds, productivity, CO₂ emissions.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Повидало В.М., кандидат сільськогосподарських наук, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: erosia-stop@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8487-4463.

Терещенко О.М., науковий співробітник, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: erosia-stop@ukr.net.

Povydalo V.M., candidate of Agricultural Sciences, the NSC «IA NAAS», e-mail: erosia-stop@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8487-4463.

Tereshchenko O.M., researcher, the NSC «IA NAAS», e-mail: erosia-stop@ukr.net.

Близнюк В.М., молодший науковий співробітник, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: erosia-stop@ukr.net.

Близнюк Ю.П., агроном, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: erosia-stop@ukr.net.

Bliznyuk V.M., younior researcher, the NSC «IA NAAS», e-mail: erosia-stop@ukr.net.

Bliznyuk Y.P., agronomist, NSC «IA NAAS», e-mail: erosia-stop@ukr.net.

Надійшла 20.04.2024

УРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ, СПОСОБУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ТИПУ СІВОЗМІНИ

О.В. Демиденко

Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція
ННЦ «ІЗ НААН» (с. Холоднянське, Україна)

Мета. Провести аналіз рядів динаміки пшениці озимої, гороху, буряка цукрового, соняшника та сої за різного типу сівозмін, обробітку ґрунту та удобрення в довгостроковому стаціонарному досліді. **Методи.** Статистичного аналізу (непараметрична статистика, метод ARIMA, сингулярно-спектральний) в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу. **Результати.** Урожайність пшениці озимої в сівозміні з горохом за систематичної оранки становила 4,67–5,15 т/га, поверхневого обробітку, який переривався оранкою під буряки цукрові, – 5,0–5,05 т/га, за беззмінного поверхневого обробітку під всі культури у сівозміні 4,50–4,64 т/га. В сівозміні з багаторічними травами урожайність зерна пшениці озимої найвищою виявилася за поверхневого обробітку – 4,89–4,95 т/га, а за безполицевого обробітку та оранки урожайність пшениці становила 4,73 та 4,50 т/га, що достовірно нижче ($НІР_{0,5}=0,25$) відносно систематичної оранки. Урожайність кукурудзи у сівозміні з горохом та травами найвищою виявилася за оранки: 9,45–10,0 т/га та 11,3 т/га відповідно. За безполицевого обробітку урожайність зерна кукурудзи була нижчою на 1,03 й 0,57 т/га і 1,7 т/га відповідно сівозмінам, а за поверхневого обробітку урожайність знижувалася до 8,53–8,85 т/га. За безполицевого обробітку урожайність зернових мала тенденцію до зниження, але залишилась у межах достовірних значень: урожайність зменшилася на 0,76 та 0,57 т/га або 9,3 % і 8,8 %; за поверхневого – на 0,86 та 0,92 т/га або на 10,5 і 14,3 % (достовірне значення). **Висновки.** Автокореляція в рядах динаміки сої в 7–10-рілних сівозмінах свідчить про відсутність трендовості. Чітко виражених циклів зміни урожайності зерна не виявлено. У сівозмінах з короткою ротацією (3–5-рілні сівозміни) на межі достовірності визначено цикл за лагом №4 (3 роки), а менш виражений цикл на рівні лагу №14 (8 років). У середньому по 3–10-рілних сівозмінах тренди зміни урожайності слабовиражені, а циклічність слабовиражена на лагах №4, 14 (3 і 8 років). Автокореляційна функція зміни урожайності свідчить про високу трендовість. Циклічність добре виражена на лагах №11–13 (7–8 років), а за зміною знака автокореляції – лаг №6 (3–4 роки).

Ключові слова: зернові культури, горох, соя, соняшник, тренд, сингулярно-спектральний аналіз, непараметрична статистика.

Вступ. Глобальне потепління клімату в Лісостепу України не викликає сумніву [1; 2] і вважається експериментально доведеним фактом. Дослідження у цьому напрямі розпочато ще у минулому столітті [3]. За прогнозами [4], найбільші швидкості зростання температури повітря впродовж вегетаційного періоду передбачаються на середину ХХІ ст., що відповідає моменту найбільш прогнозованої чисельності населення та зростаючої потреби в кількості продовольства. Прогнозні зміни клімату повинні мати виражений сезонний та регіональний характер, що потребує

більш детального аналізу вже існуючої кліматичної ситуації, зокрема центральної частини Лівобережного Лісостепу України, деталізація якої дасть виявити випереджаючі темпи наростання кліматичних показників у бік критичних рівнів потепління. З одного боку, необхідно ефективно використовувати додатковий тепловий ресурс, зменшуючи ризики підвищення температури за рахунок запровадження системи адаптаційних заходів [5; 6], а, з іншого боку, забезпечувати регіональну та державну продовольчу безпеку через стабілізацію зернового господарства [7; 8]

у зв'язку з процесами прогресуючої деградації чорноземів [9–11] сільськогосподарських земель в АПК України.

Мета дослідження. Провести аналіз рядів динаміки пшениці озимої, гороху, буряка цукрового, сояшника та сої за різного типу сівозмін, обробітку ґрунту та удобрення в довгостроковому стаціонарному досліді, застосовуючи сучасні методи статистичного аналізу (непараметрична статистика, метод ARIMA, сингулярно-спектральний аналіз) в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу.

Методика проведення досліджень. Дослідження проводили в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України в довгостроковому (46 років) стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» у 1976–2022 рр. Ґрунт: чорнозем типовий грубопилувато-легкосуглинковий зі вмістом гумусу – 3,8–4,2 %, рухомих сполук фосфору – 120–146 мг/кг ґрунту, рухомих сполук калію – 80–100 мг/кг ґрунту, $pH_{вод.}$ 6,8–7,0. Розмір посівної ділянки 162 м², а облікової – 100 м². У досліді вивчалися два типи 5-пільних сівозмін: **А:** горох – пшениця озима – буряк цукровий – кукурудза на зерно – кукурудза на зерно (сівозмінна з горохом – зернові – до 60 %, технічні – до 20 %; зернобобові – до 20 %). **В:** багаторічні трави – пшениця озима – буряк цукровий – кукурудза – ячмінь + багаторічні трави (сівозмінна з травами – зернові – до 60 %, технічні – до 20 %; багаторічні трави – до 20 %); **Система удобрення:** 7,0 т/га побічної продукції; $N_{32}P_{32}K_{42}$ (одинарна доза) $N_{62}P_{66}K_{82}$ (подвійна доза) на 1 га сівозмінної площі. До 1999 р. вносилося 6 т/га гною, а з 2000 по 2022 рр. – побічна продукція 7 т/га. Удобрення під окремі культури показано у табл. 1–4. **Способи основного обробітку:** різноглибинна оранка (22–25 см) під усі культури; безполицевий обробіток (22–25 см) під усі культури; поверхневий обробіток (8–12 см) під усі культури. В обох дослідіх повторення – триразове.

Структура сівозмін до табл. № 4.

- 8 50% – зернових: 20% – пшениця озима; 30% – кукурудза; 20% соя; 10% – сояшник; 20% кормові
- 14 70% зернових: 20% – пшениця озима; 10% – пшениця яра; 10% – ячмінь ярий; 20% соя; 10% – горох; 30% кукурудза.

- 7 50% – зернових: 20% – пшениця озима; 10% – ячмінь ярий; 10% – кукурудза; 10% – соя; 10% – сояшник; 10% – кормові
- 16 46% – зернових: 20% – пшениця озима; 30% – кукурудза; 20% соя; 10% – сояшник; 20% кормові
- 11а 60% зернових: 20% – пшениця озима; 20 пшениця яра; 46% – соя; 20% – горох
- 6 60% – зернових; 20% – пшениця озима; 20% – горох; 20% – соя; 20% – кукурудза на зерно; 20% – кукурудза на силос
- 13 71,5% зернових: 14,3% пшениця яра; 14,3% – ячмінь ярий; 14,3% – сояшник; 42,9% – кукурудза на зерно; 14,3% – кормові
- 3в 66,7 – зернові: 33,7% – пшениця озима; 33,7% – яра пшениця
- 5 50% – зернових: 30% – пшениця озима; 20% – ячмінь ярий; 20% соя; 10% – сояшник; 20% – кормові
- 17 46% – зернових: 30% – пшениця озима; 10% – кукурудза; 20% – горох; 10% – соя; 20% – сояшник; 10% – кормові.

Узагальнення продуктивності сівозмін здійснювали за «Методом дисперсійного аналізу» з використанням програми «STATISTICA-10» і застосуванням непараметричних методів статистики, сингулярно-спектрального аналізу рядів динаміки урожайності культур у сівозмінах [12–15].

Результати та їх обговорення. Зазвичай динамічна математична модель системи, в силу її складності, недоступна дослідникам, і до прогнозування розвитку таких систем застосовують трендові методи та гармонійні і статистичні моделі. Урожайність зернових культур у динамічних рядах визначалася шляхом розрахунку середніх значень по періодах 46, 20, 10 і 5 років. Порівняння середніх значень проводили шляхом порівняння середніх більш коротких відрізків рядів динаміки з середніми за 46 років (табл. 1). У сівозміні А на контролі без внесення мінеральних добрив середні значення урожайності пшениці озимої за 46 років мали стійку тенденцію до зростання за безполицевого і поверхневого обробітку, що супроводжувалося зниженням коефіцієнта варіації урожайності за межу менше 30%.

Аналогічну закономірність виявлено у сівозміні В, де загальний рівень урожайності був нижчим, але коефіцієнти варіації за безполицевого і поверхневого обробітку були нижчими порівняно з сівозміною

В. Середні значення урожайності пшениці озимої за 20 років незалежно від типу сівозміни було істотно нижчими відносно середніх за 46 років, але зростання урожайності за безполицевих обробітків мало стійку тенденцію до збільшення порівняно з оранкою на фоні зниження коефіцієнтів варіації як відносно середніх за 46 років, так і відносно оранки. Середні значення урожайності пшениці за 10 років мали достовірний приріст відносно середніх за 20 років, але були достовірно нижчими відносно урожайності за 46 років, незалежно від типу сівозміни.

Коефіцієнти варіації урожайності пшениці у сівозміні А були у межах 24,5–28,8%, тоді як у сівозміні з травами – 16,0–22,0%. За останні 5 років середні значення урожайності зерна зросли і перевищували середню урожайність за 46 років. Зростання урожайності можна розцінювати як тенденцію до зростання. Коефіцієнти варіації урожайності у сівозміні з А залишилися на рівні середніх за 46 років (26,3–30,0%), тоді як у сівозміні В становили 17,9–19,5%, що свідчить про стабілізацію урожайності (табл. 1).

Внесення подвійної дози мінеральних добрив сприяло зростанню урожайності пшениці за 46 років відносно контролю без внесення мінеральних добрив, але була практично рівною незалежно від способу обробітку ґрунту.

Внесення добрив призвело до зниження коефіцієнтів варіації урожайності пшениці, які змінювалися у межах 21,5–25,4% і 20,6–21,4% відповідно сівозмінам А і В. У середньому за 20 років рівень урожайності пшениці мав тенденцію до зниження відносно середнього за 46 років, але збереглася стійка тенденція до її зростання за безполицевих обробітків. За аналогічним принципом знижувалися коефіцієнти варіації урожайності: за виконання безполицевого обробітку до рівня 20,2–22,9%. За більш короткі відрізки часу (10 і 5 років) відбулося істотне зростання урожайності зерна пшениці як відносно контролю без добрив, так і середнього за 46 років. У сівозміні А більш високий урожай отримано за виконання оранки (5,38–5,88 т/га) проти 5,22–5,36 т/га за глибокого безполицевого обробітку та 5,24–5,41 т/га – за поверхневого обробітку. Стійка тенденція до зниження урожайності супроводжувалася зниженням коефіцієнтів варіації до 19,6–23,5%, тоді як за оранки коефіцієнти варіації зростали до інтервалу 24,5–26,2%.

За більш короткі відрізки часу (10 і 5 років) відбулося істотне зростання урожайності зерна пшениці як відносно контролю без добрив, так і середнього за

46 років. У сівозміні з горохом більш високий урожай отримано за виконання оранки (5,38–5,88 т/га) проти 5,22–5,36 т/га за глибокого безполицевого обробітку та 5,24–5,41 т/га – за поверхневого обробітку. Стійка тенденція до зниження урожайності супроводжувалася зниженням коефіцієнтів варіації до 19,6–23,5%, тоді як за оранки коефіцієнти варіації зростали до інтервалу 24,5–26,2%.

Зміна урожайності кукурудзи в короткочасних сівозмінах була більш вираженою порівняно зі зміною урожайності пшениці озимої. У сівозміні А середня урожайність за 46 років найвищою була за оранки і безполицевого обробітку (6,32–6,38 т/га). У сівозміні В проявилася стійка тенденція до зростання урожайності зерна кукурудзи (+0,20–0,31 т/га). За поверхневого обробітку урожайність зерна кукурудзи мала тенденцію до зниження (–0,32–0,42 т/га) (табл. 1).

Середня урожайність за більш короткі періоди відрізки часу (20 і 10 років) зростала на 0,80–1,50 т/га в сівозміні А та на 0,79–1,36 т/га в сівозміні В за глибоких обробітків. За поверхневого обробітку приріст становив: 1,00–1,70 т/га і 0,96–1,57 т/га відповідно за абсолютного значення середньої урожайності 7,73–7,76 т/га. Достовірне зростання урожайності зерна кукурудзи отримано за останні 5 років за виконання оранки: 8,22–8,41 т/га, тоді як за безполицевого обробітку урожайність стабілізувалася на рівні 7,79–7,92 т/га та 7,71–7,81 т/га. Коефіцієнти варіації (Кв) урожайності кукурудзи за 46 років були на рівні 30,5–31,0% за оранки; 29,6–29,9% – за безполицевого обробітку та вище за 30% за поверхневого обробітку. За 20 років Кв набуло тенденції до зниження, яке було більш вираженим за безполицевого обробітку: 24,8–25,3% проти 26,7–28,3% за оранки. За 10 років спостережень Кв набув істотного зниження за безполицевого обробітку (16,6–19,6%) проти 20,6–21,7% за оранки. За останні 5 років Кв дещо зростали відносно 10-річних спостережень, але не виходили за межі допустимих значень (Кв=30,0%).

Урожайність ячменю ярого зростала від середніх значень за 46 років (2,56–2,71 т/га) до середніх значень за останні 5 років (4,15–4,25 т/га). Коефіцієнти варіації (Кв) урожайності зерна кукурудзи за 46, 20, 10 років були на критичному рівні (38,6–54,4%), а за останні 5 років Кв стабілізувався на рівні 21,1–24,2% за отримання максимальної урожайності (4,21–4,25 т/га) (табл. 1).

Таблиця 1. Урожайність зернових культур та коефіцієнти варіації за окремі періоди проведення досліджень за різного обробітку в сівозмінах різного типу за 1976–2022 рр.

Періоди	Оранка на 20–22 см	Коефіцієнт варіації, Кв.	Безполицевий На 20–22 см	Коефіцієнт варіації, Кв	Поверхневий на 10–12 см	Коефіцієнт варіації, Кв,
Сівозміна А: до 60% – зернові; до 20% – зернобобові; до 20% – буряки цукрові						
Пшениця озима, т/га						
Контроль: без внесення добрив						
46 років	3,31	33,2	3,59	28,3	3,52	26,3
20 років	2,79*	33,4	3,09*	26,8	3,06*	26,4
10 років	3,16*	28,8	3,38	24,5	3,33	27,9
5 років	3,49	30,0	3,64	26,3	3,68	28,5
Подвійна доза – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (під культуру)						
46 років	4,94	25,4	5,01	22,0	4,95	21,5
20 років	4,70	27,9	4,76	21,4	4,83	20,2
10 років	5,38*	24,5	5,22*	19,6	5,24*	19,4
5 років	5,88*	26,2	5,36*	22,7	5,41*	23,5
Кукурудза на зерно, т/га (середнє по сівозмінах) Подвійна доза – N ₆₅ P ₆₆ K ₆₅ (під культуру)						
46 років	6,38	30,5	6,32	29,9	6,03	32,2
20 років	7,18	28,3	7,28	25,3	7,03	26,7
10 років	7,89*	21,7	7,81*	16,6	7,73*	18,6
5 років	8,22*	23,6	7,79*	18,5	7,81*	21,9
Сівозміна В: до 60% – зернові; до 20% буряки цукрові; до 20% – багаторічні трави						
Пшениця озима, т/га						
Контроль: без внесення добрив						
46 років	3,17	31,7	3,42	25,1	3,46	24,9
20 років	2,71*	27,7	3,04*	24,1	3,11*	21,9
10 років	3,13	22,0	3,27	19,6	3,33	16,0
5 років	3,37*	19,5	3,44	18,4	3,35	17,9
Подвійна доза мінеральних добрив – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (під культуру)						
46 років	4,63	21,6	4,81	20,6	4,72	21,4
20 років	4,50	23,2	4,69	22,9	4,57	23,3
10 років	5,05	13,5	5,37*	11,9	5,29*	11,4
5 років	5,17*	17,2	5,26*	15,4	5,08*	13,3
Кукурудза на зерно, т/га (середнє по 2-х полях) Подвійна доза – N ₆₅ P ₆₆ K ₆₅ (під культуру)						
46 років	6,58	31,1	6,63	29,6	6,19	31,6
20 років	7,31	26,7	7,47	24,8	7,15	25,3
10 років	7,98*	20,6	7,94*	21,0	7,76*	16,8
5 років	8,41*	24,8	7,92*	26,3	7,77*	21,1
Ячмінь ярий. Подвійна доза – N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ (під культуру)						
46 років	2,56	47,2	2,81	38,6	2,71	42,2
20 років	2,51	54,4	2,67	43,8	2,63	46,7
10 років	3,23*	43,3	3,31*	37,0	3,32*	36,6
5 років	4,25*	24,2	4,15*	24,0	4,21*	21,1

Примітка. *t_{кр. Стюд.} > 2,0; P(t_{кр. Стюд.}) < 0,005, F_{кр. Фіш.}(φ) > F_{кр. Фіш.}(табл); P(F_{кр.}) > 0,05.

У табл. 2 показано статистичну оцінку рядів динаміки урожайності коренеплодів буряка цукрового за 1976–2020 рр. Встановлено, що на контролі без внесення добрив середня урожайність коренеплодів була вищою у сівозміні з горохом на 1,60 т/га відносно сівозміни з травами. Виявлено загальну закономірність зростання урожайності коренеплодів за безполицевих обробітків на 1,60–2,20 т/га.

Аналогічна закономірність простежується за значеннями урожайності по медіані. Амплітудний розмах урожайності коренеплодів виявився більш широким у сівозміні з горохом за рахунок зростання урожайності при максимальному відхиленні за безполицевих обробітків 53,9–57,3 т/га проти 44,8–45,7 т/га у сівозміні з багаторічними травами.

Коефіцієнт варіації урожайності коренеплодів був вищим у сівозміні з горохом за безполицевого обробітку, а за оранки – у сівозміні з травами.

Внесення одинарної дози удобрення сприяло збільшення урожайності коренеплодів як у сівозміні з травами, так і у сівозміні з горохом, але в останньому випадку урожайність була вищою як за безполицевих обробітків, так і за оранки. За медіаною спостерігалася аналогічна закономірність, значення якої тяжіли до верхнього типового значення ($L_{0,75}$), яке досягало більш високих значень у сівозміні з горохом. Загальним було те, що урожайність коренів, незалежно від типу сівозміни, була вищою за безполицевих обробітків, але більш вищою у сівозміні з травами. Внесення одинарної дози добрив (NPK)

Таблиця 2. Статистичні параметри урожайності буряків цукрових залежно від способу обробітку, удобрення і типу 5-пільної сівозміни за 1976–2020 рр.

Система удобрення та обробітку	Урожайність, т/га			Квантелі урожайності, т/га			Коефіцієнт варіації, Кв, %
	Середня	min	max	Med, $L_{0,50}$	$L_{0,25}$	$L_{0,75}$	
		$\Delta a = \max - \min$	$\Delta n = L_{0,75} - L_{0,25}$				
Буряки цукрові ¹ $N_{100} P_{100} K_{100}$							
Сівозміна В: 60% – зернові, 20% – технічні, багаторічні трави – 20%.							
Оранка (к)*	22,6	3,30	46,0	21,5	17,6	27,1	46,5
Безполицевий на 25–27 см (к)	24,8	10,2	45,7	24,3	18,7	29,5	33,8
Поверхневий на 25–27 см(к)*	24,7	8,30	44,8	24,0	21,6	28,7	34,0
Оранка (1д)**	41,3	18,3	70,8	41,7	35,3	46,4	22,5
Безполицевий на 25–27см (1д)	41,8	20,5	65,5	42,2	36,0	48,4	22,7
Поверхневий на 25–27 см (1д)**	43,2	20,5	70,0	43,5	38,9	48,3	21,3
Оранка (2д)***	45,8	20,8	65,5	47,4	38,8	52,0	20,8
Безполицевий на 25–27см (2д)	43,9	19,6	63,3	44,2	38,1	50,0	23,2
Поверхневий на 25–27 см (2д)***	44,8	24,0	69,2	45,5	39,7	50,1	20,9
Сівозміна А: 60% – зернові, 20% – зернобобові, 20% – технічні							
Оранка (к)*	24,6	12,5	45,0	23,4	19,1	29,0	30,8
Безполицевий на 25–27 см (к)	26,1	10,0	57,3	24,4	20,3	31,0	34,7
Поверхневий на 25–27 см (к)*	26,2	6,61	53,9	24,2	20,3	32,0	36,0
Оранка (1д)**	42,9	22,2	60,3	44,0	36,8	48,7	21,2
Безполицевий на 25–27см (1д)	42,9	16,2	65,8	43,4	37,1	50,0	24,8
Поверхневий на 25–27 см (1д)**	44,6	22,0	66,3	47,6	36,5	50,3	23,8
Оранка (2д)***	47,5	26,3	79,5	47,1	39,8	55,3	24,0
Безполицевий на 25–27см (2д)	44,2	20,1	66,3	44,9	38,7	50,4	24,4
Поверхневий на 25–27 см (2д)***	44,0	22,9	67,1	45,0	34,0	50,3	24,6
$НП_{0,5}$	20,0						

Примітка. *Контроль без внесення добрив; ** 1д – $N_{65} P_{55} K_{55}$; ***2д – $N_{130} P_{110} K_{110}$.

Буряки цукрові¹ – у 2021 р. замінено на соняшник. Δa – амплітудний розмах, т/га; Δn – нормований розмах, т/га.

призводило до збільшення урожайності зерна кукурудзи на 1,30 т/га. У сівозміні з травами та горохом найвищою урожайність була за поверхневого обробітку (44,6–44,8 т/га). Значення урожайності коренеплодів за медіаною були вищими у сівозміні з горохом 45,0 т/га проти 42,5 т/га у сівозміні з травами. Незалежно від типу сівозміни урожайність коренеплодів більшою мірою тяжіла до верхнього типового значення урожайності. Коефіцієнт варіації у сівозміні з травами становив 21,3–22,7%, а у сівозміні з горохом 21,2–24,8%.

Внесення подвійної дози добрив сприяло зростанню урожайності коренеплодів буряка цукрового у сівозміні з травами до 44,2 т/га, а у сівозміні з горохом – 45,8 т/га. Незалежно від типу сівозміни найвищою урожайність за подвійної дози добрив була за оранки 45,8–47,5 т/га. За безполицевих обробітків урожайність коренеплодів була вищою у сівозміні з горохом. Коефіцієнт варіації урожайності коренів у сівозміні з травами становив 20,8–23,2% проти 24,0–24,6% у сівозміні з горохом.

Весь період часу проведення досліджень можна розділити на два відрізки: 1976–1997 рр., коли вносився гній (60 т/га) та 1998–2020 рр., коли взамін гною вносили як органічне удобрення солону попередника буряка цукрового у кількості 7,0–6,0 т/га. Встановлено, що у середньому у сівозміні з травами урожайність зростала порівняно з сівозміною з горохом. Так, на контролі без добрив урожайність була вищою на 0,80 т/га, а у сівозміні з травами за урожайністю переважали безполицеві обробітки відносно оранки (+1,40 т/га), тоді як у сівозміні з горохом незалежно від способу обробітку вона була однаковою. Коефіцієнт варіації урожайності коренів, незалежно від типу сівозміни, перевищував 30%, але у сівозміні з травами K_v ,% за безполицевих обробітків досягав значення понад 46%. У сівозміні з горохом навпаки: за оранки $K_v=42,5\%$, а за безполицевих обробітків $K_v<46\%$.

Від внесення одинарної дози добрив незалежно від типу сівозміни урожайність коренів зросла на 16,0–16,5 т/га, а порівняно з обробітками була однаковою. Урожайність за медіаною збігалась із середньою урожайністю, а типові інтервали значень урожайності, незалежно від обробітку і типу сівозміни, були практично однаковими. Варіабельність урожайності за одинарної дози добрив більш стриманою була у сівозміні з багаторічними травами

($K_v=17,6–22,4\%$) проти $K_v=22,6–25,3\%$ у сівозміні з горохом.

Під час внесення подвійної дози добрив середня урожайність по сівозмінах була однаковою (42,5–42,8 т/га), а значенням медіани виявлена тенденція до зростання у сівозміні з травами. Типові інтервальні значення урожайності незалежно від типу сівозміни змінювалися в інтервалі 35,7–36,3 т/га та 48,2–48,3 т/га, а значення за медіаною більшою мірою тяжіли до верхніх типових значень. Варіація урожайності зерна за подвійної дози добрив була нижчою за 30% і не залежала від способу обробітку.

Статистична оцінка урожайності коренеплодів буряка цукрового у період 1998–2020 рр. показала, що тренди зміни урожайності коренеплодів мали спадний характер незалежно від способу обробітку. Середня урожайність на контролі без добрив була вищою у сівозміні з багаторічними травами порівняно з сівозміною з горохом: 26,1 т/га проти 23,7 т/га. За одинарної дози добрив 46,0 т/га проти 43,4 т/га, за подвійної дози 48,0 т/га проти 47,6 т/га відповідно до сівозмін.

Амплітудний розмах урожайності був більш широким у сівозміні з травами порівняно з сівозміною з горохом: на контролі без добрив 30,7 т/га проти 34,9 т/га, за одинарної дози добрив – 41,8 т/га проти 35,5 т/га, подвійної дози добрив – 41,5 т/га проти 39,6 т/га. Коефіцієнт варіації урожайності коренеплодів на контролі без добрив у сівозміні з горохом перевищував 30%, тоді як у сівозміні з травами був на межі 30%. Під час внесення одинарної дози добрив у сівозміні з травами він змінювався в інтервалі 22,1–27,3% проти 18,9–21,2% у сівозміні з горохом, а за внесення подвійної дози добрив 22,9–26,3% та 17,2–27,7% відповідно типу сівозмін.

Під час порівняння середньої урожайності коренів періоду 1998–2017 рр. виявлено зростання урожайності у період, коли гній було замінено на побічну продукцію. Так, у сівозміні з травами за одинарної і подвійної доз удобрення урожайність у середньому зросла на 4,80–5,20 т/га, а у сівозміні з горохом – на 2,50–9,00 т/га. Коефіцієнти варіації урожайності коренів у сівозміні з травами у період внесення як добриво побічної продукції становили 24,0–24,5% проти 20,3–23,5% у сівозміні з горохом.

Статистична оцінка рядів динаміки урожайності гороху за 1976–2022 рр. засвідчила, що на контролі без добрив середня продуктивність сягала 2,05–2,14 т/га, а найвища урожайність була за глибокого

безполицевого обробітку – 2,14 т/га. Амплітудний розмах змінювався від 0,46–0,59 т/га до 4,00–4,37 т/га. Більш широкий амплітудний розмах був за безполицевих обробітків.

Значення урожайності гороху за медіаною перевищувало середнє значення (2,11–2,17 т/га) і більшою мірою тяжіло до верхніх типових значень (2,58–2,88 т/га), які більш високими були за поверхневого обробітку. Коефіцієнти варіації незалежно від способу обробітку ґрунту були на рівні 42,9–48,0% з найвищим значенням за поверхневого обробітку – 48,0%.

Внесення одинарної дози добрив забезпечувало зростання урожайності зерна гороху у середньому в 1,29 раза, або до 2,61 т/га. До того ж найвища урожайність була за оранки (2,75 т/га), а найменша за поверхневого обробітку. Значення урожайності за медіаною за оранки та поверхневого обробітку перевищувало середнє значення і тяжіло до верхнього типового значення, тоді як за безполицевого обробітку значення урожайності збігались і тяжіли до верхнього типового значення. Коефіцієнт варіації урожайності за подвійної дози добрив становив 37,5–37,9% (табл. 3).

За подвійної дози добрив урожайність гороху у середньому зросла в 1,38 раза і досягла 2,81 т/га. За оранки урожайність була найвищою (2,98 т/га),

а за поверхневого обробітку знизилася до 2,66 т/га. Амплітудний розмах урожайності гороху в середньому становить 0,66–4,47 т/га. Найбільшим він був за безполицевих обробітків, а найменшим – за оранки.

Значення урожайності за медіаною у середньому було 2,97 т/га, що перевищувало середнє значення продуктивності, а типовий інтервал зміни продуктивності становив 2,11–3,56 т/га, звужуючись і збільшуючись за оранки. Коефіцієнт варіації урожайності гороху сягав 35,6%, знижуючись за оранки до 33% та зростаючи за безполицевих обробітків до 36,3–37,5%.

У період 1976–1997 рр., коли як органічне добриво вносився гній, середня урожайність гороху становила 2,35 т/га а значення за медіаною досягали 2,51 т/га і тяжіли до верхнього типового значення. Амплітудний розмах як і типовий інтервал значень урожайності розширювався за безполицевих обробітків. Коефіцієнт варіації урожайності зерна гороху сягав 43,8%, збільшуючись за безполицевих обробітків (табл. 3).

Внесення одинарної дози добрив забезпечувало зростання продуктивності до 2,63 т/га, яка більшою мірою підвищувалась за оранки (2,86 т/га) та знижувалася за безполицевих обробітків. Амплітудний розмах становив 3,78 т/га, зростаючи до 3,92 т/га за

Таблиця 3. Статистичні параметри урожайності гороху залежно від способу обробітку, удобрення і типу 5-пільної сівозміни за 1976–2022 рр.

Система обробітку	Урожайність, т/га			Квантелі урожайності, т/га			Коефіцієнт варіації, Кв, %
	Середня	min	max	Med, L _{0.50}	L _{0.25}	L _{0.75}	
		Δa=max-min			Δn= L _{0.75} - L _{0.25}		
Сівозміна А. горох–пшениця озима –бураки цукрові –кукурудза–кукурудза (60% – зернові, 20% – зернобобові, 20% – технічні)							
Без добрив							
Оранка 20–22 см	2,08	0,59	4,00	2,11	1,56	2,58	42,9
Безполицевий на 20–22 см	2,14	0,46	4,32	2,17	1,41	2,76	44,6
Поверхневий на 10–12 см(к)*	2,05	0,46	4,37	2,11	1,26	2,88	48,0
N ₀ P ₃₀ K ₄₆							
Оранка 20–22 см	2,75	0,61	4,61	2,84	2,11	3,48	37,5
Безполицевий на 20–22 см	2,61	0,56	4,44	2,61	2,05	3,47	37,5
Поверхневий на 10–12 см(к)*	2,48	0,65	4,22	2,54	1,81	3,26	37,9
N ₀ P ₆₀ K ₈₀							
Оранка 20–22 см	2,98	0,86	4,83	3,29	2,16	3,72	33,0
Безполицевий на 20–22 см	2,79	0,61	4,32	2,78	2,12	3,47	36,3
Поверхневий на 10–12 см(к)*	2,66	0,51	4,26	2,86	2,06	3,48	37,5
НІР _{0,5}	0,5	–	–	–	–	–	–

Примітка. Δa – амплітудний розмах, т/га; Δn – нормований розмах, т/га.

оранки та звужуючись до 3,57 т/га за поверхневого обробітку.

Значення урожайності за медіаною (2,91 т/га) перевищують середнє значення (2,63 т/га), які за оранки і безполицевого обробітку досягають значень 2,96–2,97 т/га, тоді як за поверхневого обробітку знижуються до 2,79 т/га. Середній типовий розмах становить 1,66 т/га, за якого верхнє типовє значення урожайності за оранки і безполицевого обробітку зростає до 3,51–3,55 т/га, а за поверхневого обробітку знижується до 3,35 т/га. Коефіцієнт варіації урожайності гороху сягав 46,6%, знижуючись за оранки до 38,8% та збульшуючись до 42,2% за поверхневого обробітку.

За подвійної дози добрив урожайність гороху зростала до 2,82 т/га з достовірним підвищенням за оранки до 2,99 т/га та зниженні за поверхневого обробітку до 2,65 т/га. Амплітудний розмах урожайності становив 3,81 т/га, який за оранки зростав до 3,97 т/га, а за безполицевих обробітків звужувався до 3,75 т/га.

Медіаннє значення урожайності гороху (3,11 т/га) перевищувало середнє значення на 0,29 т/га, а типовий інтервальний розмах сягав 1,99 т/га. Звуження типового інтервалу урожайності гороху до 1,62 т/га відбувалося за оранки, а його розширення до 2,05–2,03 т/га за безполицевих обробітків. Коефіцієнт варіації урожайності гороху становив 39,7%, але за оранки Кв знижувався до 37,1% та зростав в 1,12 раза за безполицевих обробітків.

У період 1998–2022 рр. відбулася заміна гною на побічну продукцію, що пов'язано з різким спадом урожайності, яка знизилася в 1996 р. до значень менших 0,5 т/га. На графіках урожайності гороху простежується зростаючий тренд урожайності на 2017 р. Статистична оцінка рядів динаміки урожайності гороху показала, що на контролі без добрив середня урожайність становила 1,80 т/га, що в 1,31 раза нижче порівняно з періодом, коли вносився гній. Амплітудний розмах порівняно з попереднім періодом був в 1,5 раза меншим. Значення урожайності за медіаною становили 1,85 т/га (в 1,36 раза менше), а нормований типовий розмах урожайності звужився як по абсолютних типових значеннях, так і за розмахом. Коефіцієнт варіації урожайності досягав 41,8% зі зростанням до 45,6% за поверхневого обробітку.

Внесення одинарної дози добрив забезпечувало збільшення урожайності до 2,51 т/га, що на 0,12 т/га менше порівняно, коли вносився гній. Амплітудний розмах сягав 3,21 т/га проти 3,78 т/га за попередній

період. Урожайність гороху за медіаною у середньому становила 2,47 т/га і була нижчою за середнє значення, що свідчить про тяжіння медіани до нижнього типового значення. Верхнє типовє значення урожайності гороху було в 1,15 раза меншим (3,47 т/га проти 3,09 т/га). Коефіцієнт варіації урожайності сягав 31,1%, що нижче в 1,25 раза порівняно з періодом внесення гною. За подвійної дози добрив середня урожайність гороху становила 2,77 т/га, що на 0,05 т/га менше порівняно з періодом внесення гною. Найвищий рівень урожайності досягається за оранки, тоді як за безполицевих обробітків урожайність нижча на 0,29 т/га. Амплітудний розмах урожайності більш звужений (в 1,29 раза), а типізований інтервал урожайності більш звужений в 1,5 раза порівняно з періодом внесення гною. Коефіцієнт варіації урожайності гороху 31,9% зі зниженням його значень менших 30% за оранки та перевищення 30% за безполицевих обробітків. У сівозмiнах з довгою ротацією тренди динаміки рядів урожайності сої мали зростаючий характер, про що свідчать коефіцієнти степеневих функцій у рівняннях регресії: $v_x=0,20-0,25x$. Слід зазначити, що достовірність регресії була на низькому рівні $R^2=0,25-0,31$.

У табл. 4 показано статистичні параметри урожайності сої залежно від типу і подовженості сівозмiн. У сівозмiнах з довгою ротацією урожайність зерна сої змінювалася в інтервалі 2,05–2,09 т/га, а у середньому становила 2,07 т/га. Середній інтервальний розмах сягав 1,31–2,74 т/га з найбільшим відхиленням за максимальним значенням 3,11–3,2 т/га у сівозмiнах №8 і 16. Урожайність за медіаною перевищувала середнє значення урожайності: 2,16 т/га проти 2,07 т/га і більшою мірою тяжіла до верхнього типового значення (2,74 т/га). Типізований інтервал урожайності зерна сої становив 1,31–2,74 т/га, а коефіцієнт варіації 24%. Найменш стабільною за Кв була сівозмiна №8 і 16.

У сівозмiнах з короткою ротацією (3–5-пільні сівозмiни) середня урожайність становила 2,03 т/га за інтервального розмаху – 1,38–2,82 т/га. Найменший рівень урожайності був у сівозмiнах №11а і 13. У середньому урожайність за медіаною сягала 1,99 т/га, що нижче за середнє значення на 0,04 т/га. У сівозмiнах №3в і 16б була аналогічна закономірність: значення урожайності за медіаною було нижчим за середнє значення, тоді як у сівозмiнах №11а, 6, 13 – навпаки було вищим. Коефіцієнт варіації урожайності у середньому становив 24%. Лише у сівозмiні №8 він мав значення 22%, а на інших варіантах досягав

Таблиця 4. Статистичні параметри рядів динаміки урожайності сої та соняшника залежно від типу сівозміни за 1999–2022 рр.

*№ варіанта сівозміни	Урожайність, т/га			Квантелі урожайності, т/га			Коефіцієнт варіації, Кв, %
	середня	min	max	Med P _{0.50}	L _{0.25}	L _{0.75}	
		Δa=max-min			Δn= L _{0.75} - L _{0.25}		
Со́я							
8	2,05	1,21	3,11	2,02	1,51	2,51	27,0
14	2,09	1,21	2,85	2,11	1,61	2,42	23,0
7	2,08	1,31	2,75	2,21	1,54	2,52	25,0
16	2,05	1,33	3,21	2,24	1,54	2,47	26,0
11a	1,98	1,32	2,68	2,01	1,61	2,43	22,0
6	2,08	1,31	3,05	2,21	1,53	2,41	26,0
13	2,00	1,31	2,92	2,02	1,52	2,34	27,0
3в	2,05	1,33	2,93	1,97	1,52	2,51	26,0
Середнє (8–16b)	2,05	1,42	2,77	2,12	1,49	2,41	23,0
Со́няшник							
5	2,23	0,91	3,22	2,45	1,38	3,02	37,0
8	2,30	0,88	3,71	2,43	1,31	3,01	38,0
16	2,14	0,81	3,53	2,29	1,38	2,73	37,0
17	2,27	0,98	3,82	2,31	1,31	2,98	39,0
Середнє (5–17)	2,23	0,91	3,57	2,43	1,35	2,89	37,0
НІР _{0,5}	0,5	–	–	–	–	–	–

Примітка. Δa–амплітудний розмах, т/га; Δn – нормований розмах, т/га; * номера сівозмін відповідно посилань у методиці.

26–27%. У середньому по всіх типах сівозмін урожайність зерна сої сягала 2,05 т/га за інтервального розмаху 1,42–2,77 т/га, а значення урожайності за медіаною перевищувало середню урожайність на 0,07 т/га і більшою мірою тяжіло до верхнього типового значення (2,82 т/га), що свідчить про стійку тенденцію зростання урожайності за прийняттого коефіцієнта варіації, який мав 23%.

Тренди урожайності соняшника мали зростаючий характер. Достовірність рівнянь регресії була на високому рівні: $R^2=0,55-0,65$. Середня урожайність соняшника становила 2,23 т/га за інтервального розмаху від 0,9 т/га до 3,57 т/га. За інтервальним розмахом найменш продуктивною була сівозміна №5, а сівозміни №8 і 17 мали найбільший розмах за максимальною урожайністю (3,71–3,82 т/га). Величина урожайності за медіаною перевищувала середнє значення на 0,20 т/га і тяжіла до верхнього типового значення урожайності зерна соняшника (2,89 т/га). Типізований інтервал урожайності зерна соняшника

у середньому сягав 1,35–2,89 т/га, а у сівозмінах №5 і 8 за верхнім типовим значенням урожайність перевищувала 3,0 т/га, тоді як у сівозміні №16 становила 2,73 т/га. Коефіцієнт варіації урожайності соняшника у середньому сягав 37%, а у сівозмінах №8 і 17 досяг критичного рівня 38–39%.

Аналіз автокореляційної функції дає можливість виявити структуру ряду, тобто визначити присутність у ряду певної, заздалегідь невідомої, частоти періодичної компоненти. Хоча автокореляційна функція визначена тільки для стаціонарних процесів, але обчислити її можна для будь-яких рядів динаміки і аналізувати природу ряду. Так, якщо найбільш високим виявляється коефіцієнт автокореляції першого порядку, то досліджуваний часовий ряд урожайності містить тільки тенденцію, але якщо найбільш високим виявляється коефіцієнт автокореляції порядку $\tau > 1$, то ряд містить циклічні коливання з періодичністю τ моментів часу. Якщо ні один з коефіцієнтів автокореляції не є істотним, то це означає [12]:

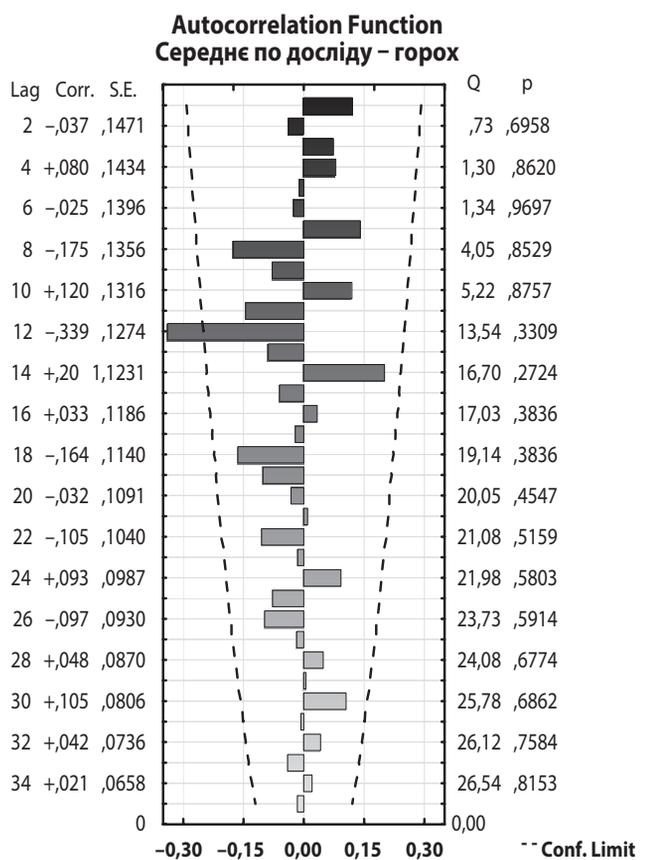
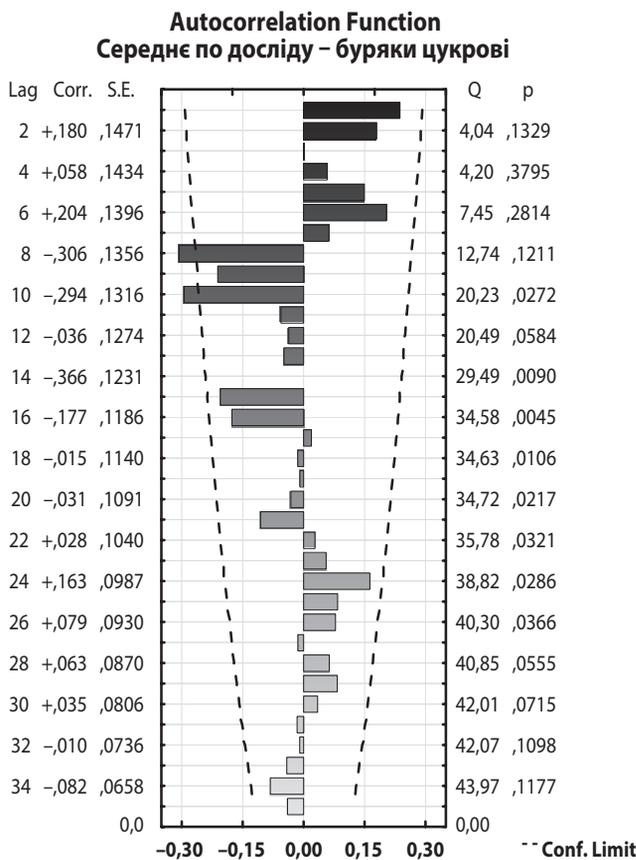
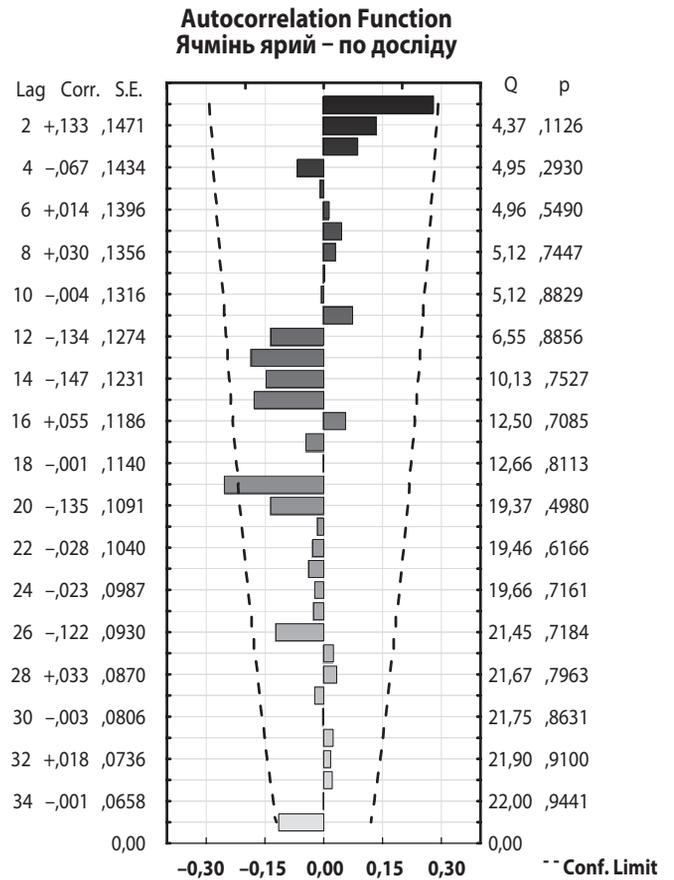
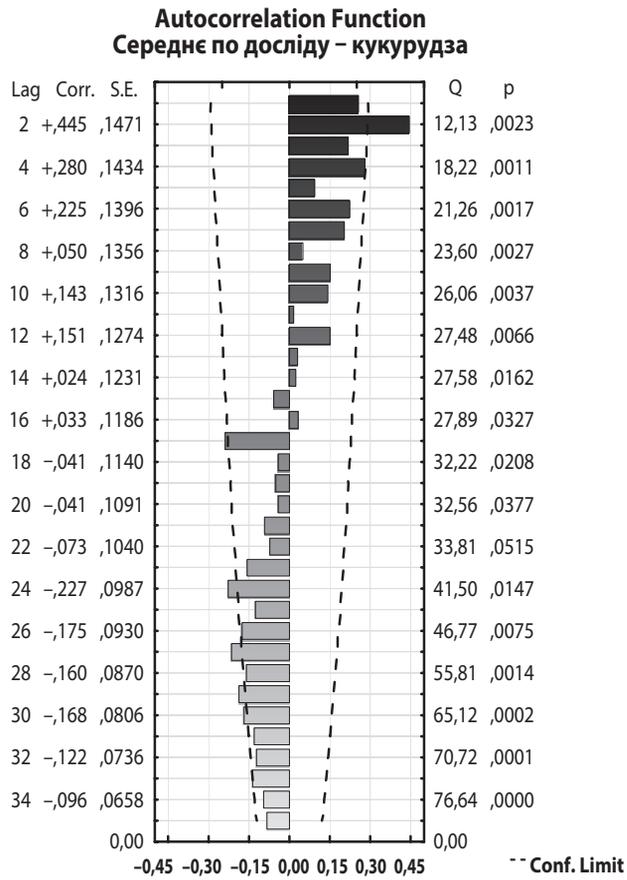
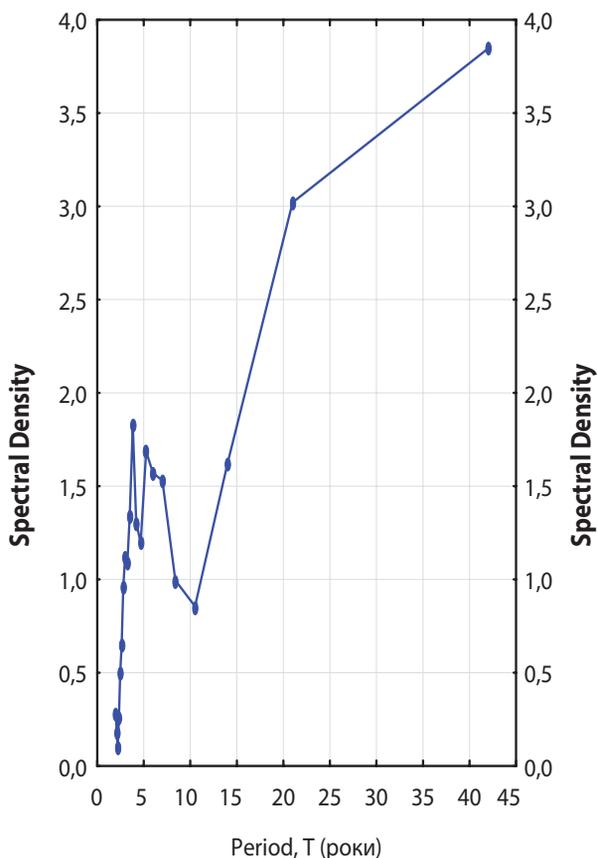
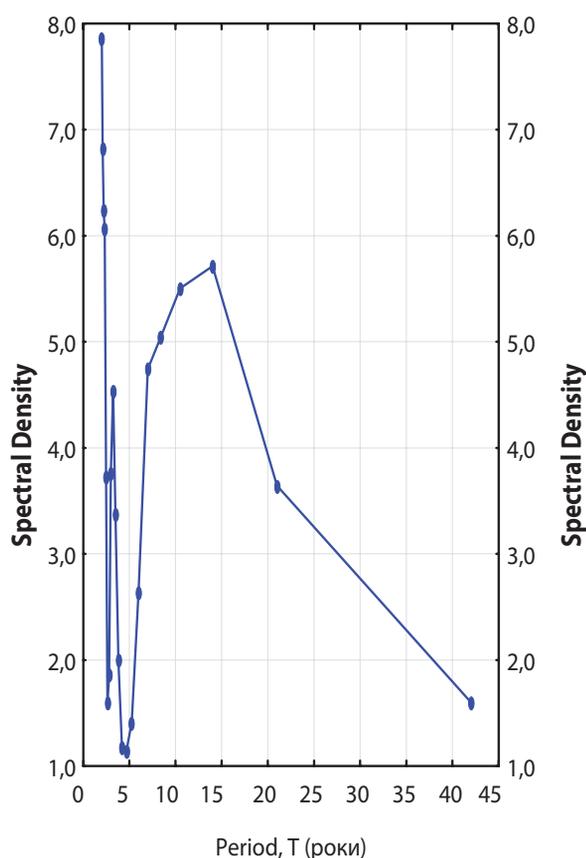


Рис. 1. Автокореляційна функція рядів динаміки зернових і буряків цукрових та гороху за 1976–2022 рр.

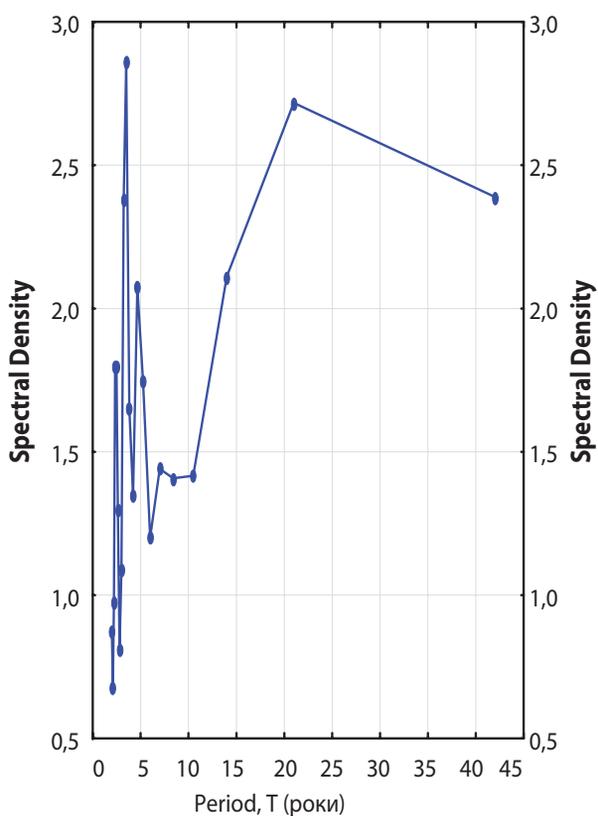
Spectral analysis: пшениця озима – середнє по дослїду



Spectral analysis: кукурудза – середнє по дослїду



Spectral analysis: горох – середнє по дослїду



Spectral analysis: буряки цукрові – середнє по дослїду

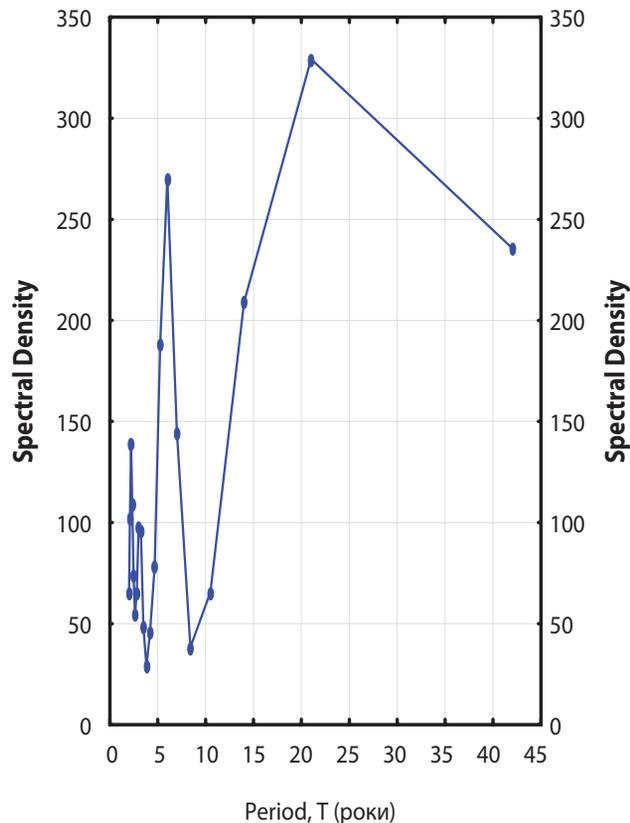


Рис. 2. Періодіограми рядів динаміки зернових культур, гороху та буряків цукрових за 1976–2022 рр.

- ряд не містить тенденцій і циклічних коливань і має випадкову структуру – «білий шум»;
- ряд містить нейтральну тенденцію, для виявлення якої необхідно провести додатковий аналіз.

З огляду на графік автокореляційної динаміки пшениці озимої встановлено, що другий лаг (2,5 роки) значення кореляції виходить за межі достовірного інтервалу і набуває додатного значення. Далі до восьмого лагу відбувається згасання автокореляції, а на 10 лагу відбувається зміна напрямку кореляції – автокореляція набуває від'ємного значення. У подальшому автокореляція зростає до 18 лагу (22 роки). У подальшому до 26 лагу автокореляція спадає і змінює знак на 28 лагу, що відповідає – 34 рокам. З графіку автокореляційної функції можна визначити циклічність урожайності пшениці озимої: 3 роки, 10 років, 22 роки та слабовиражений цикл 34 роки.

На основі (рис. 1) автокореляційної функції динаміки урожайності зерна кукурудзи встановлено, що автокореляція по лагу №3 виходить за межі допустимого інтервалу і досягає прямого помірної значення або відповідає циклу 4 роки. Аналогічно виділяється лаг №5, який відповідає 5 рокам циклічності.

Далі за наступними лагами відбувається зниження автокореляції у ряду до слабого рівня і на рівні 18 лагу (19 років) відбувається зміна напрямку кореляції, яка набуває від'ємного значення і виходить за межі допустимого інтервалу на 20 рік, 29 рік, 32 рік та 35 рік, що характеризує встановлену циклічність урожайності зерна кукурудзи в ряду її динаміки.

Графік автокореляційної функції динаміки урожайності ячменю ярого показав наявність вираженої циклічності 3 роки, а добре виявленої циклічності урожайності – 22–23 роки, де значення автокореляції виходить за допустимий інтервал на слабкому рівні. Загалом урожайність зернових культур у короткочасних сівозмінах мала чітко виражену циклічність 2, 4, 5 років та 36 років.

По зернових культурах всі ряди динаміки зберігали трендовість. Аналіз показує, що ряди динаміки урожайності зерна гороху були трендовими, циклічність самої урожайності визначалася лагом №12 або 14–15 років. Далі автокореляція в ряду динаміки була спадною, де фіксувалася слабо виражена циклічність 19, 34 роки. По буряках цукрових автокореляція в рядах динаміки мала чітко виражену періодичність. Достовірною вона була на лагах №8, 10, або 10–12 років, а слабо вираженою на лагах №24 (29 років), №37 (37 років) (рис. 2).

Висновки

1. Аналіз урожайності зернових культур за 1976–2022 р. залежно від типу сівозміни, удобрення та способу обробітку ґрунту набуває особливої цінності. Урожайність пшениці озимої в сівозміні з горохом за систематичної оранки становила 4,67–5,15 т/га, поверхневого обробітку, який переривався оранкою під буряки цукрові, – 5,0–5,05 т/га, за беззмінного поверхневого обробітку під всі культури у сівозміні 4,50–4,64 т/га. В сівозміні з багаторічними травами урожайність зерна пшениці озимої найвищою виявилася за поверхневого обробітку – 4,89–4,95 т/га, а за безполицевого обробітку та оранки урожайність пшениці становила 4,73 та 4,50 т/га, що достовірно нижче ($HP_{0,5}=0,25$) відносно систематичної оранки.
2. Урожайність кукурудзи у сівозміні з горохом та травами найвищою виявилася за оранки: 9,45–10,0 т/га та 11,3 т/га відповідно. За безполицевого обробітку урожайність зерна кукурудзи була нижчою на 1,03 та 0,57 т/га і 1,7 т/га відповідно сівозмінам, а за поверхневого обробітку урожайність знижувалася до 8,53–8,85 т/га. Урожайність зернових культур найвищою виявилася за систематичного виконання оранки, як в сівозмінах з травами, так і горохом: 6,45 та 8,19 т/га відповідно. За безполицевого обробітку урожайність зернових мала тенденцію до зниження, але залишилась у межах достовірних значень: урожайність зменшилася на 0,76 та 0,57 т/га, або 9,3% і 8,8%; за поверхневого – на 0,86 та 0,92 т/га, або на 10,5 і 14,3% (достовірне значення).
3. Автокореляція в рядах динаміки сої в 7–10-пільних сівозмінах свідчить про відсутність трендовості, чітко виражених циклів зміни урожайності зерна не виявлено. У сівозмінах з короткою ротацією (3–5-пільні сівозміни) на межі достовірності виявлено цикл за лагом №4 (3 роки), а менш виражений цикл на рівні лагу №14 (8 років). У середньому по 3–10-пільних сівозмінах тренди зміни урожайності слабо виражені, а циклічність слабо виражена на лагах №4, 14 (3 та 8 років). Автокореляційна функція зміни урожайності свідчить про високу трендовість. Циклічність добре виражена на лагах №11–13 (7–8 років), а за зміною знака автокореляції – лаг №6 (3–4 роки).

ЛІТЕРАТУРА

1. Барабаш М.Б., Г. Таранчук Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату. *Наук. прац. УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 174–186.
2. Барабаш М.Б., Таранчук, Н.Г. Гребенюк, Т.В. Корж Практичний напрямок досліджень зміни клімату в Україні. Фізична географія та геоморфологія. К.: ВГЛ «Обрій». 2009. Вип. 57. С. 28–36.
3. Наконечна С.І., Савіна С.С. Погодний ризик АПК: адаптивне моделювання, економічне зростання та прогнозування. Київ. 1998. 160 с.
4. П'яте Національне повідомлення України з питань зміни клімату. Держекоінвестагенство: сайт. URL: www/seia.gov.ua/doccataiog/document/id=632557.
5. Тараріко О.Г., Сиротенко, Т.В. Іленко, Т.Л. Кучма, Воскресенська О.М. Оцінка впливу змін клімату на продуктивність зернових культур та їх прогнозування за супутниковими даними. *Вісник аграрної науки*. 2013. №10. С.10–16.
6. Петриченко В.Ф., Безуглий М.Д., Жук В.М., Іващенко О.О. Нова стратегія виробництва зернових та олійних культур в Україні. К.:Аграрна наука. 2012. 48 с.
7. Польовий А.М., Кульбіда М.І., Адаменко Т.І., Трофімова І.В. Моделювання впливу зміни клімату на агрокліматичні умови вирощування та фотосинтезу продуктивності озимої пшениці в Україні. *Укр. гідромет. журн.* 2007. №2. С.76–91.
8. Степаненка С.М., Польового А.М. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: моногр. Одеса: Екологія, 2011. 697 с.
9. Демиденко О.В., Величко В.А. Агрофізичні умови ґрунтоутворення чорноземів в агроценозах. *Вісник аграрної науки*. 2013. №2. С.14–19.
10. Flammini A. Biofuels and the underlying causes of high food prices. Global Bioenergy Partnership Secretariat, 2008. 31 p.
11. OECD–FAO Agricultural Outlook 2011–2020. Chapter 4: Cereals. OECD/FAO. 2011. P. 94–106.
12. Golyandina N. On the choice of parameters in Singular Spectrum Analysis and related subspace-based methods. St. Petersburg State University, 2011. 32 p.
13. Hassani H., Zhigljavsky A. Singular spectrum analysis: methodology and application to economics data. *Jrl Syst Sci & Complexity*. 2009. № 22. P. 372–394.
14. Jackson Donald A. Robust principal component analysis and outlier detection with ecological data / Donald A. Jackson, Yong Chen. *Envirometrics*. 2004. № 15. P. 129–139.
15. Hladik Milan Bounds on eigenvalues and singular values of interval matrices / Milan Hladik, David Daney, Elias P. Tsigaridas. INRIA. 2009. P. 1–18.

REFERENCES

1. Barabash M.B., G. Taranchuk (2007). Osoblivosti zmini resursiv tepla ta vologi v Ukraini pri suchasnomu poteplinni klimatu. *Nauk. prac. UkrNDGMI*, 256, 174–186 [in Ukrainian].
2. Barabash M.B., Taranchuk, N.G. Grebenyuk, T.V. Korzh (2009). Praktichnij napryamok doslidzhen' zmini klimatu v Ukraini. Fizichna geografiya ta geomorfologiya. – K.: VGL «Obrij». Vip. 57. P. 28–36 [in Ukrainian].
3. Nakonechna S.I., Savina S.S. (1998). Pogodnij rizik APK: adaptivne modelyuvannya, ekonomichne zrostannya ta prognozuvannya. Kiyv. 160 p. [in Ukrainian].
4. P'yate Nacional'ne povidomlennya Ukraini z pitan' zmini klimatu. Derzhzekoinvestagenstvo: sajт. URL : www/seia.gov.ua/doccataiog/document/id=632557 [in Ukrainian].
5. Tarariko O.G., Sirotenko, T.V. Ilenko, T.L. Kuchma, O.M. (2013). Voskresens'ka Ocinka vplivu zmin klimatu na produktivnist' zernovih kul'tur ta ih prognozuvannya za suputnikovimi danimi. *Visnik agrarnoi nauki*, 10, 10–16 [in Ukrainian].
6. Petrichenko V.F., Bezuglij M.D., Zhuk V.M., Ivashchenko O.O. (2012). Nova strategiya virobництва zernovih ta olijnih kul'tur v Ukraini. K.:Agrarna nauka. 48 p. [in Ukrainian].
7. Pol'ovij A.M., Kul'bida M.I., Adamenko T.I., Trofimova I.V. (2007). Modelyuvannya vplivu zmini klimatu na agroklimatichni umovi viroshchuvannya ta fotosintezu produktivnosti ozimoї pshenicі v Ukraini. *Ukr. gidromet. zhurn.*, 2, 76–91 [in Ukrainian].
8. Stepanenka S.M., Pol'ovogo A.M. (2011). Ocinka vplivu klimatichnih zmin na galuzi ekonomiki Ukraini: monografiya. Odеса: Ekologiya. 697 p. [in Ukrainian].
9. Demidenko O.V., Velichko V.A. (2013). Agrofizichni umovi rruntoutvorennya chornozemiv v agroценозах. *Visnik agrarnoi nauki*, 2, 14–19 [in Ukrainian].

10. Flammini A. (2008). Biofuels and the underlying causes of high food prices. Global Bioenergy Partnership Secretariat. 31 p. [in English].
11. OECD–FAO (2011). Agricultural Outlook 2011–2020. Chapter 4: Cereals. OECD/FAO. P. 94–106 [in English].
12. Golyandina N. (2011). On the choice of parameters in Singular Spectrum Analysis and related subspace-based methods. St. Petersburg State University. 32 p [in English].
13. Hassani H., Zhigljavsky A. (2009). Singular spectrum analysis: methodology and application to economics data. *Jrl Syst Sci & Complexity*, 22, 372–394 [in English].
14. Jackson Donald A. (2004). Robust principal component analysis and outlier detection with ecological data. *Envirometrics*, 15, 129–139 [in English].
15. Hladik Milan (2009). Bounds on eigenvalues and singular values of interval matrices. INRIA. P. 1–18 [in English].

Demydenko O.V.

Dynamics of crop yields depending on fertilizer, cultivation method and crop rotation type

Aim. To analyse the series of dynamics of winter wheat, peas, sugar beet, sunflower and soybeans under different types of crop rotation, tillage and fertilization in a long-term stationary experiment. **Methods.** Statistical analysis (non-parametric statistics, ARIMA method, singular spectral method) in the central part of the Left-Bank Forest-Steppe. **Results.** The yield of winter wheat in a crop rotation with peas under systematic ploughing was 4.67–5.15 t/ha, surface tillage interrupted by ploughing for sugar beet – 5.0–5.05 t/ha, with constant surface tillage for all crops in the crop rotation – 4.50–4.64 t/ha. In the crop rotation with perennial grasses, the yield of winter wheat grain was the highest under surface tillage – 4.89–4.95 t/ha, and under no-till and ploughing, the yield of wheat was 4.73 and 4.50 t/ha, which is significantly lower ($NIR_{0.5}=0.25$) compared to systematic ploughing. The yield of maize in a crop rotation with peas and grasses was the highest under ploughing: 9.45–10.0 t/ha and 11.3 t/ha, respectively. Under no-till tillage, corn grain yields were lower by 1.03 and 0.57 t/ha and 1.7 t/ha, respectively, in crop rotations, and under surface tillage, yields decreased to 8.53–8.85 t/ha. Under moldboardless cultivation, grain yields tended to decrease, but remained within the range of reliable values: yields decreased by 0.76 and 0.57 t/ha or 9.3% and 8.8%; under surface tillage – by 0.86 and 0.92 t/ha or 10.5% and 14.3% (reliable value). **Conclusions.** The autocorrelation in the series of soybean dynamics in 7–10–seed rotations indicates the absence of trend, and no clearly defined cycles of grain yield changes were found. In crop rotations with a short rotation (3–5 fallow crop rotations), a cycle at lag 4 (3 years) was found at the limit of reliability, and a less pronounced cycle at lag 14 (8 years). On average, for 3–10 crop rotations, yield trends are weakly expressed, and cyclicity is weakly expressed at lags 4 and 14 (3 and 8 years). The autocorrelation function of yield change indicates a high trendiness. The cyclicity is well expressed at lags 11–13 (7–8 years), and the change in the sign of autocorrelation is observed at lag 6 (3–4 years).

Key words: cereals, peas, soybeans, sunflower, trend, singular spectral analysis, non-parametric statistics.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

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

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, ORCID: 0000-0002-5334-1154.

Надійшла 08.02.2024

ДИНАМІКА ЧИСЕЛЬНОСТІ ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ МІКРООРГАНІЗМІВ КОРЕНЕВОЇ ЗОНИ КУКУРУДЗИ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ДОЗ МІНЕРАЛЬНИХ І ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ

І.М. Малиновська¹, С.Е. Дегодюк¹, А.В. Балян²

¹ ННЦ «ІЗ НААН» (с.мт Чабани, Україна)

² Національна академія аграрних наук України (м. Київ, Україна)

Мета. Дослідження динаміки чисельності та фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів II еколого-трофічних, фізіологічних та систематичних груп у кореневій зоні кукурудзи за використання різних систем удобрення: мінеральної, органічної, органо-мінеральної та удобрення ОМБД (органомінеральне біоактивне добриво, виготовлено на основі сапропелю, торфу, мінеральних добрив ($N_{30}P_{30}K_{30}$), сорбентів із використанням біоти – комплексу агрономічно цінних мікроорганізмів). **Методи.** Мікробіологічний, лабораторно-аналітичний, статистичний. **Результати.** Встановлено, що динаміка чисельності мікроорганізмів усіх досліджених груп носить загальний характер: кількість мікроорганізмів інтенсивно збільшується від фази третього листка до фази цвітіння волоті, і набагато повільніше – до фази молочної стиглості кукурудзи. У цій фазі спостерігається також явище зниження різниці між варіантами досліді. Найбільший вплив на чисельність мікроорганізмів має застосування органо-мінеральної, органічної, ОМБД та органо-мінеральної системи удобрення на фоні заорювання соломи пшениці і внесення добрив у дозі $N_{40}P_{30}K_{40}$. **Висновки.** Чисельність амоніфікаторів впродовж вегетації максимально збільшується у варіанті без добрив, можливо через повільніший розвиток рослин у цьому варіанті досліді, та за органо-мінеральної системи удобрення із заорюванням соломи пшениці і внесенням добрив. Заорювання соломи як додаткового джерела вуглецю приводить у фазі третього листка до зростання чисельності полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів за умов внесення мінеральних добрив (у 2,2 раза), при цьому їх фізіолого-біохімічна активність зростає як за внесення мінеральних добрив, так і без них – у 3,4 раза. У фазі цвітіння зростання кількості мікроорганізмів в результаті заорювання соломи сягає: амоніфікаторів – 19,2%, денітрифікаторів – 148,0, нітрифікаторів – 86,5, педотрофів – 58,3, целюлозоруйнівних – 70,6, кислотоутворювальних – 129,5, загальної чисельності – 14,1%.

Ключові слова: амоніфікатори, полісахаридсинтезувальні мікроорганізми, азотобактер, мінеральне удобрення, органічне удобрення, ОМБД.

Вступ. Відомо, що внесення в ґрунт органічних і мінеральних добрив підвищує чисельність мікроорганізмів та їх біомасу, інтенсивність «дихання» ґрунту, активність ферментів (інвертази, протеази, уреази), сприяє зростанню функціонального різноманіття та загального рівня біологічної активності ґрунту, підтримує генетичне різноманіття ґрунтової мікробіоти, створює сприятливі умови для протікання процесів нагромадження органічної речовини ґрунту, що сприяє відновленню загальних запасів гумусу і його

якісних характеристик [1–4]. Збільшення загальної біомаси та чисельності мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп у мікробному комплексі спостерігається також за внесення гною, заорюванні зеленої маси рослин (сидерації) або сухих рослинних решток (соломи) [5; 6]. Тривале застосування різних видів органічних добрив призводить не лише до концентрації мікроорганізмів різних таксономічних груп у ризосфері рослин, а й викликає зміни якісного складу мікробіоти із збільшенням частки мікроорганізмів

з агрономічно цінними властивостями (амоніфікувальних, олігонітрофільних, фосфатмобілізувальних, целюлозоруйнівних, азотобактера) [5; 6].

Отже, дослідження впливу різних систем удобрення, зокрема новітніх, на чисельність та фізіологічну активність клітин мікроорганізмів агрономічно цінних груп є актуальним.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в «Тривалому польовому досліді з вивчення впливу хімічних і біологічних засобів інтенсифікації у польовій короткоротаційній сівозміні» відділу агрохімії ННЦ «ІЗ НААН», ґрунт дослідних ділянок – сірий лісовий крупнопилувато-легкосуглинковий. Повторення досліді 4-разове, площа посівної ділянки 52м², облікової – 22м². Дослідження проводили у варіантах досліді: 1 – без добрив (контроль); 2 – органо-мінеральна система удобрення, яка передбачає пряму дію 60 т/га підстилкового гною великої рогатої худоби + N₃₀P₃₀K₃₀; 3 – органо-мінеральна система удобрення, 60 т/га підстилкового гною великої рогатої худоби + N₆₀P₆₀K₆₀; 4 – органічна система удобрення, яка передбачає пряму дію 60 т/га підстилкового гною великої рогатої худоби; 5 – мінеральна система удобрення N₃₀P₃₀K₃₀; 6 – ОМБД (N₃P₃K₃) – органо-мінеральне біоактивне добриво, виготовлене на основі сапропелю озерного, торфу, мінеральних

добрив, сорбентів із використанням біоти – комплексу агрономічно цінних мікроорганізмів – 1 т/га; 7 – органічна система удобрення + солома пшениці 3 т/га; 8 – органо-мінеральна система удобрення, яка передбачає пряму дію 60 т/га підстилкового гною великої рогатої худоби + солома пшениці 3 т/га + N₃₀P₃₀K₃₀. Агрохімічну характеристику ґрунту варіантів досліді, що вивчалися, представлено у табл. 1.

У 2017 р. у досліджуваних варіантах вирощували кукурудзу на зерно, попередник – пшениця озима.

Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних, функціональних і систематичних груп оцінювали методом висіву водно-ґрунтової суспензії на відповідні загальні, елективні та спеціальні поживні середовища в трьох повтореннях [7–9]. Фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп визначали методом, який описаний раніше [10;11].

Узагальнення матеріалів, розрахунки результатів досліджень, надійність різниць між вибірками оцінювали за допомогою дисперсійного аналізу із подальшою оцінкою найменш значимих різниць (НІР₀₅), а також програмного забезпечення [12].

Результати та їх обговорення. Досліджували зміни чисельності мікроорганізмів у кореневій зоні рослин кукурудзи впродовж онтогенезу: у фазі

Таблиця 1. Агрохімічна характеристика орного (0-20 см) шару сірого лісового ґрунту за різних систем удобрення під посівами кукурудзи, 2017 р.

Варіант	рН сол.	рН вод.	Гідрол. к-ть, мг-екв на 100 г ґрунту	Гумус, %	Гідролізований азот	Рухомий	
						фосфор P ₂ O ₅	калій K ₂ O
						мг/кг ґрунту	
Фізико-хімічні властивості				Агрохімічні властивості			
Без добрив (контроль)	5,6	6,6	1,95	1,08	50,8	191,0	80,3
Органо-мінеральна система удобрення + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	5,3	6,4	1,15	1,30	76,0	243,0	132,5
Органо-мінеральна система удобрення + N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	5,2	6,4	1,37	1,35	79,0	220,5	127,5
Органічна система удобрення	5,6	6,6	0,99	1,35	78,0	280,9	157,5
Мінеральна система удобрення N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	5,07	6,2	1,37	1,24	74,0	277,5	10,5
ОМБД – 1т/га	5,6	6,5	1,20	1,28	70,0	277,5	110,0
Органічна система удобрення + солома пшениці 5 т/га	5,2	6,2	1,78	1,10	59,5	195,0	110,0
Органо-мінеральна система удобрення + солома пшениці 5 т/га + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	4,6	5,8	1,94	1,26	54,0	213,5	125,0

третього листка, цвітіння волоті та молочної стиглості (табл. 2–4). Динаміка кількості мікроорганізмів всіх еколого-трофічних груп носить загальний характер: кількість мікроорганізмів інтенсивно збільшується від фази третього листка до фази цвітіння волоті, а до фази молочної стиглості спостерігається невелике підвищення чисельності мікроорганізмів окремих груп. У цій фазі спостерігається також явище зниження різниці між варіантами досліджу.

Чисельність мікроорганізмів збільшується за різних систем удобрення кукурудзи на різну величину. Так, чисельність амоніфікаторів збільшується від фази третього листка до фази цвітіння у контролі на 47,7%, за органо-мінеральної системи удобрення + $N_{40}P_{30}K_{40}$ – на 17,4%, за органо-мінеральної системи удобрення із подвійною дозою добрив – на 9,30%, за мінеральної системи удобрення – 129,0, за ОМБД – 24,9, за органо-мінеральної системи удобрення із заорюванням соломи пшениці і внесенням добрив – на 57,9% (табл. 2, 3). Отже, чисельність амоніфікаторів впродовж вегетації максимально збільшується у варіанті без добрив (можливо через повільніший розвиток рослин в цьому варіанті досліджу) та за органо-мінеральної системи удобрення із заорюванням соломи пшениці і внесенням добрив. У деяких варіантах досліджу чисельність амоніфікаторів або не збільшується, або збільшення чисельності не є достовірним. Аналогічні показники збільшення чисельності від фази третього листка до фази цвітіння для іммобілізаторів мінерального азоту становлять 127%, 128, 106, 145, 53,3 і 49,4%. Максимально чисельність мікроорганізмів цієї групи збільшується у варіантах із застосуванням органо-мінеральної та органічної систем удобрення. У фазі молочної стиглості тенденція до збільшення чисельності мікроорганізмів більшості досліджених груп не спостерігається (табл. 4).

Увагу зосереджено на істотному зростанні чисельності олігонітрофілів впродовж вегетації у всіх варіантах досліджу, особливо у варіанті без добрив (контроль). Це свідчить про нестачу мінеральних елементів у ґрунті, яка поглиблюється внаслідок інтенсивного росту рослин.

Полісахаридсинтезувальні мікроорганізми відносяться до індикаційних груп на нестачу мінеральних елементів у ґрунті [13–15]. Однак, прояв індикаційних властивостей має багато обмежень, оскільки на кількість мікроорганізмів, які синтезують позаклітинні полісахариди впливає величина

співвідношення C/N в ґрунті, наявність, концентрація і властивості субстратів та сумарний рівень забруднення екотопу поллютантами. Всі ці чинники складаються у відкритих біокосних системах, якими є агроценози, і впливають на кількість і фізіологічну активність полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів різного ступеня. Представленими дослідженнями підтверджується теза про індикаційність мікроорганізмів цієї групи: у контролях, де добрива не вносяться багато років, чисельність полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів невелика, але вони мають максимальну серед досліджених варіантів фізіолого-біохімічну активність (ФБА): вона в рази перевищує ФБА мікроорганізмів варіантів із внесенням мінеральних добрив (табл. 5, 6).

Внесення соломи як додаткового джерела вуглецю приводить до зростання чисельності полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів у кореневій зоні кукурудзи у фазі третього листка лише за умов внесення мінеральних добрив – у 2,2 раза, при цьому їх фізіолого-біохімічна активність зростає в обох варіантах: як за внесення мінеральних добрив, так і без нього – у 3,4 раза. У наступній фазі вегетації заорювання соломи не супроводжується зростанням чисельності полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів, можливо, через інтенсивний ріст рослин і створений внаслідок цього дисбаланс між карбоном і нітрогеном. До того ж співвідношення між фізіолого-біохімічною активністю бактерій у варіантах із заорюванням соломи і без неї зберігається: мікроорганізми у варіантах із внесенням соломи більш активні, ніж за органічної системи удобрення без заорювання соломи у 2,4 раза (табл. 5, 6). Максимальну фізіолого-біохімічну активність демонструють мікроорганізми варіанта без добрив (контроль).

Встановлено, що у фазі третього листка застосування органо-мінеральної системи удобрення приводить до зростання у кореневій зоні кукурудзи чисельності мікроорганізмів циклу нітрогену: амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, азотобактера; циклу вуглецю: педотрофів, целюлозоруйнівних, полісахаридсинтезувальних, актиноміцетів, мікроміцетів, а також кислотоутворювальних мікроорганізмів, які беруть участь у збільшенні рухомості мінеральних елементів (табл. 2). Загальна чисельність мікроорганізмів у результаті внесення органічних (пряма дія 60 т/га підстилкового гною великої рогатої худоби) і мінеральних ($N_{40}P_{30}K_{40}$) добрив підвищується порівняно із варіантом без добрив

Таблиця 2. Вплив агрохімічних заходів на чисельність мікроорганізмів у кореневій зоні кукурудзи у фазі третього листка, млн КУО / г абсолютно сухого ґрунту, 2017 р.

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання ґрудочок ґрунту	Целотрофи	Целюлоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Актиноміцети	Мікроміцети	Метанісинтезувальні мікроміцети	Частка меланінісинтезувальних мікроміцетів у загальній кількості	Кислотоутворювальні	Загальна чисельність
Без добрив (контроль)	290,4	36,5	41,8	9,3	22,3	39,7	2,78	14,1	0,306	0,021	6,86	23,7	480,9
Органо-мінеральна система удобрення + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	620,0	109,8	32,9	17,3	65,4	51,4	12,9	17,1	0,441	0,042	9,52	8,04	935,3
Органо-мінеральна система удобрення + N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	635,7	111,2	49,3	28,7	71,1	133,8	14,4	8,10	0,250	0,059	23,6	4,58	1057,2
Органічна система удобрення	481,6	69,8	73,0	10,7	123,6	130,9	7,33	23,8	0,216	0,001	0,46	1,05	922,0
Мінеральна система удобрення N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	313,9	120,6	21,7	16,0	47,4	50,4	6,35	13,1	0,353	0,042	11,9	14,1	604,0
ОМБД – 1 т/га	521,0	215,8	77,3	92,7	134,6	58,1	15,1	25,3	0,232	0,007	3,02	8,10	1148,2
Органічна система удобрення + солома пшениці 5 т/га	334,3	71,1	45,9	16,0	115,2	35,9	2,67	22,5	0,309	0,021	6,80	9,07	653,0
Органо-мінеральна система удобрення + солома пшениці 5 т/га + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	549,5	255,6	57,6	10,7	182,9	104,9	13,9	51,9	0,326	0,014	4,29	9,13	1236,5
НІР ₁₅	15,3	9,85	5,56	2,35	5,12	4,22	1,13	2,01	0,015	0,001		1,12	

Таблиця 3. Вплив агрохімічних заходів на чисельність мікроорганізмів у кореневій зоні кукурудзи у фазі цвітіння волоті, млн КУО / г абсолютно сухого ґрунту, 2017 р.

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання ґрунцю	Денітрифікатори	Нітрифікатори	Педотрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Метанінісинтезувальні мікроміцети	Кислототворювальні	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Загальна чисельність
Без добрив (контроль)	428,2	82,9	228,7	10,7	25,9	0,082	94,1	91,9	3,77	25,4	53,5	0,365	0,010	24,7	5,83	1076,1
Органо-мінеральна система удобрення + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	728,0	249,8	167,3	91,3	46,3	0,052	141,8	105,6	1,04	31,2	40,7	0,293	0,038	21,7	11,7	1637,0
Органо-мінеральна система удобрення + N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	694,8	229,5	175,3	17,3	46,7	0,114	192,9	117,5	3,46	28,6	24,5	0,190	0,017	13,1	11,1	1555,1
Органічна система удобрення	424,6	171,2	151,0	10,0	15,7	0,045	118,7	137,4	4,87	22,2	17,8	0,153	0,035	26,8	6,61	1107,1
Мінеральна система удобрення N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	721,1	184,9	121,8	8,00	15,5	0,110	123,5	94,5	0,35	25,4	37,6	0,276	0,035	29,0	5,87	1368,0
ОМБД – 1 т/га	650,5	206,6	145,3	13,3	46,7	0,104	84,8	103,1	2,77	15,1	35,8	0,284	0,021	49,8	8,65	1362,8
Органічна система удобрення + солома пшениці 5 т/га	446,4	106,2	91,9	5,33	144,1	0,096	82,0	143,2	2,34	15,7	32,9	0,278	0,017	45,3	3,00	1119,0
Органо-мінеральна система удобрення + солома пшениці 5 т/га + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	867,6	178,7	177,7	12,7	114,1	0,097	224,4	180,2	2,82	24,2	29,0	0,287	0,021	49,8	7,00	1868,6
НП ₀₅	12,0	8,25	8,41	0,84	2,15	0,001	6,85	8,00	1,82	0,85	1,05	0,01	0,006	0,05	0,01	

Таблиця 4. Вплив агрохімічних заходів на чисельність мікроорганізмів у кореневій зоні кукурудзи у фазі молочної стиглості, млн КУО / г абсолютно сухого ґрунту, 2017р.

Варіант	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Целотрофи	Целолозуючі бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Метанісинтезувальні мікроміцети	Частка меланісин-тезувальних мікроміцетів у загальній кількості	Кислотоутворювальні	Загальна чисельність
Без добрив (контроль)	371,4	75,6	112,8	86,8	80,5	2,55	26,4	45,6	0,332	0,012	3,61	25,6	827,6
Органо-мінеральна система удобрєння + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	615,6	202,3	138,6	117,3	92,6	2,02	28,5	50,9	0,341	0,026	7,62	18,2	1066,3
Органо-мінеральна система удобрєння + N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	713,4	200,4	135,5	179,3	103,2	4,15	24,2	48,2	0,260	0,028	10,8	13,6	1422,2
Органічна система удобрєння	388,1	180,0	149,2	108,2	125,9	6,17	20,1	29,2	0,192	0,005	2,60	26,4	1033,5
Мінеральна система удобрєння N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	683,3	185,2	110,8	108,9	80,4	1,38	24,6	40,5	0,301	0,037	12,3	20,3	1255,7
ОМБД – 1 т/га	664,3	217,3	137,4	81,6	100,3	3,89	14,8	51,6	0,285	0,012	4,21	17,4	1288,9
Органічна система удобрєння + солома пшениці 5 т/га	422,3	116,3	100,1	80,3	145,6	3,94	16,0	53,8	0,290	0,010	3,45	30,2	968,8
Органо-мінеральна система удобрєння + солома пшениці 5 т/га + N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	830,1	200,4	162,0	180,5	190,1	4,16	19,4	60,5	0,305	0,015	4,92	48,3	1695,8
НП ₀₅	12,1	7,88	9,05	9,14	8,13	0,11	1,99	2,15	0,009	0,002		2,01	

(контроль) на 94,5%, що значно більше, ніж у минулому вегетаційному періоді (16,6%).

Незважаючи на те, що чисельність мікроорганізмів більшості досліджених груп у результаті застосування органо-мінеральної системи удобрення зростає, фізіолого-біохімічна активність клітин більшості досліджених груп мікроорганізмів знизилась (табл. 5). Виключенням із цієї закономірності є ВФК (вірогідність формування колоній) амоніфікаторів, педотрофів, целюлозоруйнівних мікроорганізмів і мікроміцетів. Підвищення фізіолого-біохімічної активності педотрофів у результаті застосування органо-мінеральної системи удобрення збігається зі збільшенням індексу педотрофності на 36,4% за одинарної дози добрив і на 26,0% за подвійної дози добрив. Збільшення фізіолого-біохімічної активності амоніфікаторів збігається із зростанням коефіцієнта мінералізації сполук азоту, що узгоджується із раніше отриманими даними [13;14].

Подвійне збільшення дози мінеральних добрив на фоні органічної системи удобрення, яка передбачає 4 рік після внесення 60 т/га підстилкового гною великої рогатої худоби, приводить до незначного зростання чисельності амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, полісахаридсинтезувальних і кислотоутворювальних мікроорганізмів, загальної чисельності мікроорганізмів – на 13,0%, що збігається із даними попереднього вегетаційного періоду (табл. 2). Недостатню ефективність

внесення подвійної дози добрив можна пояснити тим, що на початку вегетації рослини кукурудзи ще не використали одинарної дози добрив.

У фазі цвітіння застосування органо-мінеральної системи удобрення із одинарною дозою добрив приводить до істотного зростання чисельності мікроорганізмів більшості досліджених груп: амоніфікаторів у 1,70 рази, іммобілізаторів мінерального азоту – 3,01, азотобактера – 8,53, денітрифікаторів – 1,79, педотрофів – 1,51, автохтонних – 1,23, целюлозоруйнівних – 1,15, мобілізаторів мінеральних фосфатів – 2,00, загальної чисельності мікроорганізмів у 1,52 раза (табл. 3). Застосування органо-мінеральної системи удобрення кукурудзи з одинарною дозою мінеральних добрив призводить до зростання фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів тільки деяких груп: амоніфікаторів, педотрофів, целюлозоруйнівних та мікроміцетів (табл. 6).

Ефективність дії мінеральних добрив на фоні органічної системи із заорюванням соломи пшениці є більш помітною, ніж на фоні органо-мінеральної системи удобрення кукурудзи (табл. 2, 3). Так, чисельність амоніфікаторів збільшується за внесення мінеральних добрив у фазі третього листка на 64,4%, у фазі цвітіння – на 94,5%, іммобілізаторів мінерального азоту у 3,59 і 1,68 рази відповідно, педотрофів – у 1,59 і 2,74 рази, целюлозоруйнівних – у 2,92 і 1,26 рази, полісахаридсинтезувальних – у 5,21 і 1,21, загальної чисельності мікроорганізмів

Таблиця 5. Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ , год⁻¹ · 10⁻²) у ґрунті кореневої зони кукурудзи у фазі третього листка за різних агрохімічних заходів, 2017 р.

№	Варіант	Амоніфікатори	Іммобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Педотрофи	Целюлозоруйнівні	Мікроміцети	Полісахарид-синтезувальні	Азотобактер
1	Без добрив (контроль)	0,09	0,471	5,08	0,62	1,77	1,03	1,71	0
2	Органо-мінеральна система удобрення + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	1,04	0,264	3,32	1,58	2,24	1,18	0,578	0
3	Органо-мінеральна система удобрення + N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	1,45	0,227	3,17	0,85	1,74	1,63	1,14	0
4	Органічна система удобрення	6,82	0,487	2,43	1,15	0,82	2,76	0,285	0
5	Мінеральна система удобрення N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	4,34	0,578	3,69	3,76	1,79	2,49	0,654	0
6	ОМБД – 1 т/га	2,63	0,403	3,75	3,63	2,18	1,60	0,552	2,53
7	Органічна система удобрення + солома пшениці 5 т/га	0,93	0,453	4,02	1,19	1,92	1,99	0,958	0
8	Органо-мінеральна система удобрення + солома пшениці 5 т/га + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	1,96	0,631	4,76	2,35	1,85	2,67	0,981	0

у 1,34 і 1,69 рази відповідно. Вірогідність формування колоній підвищилася в результаті внесення мінеральних добрив у мікроорганізмів майже всіх досліджених груп, за виключенням денітрифікаторів (табл. 5, 6). Так, фізіолого-біохімічна активність клітин амоніфікаторів у фазі третього листка зростає у 2,11 рази, іммобілізаторів мінерального азоту – 1,39, педотрофів – 1,97, мікроміцетів – у 1,34 рази. У фазі цвітіння відповідні показники становили для амоніфікаторів – 2,32 рази, педотрофів – 2,54, автохтонних – 2,32, мікроміцетів – 3,0 рази. Отже, найбільш чутливо реагують на оптимізування мінерального живлення рослин кукурудзи амоніфікувальні мікроорганізми і впродовж інтенсивного росту рослин вплив мінеральних добрив на фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів посилюється до фази цвітіння.

Позитивний характер впливу мінеральних добрив на чисельність амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту та мікроорганізмів інших груп є зрозумілим, оскільки оптимізування мінерального живлення приводить до інтенсифікування росту рослин кукурудзи і збільшення маси корневих виділень. Однак, застосування подвійної дози добрив не приводить до зростання чисельності мікроорганізмів

порівняно з одинарною дозою. Можливою причиною цього може бути існування іншого лімітувального фактора, наприклад, недостатній рівень зволоження. Збільшення дози мінеральних добрив вдвічі спричинив підвищення фізіолого-біохімічної активності амоніфікаторів у 1,70 рази, іммобілізаторів мінерального азоту – 2,77, денітрифікаторів – 1,66, полісахаридсинтезувальних бактерій у 1,61 рази (табл. 6).

Дослідження чисельності азотобактера не підтверджують закономірності, що встановлені раніше для сірих лісових ґрунтів [13–15]: на багаторічних контролях вміст азотобактера має максимальні значення (96–100% обростання ґрунтових грудочок) внаслідок найменшого антропогенного навантаження: в ґрунти багаторічних контролів не вносять добрива, меліоранти, не заорюють побічну продукцію рослинництва. Результати проведених у 2016–2017 рр. досліджень свідчать про невисокий вміст азотобактера в ґрунті контрольного варіанта. Пояснень цьому може бути кілька: дослід закладений у 2011 р., тому контрольний варіант (як і всі інші) не є багаторічним, тобто ґрунт цього досліду має достатньо високий вміст політантів, що гальмують розвиток азотобактера, який дуже чутливий до дії забруднювачів. Внесення азотних мінеральних добрив

Таблиця 6. Вірогідність формування колоній мікроорганізмів (λ , год⁻¹ · 10⁻²) у ґрунті кореневої зони кукурудзи у фазі цвітіння волоті за різних агрохімічних заходів, 2017 р.

№	Варіант	Амоніфікатори	Іммобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Нітрифікатори	Денітрифікатори	Педотрофи	Автохтонні	Целюлозоруйнівні	Мікроміцети	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Полісахарид-синтезувальні
1	Без добрив (контроль)	1,27	0,391	5,67	0,141	0,398	0,920	0,666	0,680	1,74	4,05	0,972
2	Органо-мінеральна система удобрення + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	0,53	0,427	6,02	0,109	0,201	1,18	0,534	2,18	2,37	4,45	0,318
3	Органо-мінеральна система удобрення + N ₈₀ P ₆₀ K ₈₀	0,90	1,182	5,85	0,109	0,334	0,530	0,473	1,14	1,38	4,37	0,512
4	Органічна система удобрення	1,08	0,661	5,55	0,000	1,72	0,640	0,586	1,70	1,15	4,46	0,184
5	Мінеральна система удобрення N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	1,64	0,451	7,44	0,070	3,67	1,09	0,668	0,970	1,57	4,35	0,213
6	ОМБД – 1 т/га	1,64	0,693	5,77	0,038	0,572	0,840	0,556	3,67	1,39	4,35	0,240
7	Органічна система удобрення + солома пшениці 5 т/га	0,65	0,492	3,42	0,126	0,453	0,390	0,431	1,76	1,01	7,78	0,441
8	Органо-мінеральна система удобрення + солома пшениці 5 т/га + N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	1,51	0,466	4,84	0,150	0,092	0,990	1,00	0,720	3,02	6,92	0,481

призводить до підвищення чисельності азотобактера: у фазі третього листка у 1,86 раза, у фазі цвітіння кукурудзи – у 8,53 раза. Збільшення дози добрив удвічі підвищує чисельність азотобактера у фазі третього листка на 65,9%. Отже, порушується загальностановлена закономірність: екзогенно внесені мінеральні добрива гальмують розвиток вільноіснуючих азотфіксувальних мікроорганізмів, азотобактера зокрема. І тільки у фазі цвітіння і молочної стиглості реалізується ця закономірність і чисельність азотобактера під впливом мінеральних добрив зменшується у рази.

Варіант досліді із органічною системою удобрення кукурудзи характеризується мінімальною кількістю азотобактера впродовж усіх досліджених фаз вегетації, що збігається із даними попереднього вегетаційного періоду. Варіант застосування ОМБД спочатку вегетаційного періоду характеризується високим вмістом азотобактера у ґрунті (92,7%), а потім його кількість різко зменшується, що збігається із даними вегетаційного періоду 2016 р. Причиною цього може бути зменшення чисельності саме інтродукованого у складі ОМБД азотобактера, внесення якого у ґрунт відбувається навесні.

Заорювання соломи пшениці (5 т/га) на фоні органо-мінеральної системи удобрення істотно впливає на чисельність мікроорганізмів досліджених груп. Зростання кількості іммобілізаторів мінерального азоту становить у фазі третього листка 2,33 раза, педотрофів – 2,80, целюлозоруйнівних – 2,04, актиноміцетів – 3,04, кислотоутворювальних – 5,86, загальної чисельності мікроорганізмів – 1,32 раза; у фазі цвітіння збільшення кількості мікроорганізмів сягає: амоніфікаторів – 19,2%, денітрифікаторів – 148,0, нітрифікаторів – 86,5, педотрофів – 58,3, целюлозоруйнівних – 70,6, кислотоутворювальних – 129,5, загальної чисельності – 14,1% (табл. 3). Водночас, заорювання соломи пшениці викликає у фазі цвітіння зменшення чисельності іммобілізаторів мінерального азоту, азотобактера (у 7,2 раза), автохтонних мікроорганізмів, актиноміцетів, мобілізаторів мінеральних фосфатів.

Заорювання соломи на фоні органо-мінеральної системи удобрення кукурудзи приводить до істотного підвищення фізіолого-біохімічної активності мікроорганізмів всіх досліджених груп у фазі третього листка, особливо тих, що беруть участь у розкладанні макромолекул соломи (табл. 5). Однак, у фазі цвітіння заорювання соломи супроводжується

зменшенням ВФК іммобілізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів, денітрифікаторів, педотрофів та целюлозоруйнівних мікроорганізмів (табл. 6).

Представлені у табл. 1–5 дані підтверджують результати досліджень: за застосування органо-мінеральної системи удобрення, яка передбачає пряму дію внесення 60 т/га підстилкового гною великої рогатої худоби + $N_{40}P_{30}K_{40}$ зростає (порівняно із мінеральною системою удобрення ($N_{40}P_{30}K_{40}$)) чисельність мікроорганізмів як циклу нітрогену (амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів), циклу карбону (педотрофів, целюлозоруйнівних, актиноміцетів), так і мікроорганізмів, що беруть участь у мінеральному живленні рослин (кислотоутворювальних, мобілізаторів мінеральних фосфатів). Це стосується як фази третього листка, так і фаз цвітіння–молочної стиглості кукурудзи. Органічне удобрення збільшує не тільки чисельність мікроорганізмів досліджених груп, а й їхню фізіолого-біохімічну активність: амоніфікувальних – на 97,5%, олігонітрофілів – 51,6, педотрофів – 38,0, полісахаридсинтезувальних – на 103,1%, актино- і мікроміцетів – на 30,5 і 24,9% відповідно (табл. 5, 6). Аналогічна тенденція зберігається впродовж вегетації, тільки починаючи із фази цвітіння стає вагомою різниця у чисельності азотобактера – у 11,4 раза, денітрифікаторів – 2,99, мобілізаторів мінеральних фосфатів – у 2,0 рази.

Порівняння мінеральної і органічної систем удобрення кукурудзи показує, що за внесення тільки органічних добрив у фазі третього листка підвищується чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів (на 53,4%), олігонітрофілів, азотобактера, педотрофів (в 2,61 раза), целюлозоруйнівних (в 2,60 рази), актиноміцетів (на 81,7%), полісахаридсинтезувальних мікроорганізмів, загальна чисельність (на 52,6%), знижується чисельність денітрифікаторів, нітрифікаторів, мікроміцетів (зокрема меланінсинтезувальних), кислотоутворювальних мікроорганізмів. У фазі цвітіння мінеральна система удобрення забезпечує велику кількість амоніфікаторів, іммобілізаторів мінерального азоту, актиноміцетів, мікроміцетів, нітрифікаторів, педотрофів і більшу загальну чисельність мікроорганізмів (табл. 3). Мінеральна система удобрення також забезпечує більшу фізіолого-біохімічну активність мікроорганізмів досліджених груп мікроорганізмів у фазі цвітіння за виключенням іммобілізаторів мінерального азоту, нітрифікаторів та целюлозоруйнівних бактерій (табл. 6).

Ця закономірність простежується також на початку вегетації (фаза третього листка): мінеральна система удобрення забезпечує більш високий рівень ВФК всіх досліджених мікроорганізмів, за виключення амоніфікаторів (табл. 5).

Висновки

1. За результатами досліджень динаміки мікробіологічних процесів у сірому лісовому ґрунті за вирощування кукурудзи на зерно встановлено, що кількість мікроорганізмів всіх еколого-трофічних, функціональних і систематичних груп інтенсивно збільшується від фази третього листка до фази цвітіння волоті, до фази молочної стиглості спостерігається невелике підвищення чисельності мікроорганізмів окремих груп.
2. У фазі третього листка застосування органо-мінеральної системи удобрення кукурудзи на зерно ($N_{40}P_{30}K_{40}$) дає змогу підвищити загальну чисельність мікроорганізмів порівняно із контролем на 94,5%, органо-мінеральної системи удобрення ($N_{80}P_{60}K_{80}$) – 120,0, органічної системи удобрення – 91,7, ОМБД – 138,8, органо-мінеральної системи удобрення на фоні заорювання соломи пшениці і внесення добрив у дозі $N_{40}P_{30}K_{40}$ – на 157,1%.
3. У фазі цвітіння волоті застосування органо-мінеральної системи удобрення кукурудзи на зерно ($N_{40}P_{30}K_{40}$) дає можливість збільшити загальну чисельність мікроорганізмів порівняно із контролем на 52,1%, органо-мінеральної системи удобрення ($N_{80}P_{60}K_{80}$) – 44,5, органічної системи удобрення – 2,88, ОМБД – 26,7, органо-мінеральної системи удобрення на фоні заорювання соломи пшениці і внесення добрив у дозі $N_{40}P_{30}K_{40}$ – на 73,7%. Аналогічні показники для фази молочної стиглості становили 28,8, 71,8, 24,8, 55,7 і 104,9%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Войнова-Райкова Ж., Ранков В., Ампова Г. Микроорганизмы и плодородие Ж. Войнова-Райкова,; пер. с болг. и предисл. З. К. Благовещенской; под ред. И. В. Плотниковой. М.: Агропромиздат, 1986. 120 с.
2. Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A. and Kopriva, S. The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition—Current Knowledge and Future Directions. *Front. Plant Sci.* 2017. P.1617. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01617>.
3. Pengfei, Dang, Congfeng, Li, Chen, Lu, MiaomiaO, Zhang, Tiantian, Huang, Chenxi, Wan, HonWang, Yinyong, Chen, Xiaoliang, Qin, Yuncheng, Liao, Kada mbot, H.M. Siddique Effect of fertilizer management on the soil bacterial community in agroecosystems across the Globe Agriculture, Ecosystems & Environment. 2022. 326. 1. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107795>.
4. Волкогон В.В., Британ Т.Ю., Пиріг О.В. Розвиток мікроорганізмів та спрямованість біологічних процесів у чорноземі вилуженому за моделювання дефіциту свіжої органічної речовини та впливу мінерального азоту *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2018. Вип. 28. С. 3–16. DOI: 10.35868/1997-3004.28.3-16.
5. Цвей Я. П., Гоголь В.О. Формування мікробного ценозу залежно від сівозміни і систем удобрення. *Цукрові буряки*. 2010. № 5. С. 7–9.
6. Шерстобоева О. В., Дем'янюк О.С. Функціонування мікробних угруповань при використанні на добриво побічної продукції рослинництва. *Збірник наукових праць Інституту землеробства*. 2003. № 1–2. С. 17–22.
7. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Editors Kassem Alef, Paolo Nannipieri. Elsevier: Academy Press, 2010. 425. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-513840-6.X5014-9>.
8. Paul E.A. Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. 2015. 4th edn. Fort Collins: Elsevier Science. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05497-2>.
9. Nannipieri P., Ascher-Jenull J., Ceccherini M.T., Landi L., Pietramellara, G., Renella G. Microbial Diversity and Soil Functions. *European Journal of Soil Science*. 2003.54. doi: 10.1046/j.1351-0754.2003.0556.x.
10. Malynovska, I., Kaminskyi, V., Zadubynna, Ye., Kurhak, V., & Karpenko, V. The influence of agrotechnical measures on the number of melanin-synthesizing microorganisms. 2023. *Scientific Horizons*. 26(8) P. 52–61. doi:<https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.52>.
11. Krainiukov O., Miroshnychenko I., Siabruk O., Hladkikh Y. Effect of oil contamination on the course of changes in chernozem properties and phytotoxicity. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series Geology. Geography. Ecology*. 2022.57. P. 296–306. doi:<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-22>.
12. Welham S.J., Gezan S.A., Clark S.J., Mead A. Statistical Methods in Biology. 2015. Design and Analysis

of Experiments and Regression, Chapman and Hall/ CRC, 602.

13. Малиновська І.М., Ткаченко М.А., Сачок В.Г., Скуміна М.О. Вплив агротехнічних заходів на мікробні угруповання сірого лісового ґрунту. *Проблеми екологічної біотехнології*. 2014. №1. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb_2014_1_8.
14. Малиновська І.М., Сорока О.П. Вплив агротехнічних заходів на перебіг мікробіологічних

процесів у ґрунті малорічного перелогу. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції «Сільськогосподарська мікробіологія: здобутки та перспективи», Чернігів, 27–30 вересня 2011. С.256–260.

15. Малиновська І.М., Домбровська І.В. Стан мікробіоценозу сірого лісового ґрунту за різноцільового використання. *Вісник Київського національного університету. Сер.: біологія*. 2011. Вип. 57. С.21–25.

REFERENCES

1. Voinova-Raikova Zh., Rankov V., Ampova H. (1986). Mykroorhanyzmy u plodorodyye Zh. Voinova-Raikova,; per. s bolh. y predysl. Z. K. Blahoveshchenskoï; pod red. Y. V. Plotnykovoï. M.: Ahropromyzzdat. 120 p. [in Russian].
2. Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A. and Kopriva, S. (2017). The Role of Soil Microorganisms in Plant Mineral Nutrition—Current Knowledge and Future Directions. *Front. Plant Sci.*, 8, 1617. doi: 10.3389/fpls.2017.01617 [in English].
3. Pengfei, Dang, Congfeng, Li, Chen, Lu, Miaomiao, Zhang, Tiantian, Huang, Chenxi, Wan, HonWang, Yinglong, Chen, Xiaoliang, Qin, Yuncheng, Liao, Kadambot, H.M. Siddique (2022). Effect of fertilizer management on the soil bacterial community in agroecosystems across the Globe Agriculture, Ecosystems & Environment, 326, 1. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107795> [in English].
4. Volkohon V.V., Brytan T.Iu., Pyrih O.V. (2018) . Rozvytok mikroorhanizmiv ta spriamovanist biolohichnykh protsesiv u chornozemi vyluzhenomu za modeliuvannya defitsytu svizhoï orhanichnoi rechovyiny ta vplyvu mineralnoho azotu *Silskohospodarska mikrobiolohiia*, 28,3–16. DOI: 10.35868/1997-3004.28.3-16. [in Ukrainian].
5. Tsvei Ya. P., Hohol V.O. (2010). Formuvannya mikrobnogo tsenozu zalezno vid sivozminy i system udobrennia. *Tsukrovi buriaky*, 5, 7–9 [in Ukrainian].
6. Sherstoboieva O. V., Demianiuk O.S. (2003). Funktsionuvannya mikrobnnykh uhrupovan pry vykorystanni na dobrovyo pobichnoi produktsii roslynnytstva. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu zemlerobstva*, 1–2, 17–22 [in Ukrainian].
7. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. (2010). Editors Kassem Alef, Paolo Nannipieri. Elsevier: Academy Press. 425. DOI :<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-513840-6.X5014-9> [in English].
8. Paul E.A. (2015). Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. 4th edn. Fort Collins: Elsevier Science. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05497-2> [in English].
9. Nannipieri P., Ascher-Jenull J., Ceccherini M.T., Landi L., Pietramellara, G., Renella G. (2003). Microbial Diversity and Soil Functions. *European Journal of Soil Science*. 54. doi: 10.1046/j.1351-0754.2003.0556.x [in English].
10. Malynovska, I., Kaminskyi, V., Zadubynna, Ye., Kurhak, V., & Karpenko, V. (2023). The influence of agrotechnical measures on the number of melanin-synthesizing microorganisms. *Scientific Horizons*, 26(8), 52–61. DOI:<https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.52> [in English].
11. Krainiukov O., Miroschnychenko I., Siabruk O., Hladkikh Y. (2022). Effect of oil contamination on the course of changes in chernozem properties and phytotoxicity. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series Geology. Geography. Ecology*, 57, 296–306. doi.org/10.26565/2410–7360–2022–57–22 [in English].
12. Welham S.J., Gezan S.A., Clark S.J., Mead A. (2015). Statistical Methods in Biology. Design and Analysis of Experiments and Regression, Chapman and Hall/ CRC, 602 [in English].
13. Malynovska I.M., Tkachenko M.A., Sachok V.H., Skumina M.O. (2014). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na mikrobnii uhrupuvannya siroho lisovoho ґрунту. *Problemy ekolohichnoi biotekhnolohii*, 1. URL:<http://jrnل.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/4719> [in Ukrainian].
14. Malynovska I.M., Soroka O.P. (2011). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na perebih mikrobiolohichnykh protsesiv u ґрунті малорічного перелогу. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції «Сільськогосподарська мікробіологія: здобутки та перспективи», Чернігів, 27–30 вересня 2011. С. 256–260 [in Ukrainian].
15. Malynovska I.M., Dombrovska I.V. (2011). Stan mikrobiotsenozu siroho lisovoho ґрунту za riznotsilovoho vykorystannia. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Ser. Bioloh.*, 57, 21–25 [in Ukrainian].

Malinovska I.M., Dehodiuk S.E., Balian A.V.

Dynamics of the number and physiological and biochemical activity of microorganisms in the root zone of corn using different doses of mineral and organic fertilizers

Aim. To study the dynamics of the number and physiological-biochemical activity of microorganisms of 11 ecological-trophic, physiological and systematic groups in the root zone of corn using different fertilization systems: mineral, organic, organo-mineral and OMBF fertilization (organo-mineral bioactive fertilizer produced on based on spropel, peat, mineral fertilizers ($N_{30}P_{30}K_{30}$), sorbents using biota - a complex of agronomically valuable microorganisms). **Methods.** Microbiological, laboratory-analytical, statistical. **Results.** It was established that the dynamics of the number of microorganisms of all studied groups is of a general nature: the number of microorganisms increases intensively from the phase of the third leaf to the phase of flowering of the panicle, and much more slowly - to the phase of milk ripeness of corn grain. In this phase, there is also a phenomenon of a decrease in the difference between the variants of the experiment. The application of organo-mineral, organic, OMBF and organo-mineral fertilization system against the background of wheat straw plowing and application of fertilizers in the dose of $N_{40}P_{30}K_{40}$ has the greatest impact on the number of microorganisms. **Conclusions.** The number of ammonifiers during the growing season is maximally increased in the version without fertilizers, possibly due to the slower development of plants in this version of the experiment, and under the organo-mineral fertilization system with wheat straw plowing and fertilizer application. Plowing straw as an additional source of carbon leads to an increase in the number of polysaccharide-synthesizing microorganisms in the phase of the third leaf under the conditions of the application of mineral fertilizers (2.2 times), while their physiological and biochemical activity increases both with the application of mineral fertilizers and without it - by 3.4 times. In the flowering phase, the growth of the number of microorganisms as a result of straw plowing is: ammonifiers - 19.2%, denitrifiers - 148.0%, nitrifiers - 86.5%, pedotrophs - 58.3%, cellulose-destroying - 70.6%, acid-forming - 129.5%, total population - 14.1%.

Key words: ammonifiers, polysaccharide-synthesizing microorganisms, azotobacter, mineral fertilizer, organic fertilizer, OMBF.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Малиновська І.М., доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: irina.malinovskaya.1960@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5945-2042.

Дегодюк С.Е., доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, старший науковий співробітник, завідувач відділу агрохімії, Національний

науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: s.degodyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1994-0970.

Балин А.В., віцепрезидентка НААН, академікня НААН, докторка економічних наук, професорка, Національна академія аграрних наук України, ORCID: 0000-0001-5171-4298.

Malynovska I.M., doctor of agricultural sciences, corresponding member of NAAS, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: irina.malinovskaya.1960@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5945-2042.

Degodiyk S.E., doctor of agricultural sciences, corresponding member of NAAS, senior researcher, head of the department of agrochemistry, the National Scientific Center

«Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: s.degodyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1994-0970.

Balian A.V., vice-president of NAAS, academician of NAAS, doctor of economic sciences, professor, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, ORCID: 0000-0001-5171-4298.

Надійшла 15.03.2024

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ, ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ ТА МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

А.В. Голодна, Я.В. Грицюк, Н.Г. Бусласва, О.О. Столяр

ННЦ «ІЗ НААН» (с.мт Чабани, Україна)

Мета. Визначити вплив варіантів основного удобрення, позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом у критичні періоди розвитку рослин сої, передпосівного оброблення насіння мікоризоутворювальним біопрепаратом, а також мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником та погодних умов років проведення досліджень на формування врожаю сої. **Методи.** Польовий (для вивчення взаємодії об'єкта досліджень з біотичними та абіотичними факторами); морфологічний (для біологічного контролю за розвитком елементів продуктивності за етапами органогенезу); статистичний (статистична обробка результатів досліджень), дисперсійний (для визначення частки впливу чинників на формування врожаю сої); кореляційний (для встановлення напряму та тісноти кореляційних зв'язків урожайності насіння сої з погодними умовами); регресійний (для побудови криволінійних моделей залежності врожайності насіння сої від агрометеорологічних умов). **Результати.** В статті представлені результати досліджень стосовно впливу досліджуваних агрозаходів технології вирощування на рівень урожайності сої, розраховано рівняння залежності врожайності від кількості опадів і середньодобових температур повітря у періоди вегетації років досліджень. **Висновки.** Для формування врожаю насіння сої сорту Муза оптимальні умови склалися за технології вирощування, яка передбачала внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ передпосівне оброблення насіння мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником, а також позакоренево підживлення органо-мінеральним добривом у фазі бутонізації, коли відбувається формування рослинами квіток, бобів і насінин у бобі. За поєднання вказаних агрозаходів формувалася врожайність 3,74 т/га за показника на абсолютному контролі 2,98 т/га. Приведені коефіцієнти суттєвості відхилень погодних умов у періоди вегетації сої від багаторічних показників. Проаналізовано залежність урожайності від кількості опадів та середньодобових температур повітря у періоди вегетації культури.

Ключові слова: кількість опадів, середньодобова температура повітря, мікоризоутворювач, мінеральне добриво, органо-мінеральне добриво, позакоренево підживлення, протруйник, урожайність.

Вступ. Важливою стратегічною культурою в світі є соя, яка має багатовекторне застосування, що визначає постійно зростаючий попит на цю культуру. За даними ФАО у 2021–2022 рр. сою вирощували на площі 127,70 млн га з річним виробництвом насіння 363,57 млн т і середньою врожайністю 2,85 т/га [1]. В Україні сою також відносять до найбільш затребуваних стартегічних культур, яка практично задовольняє потреби людини в забезпеченні її рослинним білком та олією [2]. Не зважаючи на скорочення площі ріллі на 25% через військові дії, посівні площі сої зростають, і після

зменшення у 2022 р. до 1538 тис. га, у 2023 р. вже становили 1796 тис. га [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рекомендовані для вирощування сорти сої мають високий сортовий потенціал продуктивності, що дає змогу отримати відповідну господарську врожайність і значний валовий збір культури, проте у виробничих умовах його реалізація залишається низькою та нестабільною за роками [4; 5].

В умовах змін клімату, які відмічає людство останні десятиліття, відчутними є дефіцит вологи та зміна середньодобових температур повітря [6–9]. На

рівень урожайності та отримання високоякісного насіння сої значний вплив мають екологічні чинники, які можуть становити до 48% за оптимальних параметрів впливу інших факторів [10]. Погодні умови сьогодення не завжди сприятливі для ефективного функціонування агроєкосистем [11; 12].

З огляду на вищезазначене, технології вирощування сільськогосподарських культур потребують удосконалення з метою пристосування до умов, що складаються, тому що лише сорти з високим рівнем адаптивності за зміни клімату здатні реалізувати свій біологічний потенціал [13].

Тому важливим завданням науковців і аграріїв є удосконалення технологій вирощування з метою створення оптимальних умов росту, розвитку та формування врожаю впродовж періоду вегетації культур, задоволенню їх біологічних потреб.

Мета і завдання досліджень – вивчити вплив досліджуваних агрозаходів технології вирощування, погодних умов років досліджень упродовж періоду вегетації сої на формування рівня врожайності.

Аналіз отриманих закономірностей дає можливість визначити оптимальний варіант моделі технології вирощування культури та розробити заходи, які позитивно впливатимуть на ріст і розвиток рослин, забезпечуючи стабільну максимальну реалізацію генетичного потенціалу продуктивності сортів культури.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження з вивчення впливу різних доз мінеральних добрив у основне внесення, позакореневого підживлення орґано-мінеральним, а також оброблення насіння мікоризоутворювальним препаратом та його поєднання з протруйником на ріст, розвиток рослин і продуктивність сої проводили упродовж 2021–2023 рр. у стаціонарному досліді ННЦ «ІЗ НААН».

Предмет дослідження – сорт сої Муза селекції ННЦ «ІЗ НААН» (сівба звичайним рядковим способом з нормою висіву 750 тис. схожих насінин на гектар), погодні умови періодів вегетації культури у роки досліджень та їх вплив на формування врожаю.

Технологія вирощування – загальноприйнята для зони проведення досліджень за виключенням досліджуваних агрозаходів.

Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту дослідної ділянки: вміст гумусу – 1,49–1,71%, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 68,6–78,4 мг N на кг ґрунту (дуже низький рівень), рухомого фосфору (за Чириковим) – 140–160 мг/кг ґрунту (високий рівень), рухомого калію

(за Чириковим) – 55–70 мг/кг ґрунту (середній рівень) [14]. Реакція ґрунтового середовища слабкокисло (рН_{сол.} 5,2–5,7).

Дослідження проводили за схемою: удобрення: без добрив (контроль), P₄₅K₆₀, N₁₅P₄₅K₆₀+N₃₀ у фазі бутонізації, N₄₅P₄₅K₆₀; передпосівне оброблення насіння: без оброблення, мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд (1 л/т насіння), мікоризоутворювальним біопрепаратом Мікофренд у поєднанні з фунгіцидним протруйником Вайбранс RFC, ТН (по 1 л/т насіння); позакоренево підживлення рослин орґано-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2 л/га) у фазі гілкування, бутонізації та цвітіння.

Методи досліджень – загальноприйняті для польових дослідів і лабораторних аналізів. Закладання польових дослідів та виконання досліджень проводили з урахуванням вимог методики дослідної справи [15].

Дослідження проводили статистичним, дисперсійним, кореляційним та регресійним методами математичної статистики з використанням програмних засобів Microsoft Excel [16; 17].

Визначення коефіцієнтів суттєвості відхилень погодних умов конкретного року від середніх багаторічних показників проводили за формулою [18]:

$$K_c = \frac{(X_i - \bar{X})}{\sigma},$$

де K_c – коефіцієнт суттєвості відхилень,

X_i – елемент погоди конкретного року,

\bar{X} – показник середньої багаторічної величини,

σ – середнє квадратичне відхилення.

Рівень коефіцієнтів суттєвості відхилень відповідає градації: $K_c = 0 \div 1$ – умови близькі до звичайних, $K_c = 1 \div 2$ – умови істотно відрізняються від середніх багаторічних, $K_c > 2$ – умови наближені до аномальних.

Результати та їх обговорення. Погодні умови 2021–2023 рр. істотно різнились між собою, а також порівняно з середніми багаторічними значеннями. Аналіз середньодобових декадних температур повітря періодів вегетації сої впродовж 2021–2023 рр. свідчить про те, що значення коефіцієнтів суттєвості відхилень від багаторічних показників знаходились у діапазоні від -0,01 до 0,24, що згідно з градацією вказує на те, що умови були близькими до звичайних (рис. 1).

Від’ємні значення коефіцієнтів, які свідчать про зниження температури повітря, порівняно з багаторічними показниками, відмічали у 21 показника із представлених 54 значень. У 2021 р. з 18 декад коефіцієнти суттєвості відхилень були від’ємними

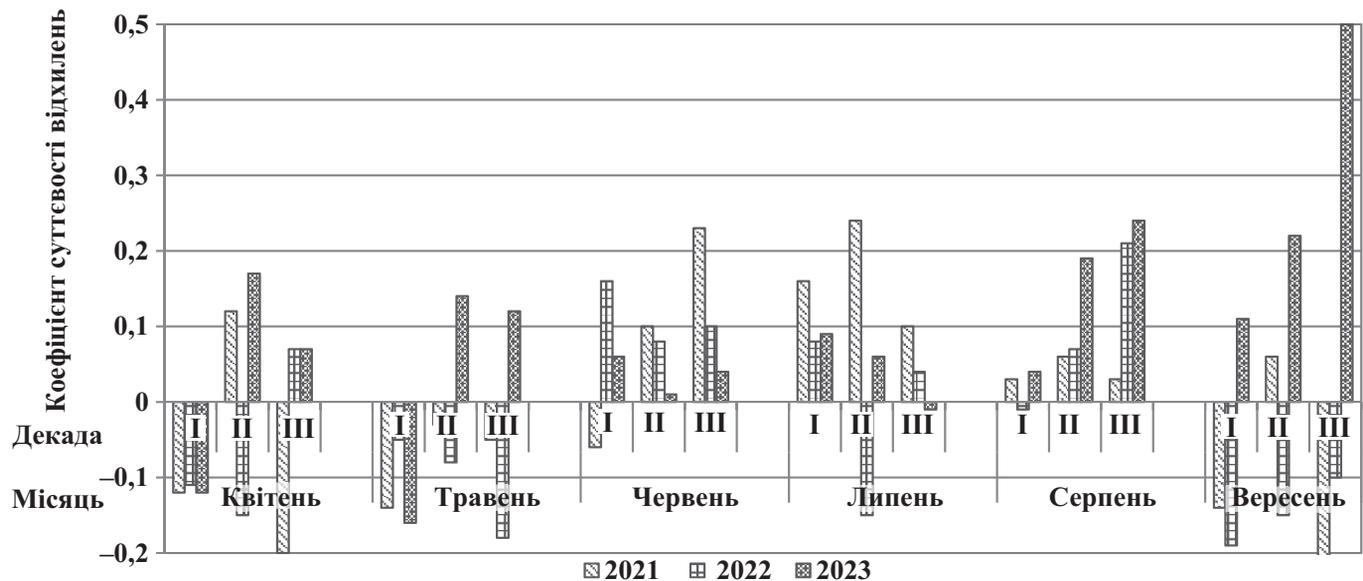


Рис. 1. Коефіцієнти суттєвості відхилень середньодобових декадних температур повітря від багаторічних значень показників протягом періоду вегетації сої у 2021–2023 рр.

у 8 випадках, у 2022 р. – у 10, і в 2023 р. – у 3. Решта значень знаходились у межах норми, або перевищували її, що свідчить про зміни клімату, а точніше потепління в зоні проведення досліджень.

Аналізуючи коефіцієнти суттєвості відхилень показників кількості опадів протягом періодів вегетації сої від багаторічних значень, відмічали іншу закономірність (рис. 2).

Коефіцієнти знаходились у діапазоні від $-3,88$ до $1,17$. Із 54 розрахованих коефіцієнтів 29 свідчать, що умови були близькі до звичайних, 12 – що умови істотно відрізнялися від середніх багаторічних значень і 13 – що умови були наближені до рідких.

У 2021 і 2023 рр. із 18 розрахованих коефіцієнтів від'ємні значення мали 13, у 2022 р. – 15, що свідчить про кількість опадів, нижчу за багаторічні показники.

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

Інтегральним показником, який відображає вплив ґрунтових і погодних умов та агрозаходів технології вирощування на рослини впродовж періоду вегетації

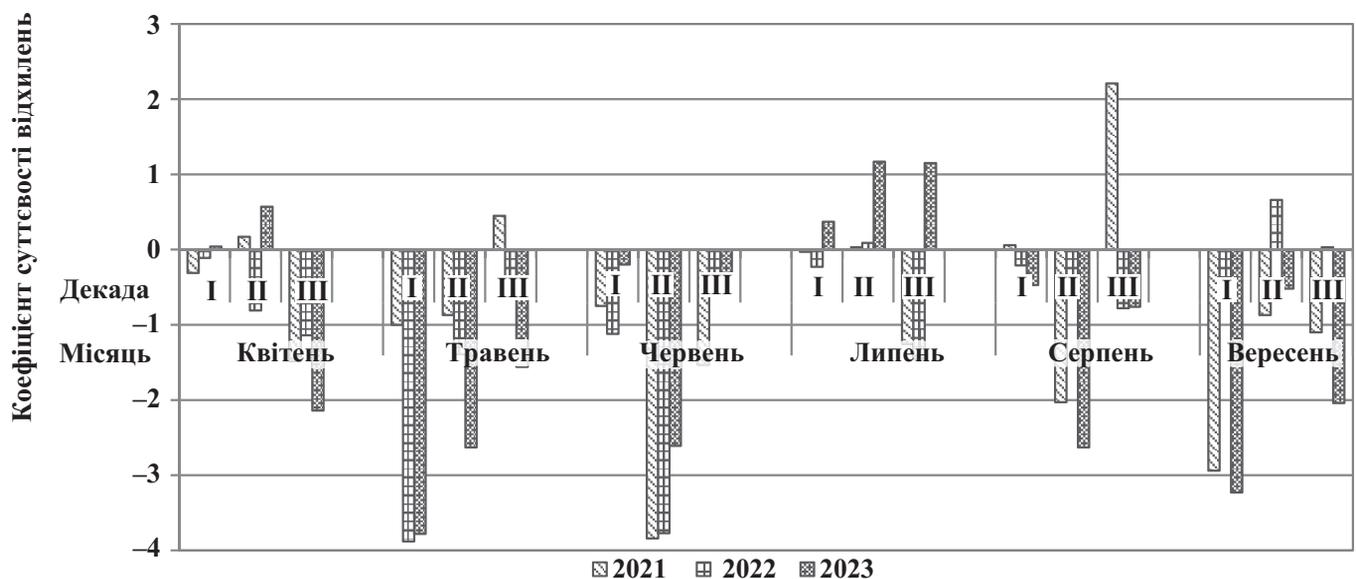


Рис. 2. Коефіцієнти суттєвості відхилень кількості опадів від багаторічних значень показників протягом періоду вегетації сої у 2021–2023 рр.

є рівень урожайності культури. Цей показник є результатом взаємодії між процесами росту, розвитку і формування продуктивності та стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища [19]. У досліді урожайність значно різнилася за роками досліджень і в 2021 р., залежно від досліджуваних агрозаходів знаходилась у межах 3,02–3,62 т/га, у 2022 р. – 2,94–3,82 т/га, у 2023 р. – 2,98–3,93 т/га. Значний вплив на рівень показника мали також досліджувані фактори (табл. 1).

Як свідчить аналіз представлених результатів, досліджувані агрозаходи значно впливали на рівень урожайності культури. На варіантах, які передбачали внесення лише $P_{45}K_{60}$, урожайність зростала на 0,18 т/га, або на 5,7%, порівняно з показником на варіантах без добрив у середньому 3,16 т/га. За внесення вказаної норми добрив у поєднанні з азотними ($N_{45}P_{45}K_{60}$) зростання врожаю становило 0,30 т/га, або 9,5%. Перенесення частини азотних добрив у підживлення у фазі бутонізації $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ забезпечило підвищення рівня врожаю культури на 0,36 т/га, або 11,4%, порівняно з варіантами без внесення мінеральних добрив.

Передпосівне оброблення насіння мікоризоутворювачем сприяло зростанню врожайності на 0,11 т/га, або 3,5%, порівняно з контрольним варіантом без оброблення насіння (3,15 т/га). Оброблення мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником забезпечило зростання рівня урожайності на 0,16 т/га, або 5,1%. На варіантах, сівбу яких проводили насінням обробленим мікоризоутворювачем у поєднанні з про-

труйником, та здійснювали позакореневе підживлення рослин органо-мінеральним добривом, відмічали зростання рівня врожайності на 0,32–0,41 т/га, на 10,2–13,0% залежно від строку проведення агрозаходу.

Максимальна врожайність у досліді (3,74 т/га за показника на абсолютному контролі 2,98 т/га) сформувалася на варіанті технології вирощування, який передбачав внесення $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$, сівбу насінням, обробленим мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником, та проведенням позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом у фазі бутонізації.

При цьому, середні значення урожайності за роки досліджень за варіантами досліді ($\bar{X} \pm S\bar{x}$) змінювались від $3,15 \pm 0,06$ до $3,56 \pm 0,09$ за стандартного відхилення (S) у межах 0,12–0,22.

Аналізуючи показники частки впливу факторів на урожайність сої встановлено, що рівень урожайності на 51,5–57,8% зумовлений ефективністю дії добрив і на 10,8–24,0% – передпосівним обробленням насіння препаратами.

До того ж результати дисперсійного аналізу свідчать про істотний вплив погодних умов на урожайність насіння сої, як лише при передпосівному обробленні насіння (14,9%), так і його поєднання з підживленням органо-мінеральним добривом у критичні фази росту та розвитку рослин (24,2%).

Проведений кореляційний аналіз засвідчив різні за силою та направленістю зв'язки урожайності насіння сої з погодними умовами, як декадними, так

Таблиця 1. Урожайність насіння сої залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння, середнє за 2021–2023 рр.

Удобрєння	Оброблення насіння			Оброблення насіння (мікоризоутворювач + протруйник) + підживлення органо-мінеральним добривом у фазі:		
	без оброблення (контроль)	мікоризоутворювач	мікоризоутворювач + протруйник	гілкування	бутонізації	цвітіння
Без добрив (контроль)	2,98	3,06	3,11	3,18	3,34	3,31
$P_{45}K_{60}$	3,14	3,26	3,29	3,41	3,49	3,42
$N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$	3,24	3,38	3,47	3,67	3,74	3,62
$N_{45}P_{45}K_{60}$	3,22	3,33	3,36	3,61	3,65	3,61
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	$3,15 \pm 0,06$	$3,26 \pm 0,07$	$3,31 \pm 0,08$	$3,47 \pm 0,11$	$3,56 \pm 0,09$	$3,49 \pm 0,08$
$V, \%$	3,8	4,3	4,6	6,4	5,0	4,3
S	0,12	0,14	0,15	0,22	0,18	0,15

і середніми за окремі місяці вегетації. При цьому визначено, що тіснота зв'язку варіювала від слабкого до тісного рівня ($r = 0,038-0,999$).

Аналізуючи залежність урожайності від окремих елементів погоди встановлено, що із середньомісячною температурою повітря тісним кореляційним зв'язком вирізняється липень ($r = -0,931$), а з кількістю опадів за місяць – травень ($r = -0,875$), червень ($r = 0,720$) і серпень ($r = -0,950$) (табл. 2).

Найбільший сумісний вплив середньодобової температури повітря та кількості опадів відмічали упродовж третьої декади червня ($r = -0,938$ і $0,996$) та серпня ($r = 0,976$ і $-0,999$). Встановлені тісні кореляційні зв'язки дають змогу побудувати криволінійні моделі врожайності насіння сої відносно параметрів агрометеорологічних умов у зазначені періоди. Моделі залежності та їх основні характеристики такі.

Для III декади червня рівняння регресії має вигляд:

$$Y = -32,1270 - 1,6849X_1 + 15,5624X_1^{0,5} + 0,0189X_2 - 0,1721X_2^{0,5},$$

де Y – урожайність, т/га; X_1 – середньодобова температура повітря, °C; X_2 – сума опадів, мм.

Основні характеристики рівняння: коефіцієнт множинної кореляції $R=0,999$; коефіцієнт детермінації $D=99,8$; критерій Фішера фактичний $F_{\phi}=293,0931$; табличне значення критерію Фішера при $\alpha=0,05$ становить $F=19,25$; стандартні похибки коефіцієнтів рівняння: $a_1=0,0007$; $a_2=0,0067$; $a_3=0,0002$; $a_4=0,0012$.

Для III декади серпня рівняння регресії наступне:

$$Y = 19,3556 + 0,6987X_1 - 6,6803X_1^{0,5} - 0,0068X_2 + 0,0288X_2^{0,5},$$

де Y – урожайність, т/га; X_1 – середньодобова температура повітря, °C; X_2 – сума опадів, мм.

При цьому коефіцієнт множинної кореляції $R=0,989$; коефіцієнт детермінації $D=97,8$; критерій Фішера фактичний $F_{\phi}=23,4981$; табличне значення критерію

Таблиця 2. Показники парного кореляційного зв'язку урожайності насіння сої з погодними умовами, 2021–2023 рр.

Місяць	Декада	Середньодобова температура повітря, °C		Сума опадів, мм	
		r	d, %	r	d, %
Квітень	I	0,467	21,8	0,553	30,6
	II	-0,411	16,9	-0,284	8,0
	III	0,999	99,8	-0,128	1,6
	середнє	0,541	29,2	0,242	5,8
Травень	I	0,377	14,2	-0,999	99,8
	II	0,239	5,7	-0,696	48,4
	III	0,038	0,1	-0,844	71,2
	середнє	0,186	3,4	-0,875	76,5
Червень	I	0,920	84,6	0,066	0,4
	II	-0,605	36,6	0,502	25,2
	III	-0,938	88,0	0,996	99,1
	середнє	-0,311	9,7	0,720	51,8
Липень	I	-0,999	99,8	0,136	1,8
	II	-0,867	75,2	0,492	24,3
	III	-0,828	68,6	0,393	15,4
	середнє	-0,931	86,7	0,403	16,2
Серпень	I	-0,335	11,2	-0,841	70,7
	II	0,533	28,5	0,283	8,0
	III	0,976	95,3	-0,999	99,8
	середнє	0,625	39,1	-0,950	90,3
Вересень	I	0,317	10,0	0,457	20,9
	II	-0,144	2,1	0,709	50,3
	III	0,601	36,1	0,103	1,1
	середнє	0,407	16,6	0,454	20,6

Фішера при $\alpha=0,05$ становить $F_{\text{табл.}}=19,25$; стандартні похибки коефіцієнтів рівняння: $a_1=0,0028$; $a_2=0,0262$; $a_3=0,0002$; $a_4=0,0016$.

Одержані коефіцієнти множинної (сукупної) кореляції, які становлять $R=0,989-0,999$ вказують на вельми сильну тісноту зв'язку між показниками. Коефіцієнт множинної детермінації R^2 виражений у відсотках (97,8–99,8%) свідчить, що залежність урожайності насіння сої від погодних умов була сильною. Обидва коефіцієнти свідчать про те, що отримані рівняння регресії досить добре описують існуючий зв'язок між показниками. Для кожного рівняння встановлено адекватність за критерієм Фішера та статистичну значущість їхніх параметрів (коефіцієнтів) за критерієм Стьюдента. Це дає змогу використовувати моделі для практичного прогнозування.

Так, для побудованих моделей фактичне значення критерію Фішера $F_{\text{ф}}=23,4981-293,0931$ перевищує його табличний (критичний) рівень $F_{\text{табл.}}=19,25$ при $\alpha = 0,05$. Оскільки $F_{\text{ф}} > F_{\text{табл.}}$ можна зробити висновок про адекватність побудованих моделей. Стандартні похибки коефіцієнтів рівнянь значно менші за самі коефіцієнти, тобто всі коефіцієнти регресії є статистично значущими.

Окрім того, було здійснено графічне порівняння фактичних показників урожайності насіння сої із показниками розрахованими за побудованими моделями (рис. 3).

Оскільки графіки розрахованих та фактичних значень наближені, то можна стверджувати, що отримані моделі дають змогу досить точно визначати рівень урожайності, тому ці моделі придатні для практичного прогнозування.

Висновки

В сучасних умовах ведення сільського господарства з метою отримання максимального врожаю

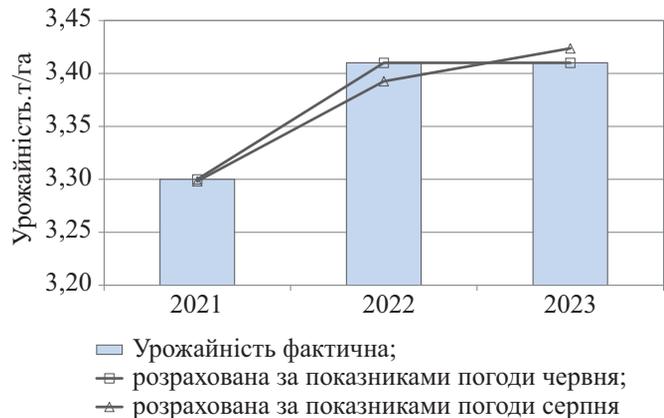


Рис. 3. Фактичні та розраховані за моделями показники урожайності насіння сої, т/га

насіння технологія вирощування повинна включати агрозаходи, спрямовані на забезпечення біологічних потреб рослини впродовж періоду вегетації та зменшення впливу несприятливих зовнішніх факторів. Для формування врожаю насіння сої сорту Муза оптимальні умови склалися за технології вирощування, яка передбачала внесення $N_{15}P_{45}K_{60} + N_{30}$, передпосівне оброблення насіння мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником, а також позакореневе підживлення органо-мінеральним добривом у фазі бутонізації, коли відбувається формування рослинами квіток, бобів і насінин у бобі. За поєднання вказаних агрозаходів формувалася врожайність 3,74 т/га за показника на абсолютному контролі 2,98 т/га. Моделювання показників урожайності залежно від сумісного впливу середньодобових температур повітря та сум опадів дало змогу встановити критичні періоди (декади) для розвитку рослин сої протягом вегетації. Такими періодами є III декада червня та III декада серпня. Саме за погодними умовами цих періодів можна здійснити найбільш точний прогноз урожайності насіння сої.

ЛІТЕРАТУРА

1. FAOSTAT 2022. FAOSTAT Statistical Database. HD9000.4. Library of Congress Online Catalog (1,343,705). Rome: FAO.
2. Zabarna T. Pelech L. Productivity of soybean varieties depending on the influence of soil and climatic conditions of the right bank Forest Steppe of Ukraine. Slovak international scientific journal. 39. 2020. P. 6–11.
3. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
4. Нідзельський В.А. Спрямування технологічних заходів на стабілізацію урожаю сої. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: «Агрономія». 2012. Вип. 176. С. 75–78.
5. Прус Л. І. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сої. Агроекологічний журнал. 2017. № 1. С. 62–67.

6. IPCC. Global warming of 1.5°C. Summary for Policy Makers. Switzerland: World Meteorological Organization, United Nations Environment Program, and Intergovernmental Panel on Climate Change. Bern. 2019. URL: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/>.
7. IPCC. Global warming of 1.5°C. Summary for Policy Makers. Switzerland: World Meteorological Organization, United Nations Environment Program, and Intergovernmental Panel on Climate Change. Bern. 2019. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf.
8. Bibi F., Rahman A. An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. *Agriculture*. 2023. 13(8). 1508. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508>.
9. Степаненко С.М., Польовий А.М., Дем'янюк О.С., Дронова О.О. Зміна режиму опадів в Україні. *Агро-екологічний журнал*. 2014. № 2. С. 10–16.
10. Нагорний В.І., Романько Ю.О. Вплив агрокліматичних умов на потенціал скоростиглих та ранньостиглих сортів сої Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер.: «Агрономія і біологія» 2007. Вип. 10-11. С. 57–61.
11. Crop production and climate change. 2021. URL: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b1-crops/chapter-b1-1/en/>.
12. Камінський В.Ф., Голодна А.В., Дворецька С.П. та ін. Особливості вирощування зернобобових культур в Лісостепу: науково-методичні рекомендації. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 108 с.
13. Січкач В.І. Ефективніше використовувати сортовий потенціал сої – потреба сьогодення. Посібник українського хлібороба: науково-практичний збірник Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Т. 2: Зернобобові та бобові кормові культури в контексті відновлення агроценозів. Київ: ФОП Конюшенко І.П., 2013. С. 146–150.
14. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. (Національний стандарт України) Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 19 с.
15. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В.; Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.
16. Огірко О.І., Галайко Н.В. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.
17. Бишовець Н.Г., Кузьмичов А.І., Куценко Г.В. та ін. Ймовірнісне та статистичне моделювання в Excel для прийняття рішень: навч. посіб. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. 200 с.
18. Голодна А.В. Технологічні аспекти вирощування кормових люпинів у зоні Лісостепу України: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 380 с.
19. Каленська С.М., Новицька Н.В., Гарбар Л.А., Андрієць Д.В. Урожайність як інтегральний показник реакції рослин сої на елементи технології вирощування. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. Вип. 149. С. 227–234.

REFERENCES

1. FAOSTAT (2022). FAOSTAT Statistical Database. HD9000.4. Library of Congress Online Catalog (1,343,705). Rome: FAO [in English].
2. Zabarna T. Pelech L. (2020). Productivity of soybean varieties depending on the influence of soil and climatic conditions of the right bank Forest Steppe of Ukraine. *Slovak international scientific journal*, 39, 6–11 [in English].
3. ДState Statistics Service of Ukraine. URL: <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
4. Nidzelskyi V.A. (2012). Spriamuvannia tekhnolohichnykh zakhodiv na stabilizatsiiu urozhaiv soi. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu biorekursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia «Ahronomiia»*, 176, 75–78 [in Ukrainian].
5. Prus, L.I. (2017). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na produktyvnist soi [The influence of agrotechnical measures on soybean productivity]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 1, 62–67 [in Ukrainian].
6. IPCC. Global warming of 1.5°C. (2019). Summary for Policy Makers. Switzerland: World Meteorological Organization, United Nations Environment Program, and Intergovernmental Panel on Climate Change. Bern. URL: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/> [in English].
7. IPCC. (2019). Global warming of 1.5°C. Summary for Policy Makers. Switzerland: World Meteorological Organization, United Nations Environment Program, and Intergovernmental Panel on Climate Change. Bern. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf [in English].

8. Bibi F., Rahman A. (2023). An Overview of Climate Change Impacts on *Agriculture and Their Mitigation Strategies*. *Agriculture*, 13(8), 1508. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508> [in English].
9. Stepanenko, S.M., Polovyi, A.M., Demyanyuk, O.S., Dronova, O.O. (2014). Zmina rezhymu opadiv v Ukraini [Changes in the precipitation regime in Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 2, 10–16 [in Ukrainian].
10. Nahornyi V.I., Romanko Yu.O. (2007). Vplyv ahroklimatechnykh umov na potentsial skorostyhykh ta rannostyhykh sortiv soi. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Ahnomiia i biolohiia, 10-11*, 57–61 [in Ukrainian].
11. 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].
12. Kaminskyi, V.F., Holodna, A.V., Dvoretzka, S.P., Liubchych, O.H., Polishchuk, S.V. (2020). Osoblyvosti vyroshchuvannya zernobobovykh kultur v Lisostepu: naukovy-metodychni rekomendatsii [Peculiarities of growing leguminous crops in the forest-steppe: scientific and methodical recommendations]. Vinnytsia: TOV «Tvory» 108 p. [in Ukrainian].
13. Sichkar, V.I. (2013). Efektyvnishe vykorystovuvaty sortovy potentsial soi – potreba sohodennia. Posibnyk ukrainskoho khliboroba: naukovy-praktychnyi zbirnyk Instytutu roslynnytstva im. V.Ia. Yur'ieva NAAN. T. 2: Zernobobovi ta bobovi kormovi kultury v konteksti vidnovlennia ahrotsenoziv [Efektyvnishe vykorystovuvaty sortovy potentsial soi – potreba sohodennia. Posibnyk ukrainskoho khliboroba: naukovy-praktychnyi zbirnyk Instytutu roslynnytstva im. V.Ia. Yur'ieva NAAN. T. 2: Zernobobovi ta bobovi kormovi kultury v konteksti vidnovlennia ahrotsenoziv]. Kyiv: FOP Koniushenko I.P. P. 146–150 [in Ukrainian].
14. DSTU 4362:2004. (2006). Yakist gruntiv. Pokaznyky rodiuchosti gruntiv. (Natsionalnyi standart Ukrainy) [Soil quality. Indicators of soil fertility. (National Standard of Ukraine)]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
15. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V.; (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii*. Kyiv: Diia. 288 p. [in Ukrainian].
16. Ohirko O.I., Halaiko N.V. (2017). *Teoriia ymovirnosti ta matematychna statystyka: navch. posib.* Lviv: LvDUVS, 292 p. [in Ukrainian].
17. Byshovets N.H., Kuzmychov A.I., Kutsenko H.V. ta in. (2019). *Ymovirnisne ta statystychno modeliuвання v Excel dlia pryiniattia rishen: navch. posib.* Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K, 200 p. [in Ukrainian].
18. Holodna A.V. (2018). *Tekhnologichni aspekty vyroshchuvannya kormovykh liupyniv u zoni Lisostepu Ukrainy (Monohrafiia)*. Vinnytsia: TOV «TVORY». 380 p. [in Ukrainian].
19. Kalenska S.M., Novytska N.V., Harbar L.A., Andriets D.V. (2010). Urozhainist yak intehralnyi pokaznyk reaktsii roslyn soi na elementy tekhnolohii vyroshchuvannya. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy*, 149, 227–234 [in Ukrainian].

Golodna A.V., Hrytsiuk Ya.V., Buslayeva N.H., Stolyar O.O.

The Impact of fertilisation, seed treatment, and meteorological conditions on soybean yield in the right-Bank Forest-Steppe

Aim. To determine the impact of variations in primary fertilisation, foliar feeding with organo-mineral fertilisers during critical periods of soybean plant development, pre-sowing seed treatment with mycorrhiza-forming biopreparations, as well as mycorrhiza-formers in combination with a fungicide, and the meteorological conditions of the research years on soybean yield formation. **Methods.** Field (for studying the interaction of the research object with biotic and abiotic factors); morphophysiological (for biological monitoring of productivity elements development through stages of organogenesis); statistical (statistical processing of research results), analysis of variance (to determine the influence of factors on soybean yield formation); correlation (to establish the direction and strength of correlation relationships of soybean seed yield with weather conditions); regression (to construct curvilinear models of soybean seed yield dependence on agrometeorological conditions). **Results.** The article presents the research findings regarding the impact of the studied agricultural practices and cultivation technology on the soybean yield level. Equations of yield dependency on the amount of precipitation and average daily air temperatures during the vegetation periods of the research years have been calculated. **Conclusions.** In the current agricultural conditions, to achieve maximum seed yield, the cultivation technology must include agricultural measures aimed at meeting the biological needs of the plant throughout the vegetative period and reducing the impact of adverse external factors. For forming the yield of 'Muza' variety soybean seeds, optimal

conditions were established under a cultivation technology that included applying $N_{15}P_{45}K_{60}+N_{30}$ pre-sowing seed treatment with a mycorrhiza-former combined with a fungicide, and foliar feeding with organo-mineral fertilizer during the bud formation phase when the formation of flowers, pods, and seeds in the pod occurs. The combination of these agricultural measures resulted in a yield of 3.74 t/ha compared to the control yield of 2.98 t/ha. The coefficients of significance of deviations from the long-term weather conditions during the vegetation periods of soy were presented. The dependence of yield on the amount of precipitation and average daily air temperatures during the crop's vegetative periods was analysed.

Key words: precipitation amount, average daily air temperature, mycorrhiza-former, mineral fertiliser, organo-mineral fertiliser, foliar feeding, fungicide, yield.

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, ORCID: 0009-0007-9301-6990.

Golodna A.V., PhD in Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Main Scientific Employee, the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: ant.golodna@gmail.com, ORCID : 0000-0002-7775-8229.

Hrytsiuk Ya.V., PhD candidate, the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: hrytsiuk.yaroslav@gmail.com, ORCID: 0009-0007-9301-6990.

Буслаєва Н.Г., кандидат с.-г. наук, с. н. с., старший науковий співробітник, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: nataliyabuslaeva@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4956-7801.

Столяр О.О., провідний агроном, ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Buslayeva N.H., PhD in Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: nataliyabuslaeva@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4956-7801.

Stolyar O.O., Lead Agronomist, the National Scientific Center «Institute of Agriculture of the NAAS».

Надійшла 15.03.2024

НАРОСТАННЯ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ТА УРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО В ПІВНІЧНО-СХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Ю.В. Гойсюк, С.О. Гойсюк

Західноукраїнський національний університет (м. Тернопіль, Україна)

Мета. Розробити рекомендації щодо вирощування ріпаку озимого для господарств північно-східної частини Лісостепу Західного, а саме: серед групи класичних гібридів ріпаку озимого встановити ті, що забезпечують найбільшу урожайність, яка формується при конкретному способі сівби та нормі висіву насіння. **Методи.** Дослідження, з поставлених завдань, технології вирощування ріпаку озимого виконувались шляхом закладання польового досліду відповідно до загальноприйнятої методики за трьохфакторною схемою в чотириразовому повторенні. Дослід закладався на темно-сірих опідзолених ґрунтах, які є характерною ґрунтовою відміною для зазначеного регіону. Серед досліджуваних чинників були гібриди: ДК Екзодус, ДК Ексквізіт, ДК Експріт. Гібриди висівали із шириною міжрядь 15 см та 35 см і нормами висіву 350 і 450 тис./га. **Результати.** Визначено рівень урожайності в досліді, і як наслідок, встановлено, що найвищі показники були досягнуті, у досліджуваних гібридів ріпаку озимого, на варіантах із висіванням насіння шириною міжряддя 15 см. А саме, відповідно до гібриду та норми висіву насіння урожайність коливалася в межах 4,29–4,65 т/га. Найвищий показник 4,65 т/га був встановлений за висівання гібриду ДК Екзодус нормою висіву 450 тис./га. **Висновки.** В умовах північно-східної частини Лісостепу Західного для одержання найбільш підвищеної урожайності, рекомендовано висівати гібрид ріпаку озимого ДК Екзодус із нормою висіву насіння 450 тис./га та з міжряддям 15 см. А за необхідності висівання насіння із шириною міжряддя 35 см рекомендовано висівати гібрид ДК Ексквізіт із нормою висіву насіння 350 тис./га.

Ключові слова: технологія вирощування, норма висіву насіння, ширина міжряддя.

Вступ. Сучасні генетичні та селекційні досягнення в галузі насінництва дають широкі можливості технологам в агрономії. Насамперед, це стосується габітусу рослин. За збільшення або зменшення лінійних розмірів рослин, а також від здатності рослин до посилення гілкування можуть істотно змінюватися стратегії, як до розміщення, так і до кількості рослин на одиниці площі. Це може виражатися в зміні ширини міжрядь та густоти рослин у рядку. За рахунок таких підходів можна збільшити приріст урожайності та оптимізувати витрати на насіння. Крім того, варто брати до уваги і особливості сучасних гібридів сільськогосподарської культури, тому що набір резистентностей та толерантностей, якими наділені такі гібриди, можуть також формувати різні рівні урожайності залежно від умов, що складаються в створеному агроценозі. Отже, пошук оптимальних гібридів або таких, які б забезпечували підвищення урожайності та економічної ефективності, при певних способах сівби та нормах висіву насіння у різних

біокліматичних умовах залишається найактуальнішим завданням розвитку технологій в агрономії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато чинників впродовж усього вегетаційного періоду культури впливають на формування оптимальної площі листкової поверхні. Коли виявляються показники нижче або вище оптимальних, то, врожаї в обох випадках знижуються. Особливо, що стосується надлишкового розвитку площі листкової поверхні в посівах, може бути негативним чинником, створює погіршення умови освітлення листків, особливо нижніх ярусів, знижується інтенсивність фотосинтезу, починається посилене відмирання нижніх листків, витягування стебел, жирування й вилягання рослин, ураження хворобами та загалом призводить до зниження врожаю та якісних показників насіння [1]. Посіви з великою густотою рослин швидше формують велику площу листків, але це в подальшому негативно відбивається на закладенні, формуванні і розвитку репродуктивних органів рослин. Можна спостерігати, що окремі

рослини в розріджених посівах знаходяться в значно кращих умовах. Щоб сформувати урожай на розріджених посівах і на кожному гектарі утворилась достатня площа листків (40–45 тис. м²), кожна окрема рослина повинна досягати оптимальних розмірів, характерних для певного сорту чи гібриду і утворити велику кількість пагонів. Максимальна площа листової поверхні у рослин спостерігається у фазі цвітіння та плодоношення і може досягати 50–60 тис.м²/га [2]. Така особливість ріпаку озимого, як різке коливання площі листової поверхні між періодами формування осінньої та початком утворення весняної розетки листків, пов'язана значною мірою із погодними умовами, які складаються на період зимівлі рослин. Отже, інтенсивність росту площі листків може бути як показником ступеня забезпечення посівів мінеральним живленням, так і показником ступеня відповідності густоти посівів [3].

Матеріали та методика досліджень. Дослідження, з поставлених завдань, технології вирощування ріпаку озимого виконувались в ФГ «Агро-Повіт» с. Голосків, Хмельницького р-ну Хмельницької обл. шляхом закладання польового дослідження відповідно до загальноприйнятої методики [4] за трьохфакторною схемою в чотириразовому повторенні. Посівна площа облікової ділянки становила – 400 м². Дослід закладався на темно-сірих опідзолених ґрунтах, які є характерною ґрунтовою відміною для зазначеного регіону.

Метою досліджень було вивчення впливу особливостей гібриду, способу сівби та норм висіву насіння на урожайність насіння ріпаку озимого.

Серед досліджуваних чинників були гібриди Декалб, а саме: ДК Екзодус, ДК Ексквізіт, ДК Експріт. Гібриди висівали із шириною міжрядь 15 см та 35 см й нормами висіву 350 і 450 тис./га.

Обробіток ґрунту складався із оранки, вирівнювання поверхні та сівби насіння з мінімальним розривом в часі (впродовж 1-2 год) для максимального збереження вологи в ґрунті. Глибина основного обробітку сягала 30 см. Глибина сівби становила 2,0–2,5 см. Перед основним обробітком вносили допосівне удобрення $P_{19}K_{17}S_{30}$ – 150 кг/га, навесні в підживлення вносили NH_4NO_3 – 400 кг/га. Досліджувані посіви висівали в другій декаді серпня. Збирання здійснювали в першій-другій декаді липня прямим комбайнуванням.

Результати та їх обговорення. У досліді, висівали ріпак озимий із шириною міжрядь 15 см та 35 см, та нормою висіву насіння 350 і 450 шт./га, створюючи

для рослин умови, як розрідженої так і підвищеної густоти стеблостою. За таких умов, гібриди ріпаку озимого, що вивчалися у досліді, сформували площу листової поверхні, яка в подальшому визначила їх продуктивність.

За результатами дослідження посівів ріпаку озимого, в осінній період вегетації (фаза розетки 6–8 листків), встановлено (табл.1), що найбільша площа листової поверхні (19,98 тис. м²/га) була сформована рослинами гібриду ДК Екзодус на ділянках із шириною міжрядь 15 см та від норми висіву насіння 450 тис. насінин /га. На ділянках із шириною міжрядь 35 см площа листової поверхні рослин, цього самого гібриду, становила 16,34 тис. м²/га, або була на 3,64 тис. м²/га меншою. Найменша площа листової поверхні рослин, в осінній період, спостерігалася на ділянках із гібридом ДК Експріт від норми висіву 350 тис. насінин /га і на варіантах із шириною міжрядь 15 см сягала 15,74 тис. м²/га і 12,54 тис. м²/га на ділянках із шириною міжрядь 35 см.

У фазі повного цвітіння площа листової поверхні досліджуваних посівів була максимальною. Так, серед досліджуваних гібридів ріпаку озимого, найбільш підвищені показники встановлені на варіантах гібриду ДК Екзодус від сівби його із шириною міжрядь 15 см. А саме: від норми висіву 450 тис. насінин/га площа листової поверхні сягала 59,26 тис. м²/га, проте норма висіву насіння 350 тис. насінин/га формувала площу листової поверхні на рівні 58,65 тис. м²/га, або на 0,61 тис. м²/га менше. На варіантах із шириною міжрядь 35 см найвищі показники площі листової поверхні були визначені на ділянці з гібридом ДК Ексквізіт і в середньому становили 56,09 тис. м²/га, що було майже на одному рівні (56,18 тис. м²/га) із таким самим варіантом із шириною міжрядь 15 см.

На інших варіантах досліді із шириною міжрядь 35 см показники площі листової поверхні посівів у фазі цвітіння істотно знижувались. І найменшою площа листової поверхні, у вказаний період, була на варіанті із гібридом ДК Експріт від сівби його нормою висіву 350 тис. насінин/га і становила 52,33 тис. м²/га, що було на 3,76 тис. м²/га менше порівняно із відповідним показником, визначеним на ділянках з гібридом ДК Ексквізіт.

Отже, нами встановлено, що серед досліджуваних гібридів ріпаку озимого найбільш підвищену площу листової поверхні у фазі повного цвітіння формували гібриди ДК Екзодус. А максимальні її показники

Таблиця 1. Наростання площі листкової поверхні гібридів ріпаку озимого залежно від норми висіву і ширини міжряддя, тис. м²/га (середнє за 2019–2021 рр.)

Фаза росту і розвитку рослин ріпаку озимого	Гібрид (чинник А)	Норма висіву насіння, тис./га (чинник С)	
		350	450
Ширина міжряддя 15 см (чинник В)			
Розетка листків (6-8 листків)	ДК Екзодус	16,57	19,98
	ДК Ексквізіт	16,21	19,74
	ДК Експріт	15,74	19,09
Повне цвітіння	ДК Екзодус	58,65	59,26
	ДК Ексквізіт	56,18	57,59
	ДК Експріт	54,27	55,68
Ширина міжряддя 35 см (чинник В)			
Розетка листків (6-8 листків)	ДК Екзодус	12,73	16,34
	ДК Ексквізіт	12,22	16,07
	ДК Експріт	12,54	16,17
Повне цвітіння	ДК Екзодус	54,58	55,24
	ДК Ексквізіт	56,09	54,68
	ДК Експріт	52,33	52,96

відзначені на варіанті із шириною міжряддя 15 см і нормою висіву насіння 450 тис. насінин/ га.

Разом із тим, ми визначали як площа листкової поверхні впливала на урожайність насіння, тому що рівень урожайності є визначальним у встановленні переваги будь-якого із досліджуваних чинників. Тобто, виявлені переваги у формуванні листкової поверхні гібридів ріпаку озимого від способу сівби чи норми висіву повинні мати реалізацію через вагове визначення сформованого насіння. В цьому випадку потрібно розуміти, що сучасні гібриди мають комплекс ознак, які здатні розкрити потенціал гібриду відповідно до умов, в яких вони вирощуються, а саме: недостатнє або надмірне вологозабезпечення, спекотливий чи прохолодний температурний режим упродовж вегетаційного періоду, ґрунти легкого чи важкого механічного складу і т. д.

Тому, нами було визначено рівень урожайності в досліді, і як наслідок, встановлено, що найвищі показники урожайності були досягнуті, у досліджуваних гібридів ріпаку озимого, на варіантах із висіванням насіння шириною міжряддя 15 см (табл. 2). А саме, відповідно до гібриду та норми висіву насіння урожайність коливалася в межах 4,29–4,65 т/га. Найвищий показник 4,65 т/га був встановлений за висівання гібриду ДК Екзодус нормою висіву 450 тис./га.

Від сівби досліджуваних гібридів із міжряддям 35 см урожайність знижувалася і була на рівні 4,10–4,49 т/га. Найвищий показник урожайності, за вказаного способу сівби виявлений на ділянках із гібридом ДК Ексквізіт за норми висіву 350 тис./га.

Таблиця 2. Вплив гібриду, способу сівби та норми висіву насіння на урожайність ріпаку озимого, т/га (середнє за 2019–2021 рр.)

Гібрид (чинник А)	Норма висіву насіння (чинник С)	
	350	450
Ширина міжряддя 15 см (чинник В)		
ДК Екзодус	4,57	4,65
ДК Ексквізіт	4,43	4,61
ДК Експріт	4,29	4,43
Ширина міжряддя 35 см (чинник В)		
ДК Екзодус	4,35	4,11
ДК Ексквізіт	4,49	4,17
ДК Експріт	4,17	4,10
$HP_{0,95,t/га}$ А–0,11 В–0,10 С–0,08 АВ–0,19 АС–0,13 ВС–0,10 АВС–0,28		

Отже, в результаті проведених досліджень, нами встановлено, що в умовах північно-східної частини Лісостепу Західного, кращою нормою висіву насіння є 450 тис./га з міжряддям 15 см. Щодо гібридів, то найвищий рівень урожайності забезпечував ДК Екзодус від сівби його насіння з міжряддям 15 см, а за ширини міжряддя 35 см кращим виявився гібрид ДК Ексквізіт із нормою висіву 350 тис. насінин/га.

Висновки

Для господарств північно-східної частини Лісостепу Західного рекомендовано висівати гібрид озимого ріпаку ДК Екзодус із нормою висіву насіння 450 тис/га та з міжряддям 15 см. А за необхідності висівання насіння із шириною міжряддя 35 см рекомендовано висівати гібрид ДК Ексквізіт із нормою висіву насіння 350 тис./га.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 4-те вид., випр. і доп. Львів: Українські технології, 2014. 1040 с.
2. Мацера О. О. Формування площі листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу рослин озимого ріпаку залежно від строку посіву та системи удобрення. *Збірник наукових праць ВНАУ: Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 6 (т. 1). С. 55–62.
3. Юрчук С. Вплив норми висіву та способу сівби на врожайність ріпаку озимого. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/2020-vplyv-norm-vysivu-ta-sposobu-sivby-na-vrozhainist-ripaku-ozymoho.html>.
4. Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Едельвейс, 2014. 331с.

REFERENCES

1. Lykhochvor V.V., Petrychenko V.F. (2014). Roslynnytstvo [Plant growing]. Tekhnolohiyi vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur. 4-te vyd., vypr. i dop. Lviv: Ukrayins'ki tekhnolohiyi. 1040 p. [in Ukrainian].
2. Matsera O.O. (2017). Formuvannya ploshchi lystovoyi poverkhni ta fotosyntetychnoho potentsialu roslyn ozymoho ripaku zalezchno vid stroku posivu ta systemy udobrennya [Formation of leaf (surface) area potential of winter oilseed rape plants depending on sowing time and fertilization system]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU: Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 6 (1), 5562 [in Ukrainian].
3. Yurchuk S. Vplyv normy vysivu ta sposobu sivby na vrozhainist ripaku ozymoho [Influence of sowing rate and sowing method on yield of winter oilseed rape]. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/2020> [in Ukrainian].
4. Yeshchenko V.O. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomiyi [Basics of scientific research in agronomy]. K.: Edelweis. 331p. [in Ukrainian].

Hoisiuk Yu.V., Hoisiuk S.O.

Growth of leaf area and yield of winter rape hybrids in the conditions of the northeastern part of the western Forest-Steppe

Aim. The purpose of the research was a preparation of the recommendation regarding cultivation of a winter oilseed rape for farms of the northern-east part of the western Forest-Steppe. Namely, to define inside of the group of classical hybrids such that provide the highest crop capacity dependably on seed planting rate and row width. **Methods.** The researches that we conducted, were carried out by setting up a field experiments in accordance with the generally accepted methodology according to the three-factor scheme in four reiterations. The experiment executed on dark-grey soils that are typical soils in northern-east part of the western Forest-Steppe. We researched the hybrids of winter oilseed rape DK Exodus, DK Exquisite, DK Exprit. **Results.** At the experiment we were sowed the hybrids by row width 15 cm and 35 cm, seed planting rates were 350 and 450 thousand seeds per ha. As results of the researches were defined the levels of crop performance of the hybrids in the experiments. Thus, the highest performance were reached at the plots of the hybrids that were sowed by row width 15 cm. Namely, the crop performance varied in according to hybrids and seed plantings rates and was at the levels 4.29–4.65 t per ha. The highest number 4.65 t per ha was determined on the plots with DK Exodus that was planted by seed planting rate 450 thousand seeds per ha. **Conclusions.** Therefore, in conditions of the

northern-east part of the Lisosteppe western for getting the most increased of winter oilseed rape crop performance, we recommend to plant hybrid DK Exodus by seed planting rate 450 thousand seeds per ha and by row width 15 cm. In case of the necessity to plant winter oilseed rape by row width 35 cm, we recommend to plant hybrid DK Exquisite by seed planting rate 350 thousand seeds per ha.

Key words: *technology cultivation, seed planting rate, row width.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Гойсюк Ю.В., кандидат с.-г. наук, докторант кафедри агробіотехнологій, Західноукраїнський національний університет, e-mail: yusyu13263@gmail.com, ORCID: 0009-0004-1560-4066.

Гойсюк С.О., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри агробіотехнологій, Західноукраїнський національний університет, e-mail: s.gojsyuk@gmail.com, ORCID: 0009-0001-6093-0408

Hoisiuk Yu.V., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.) doctoral student of the chair of agrobiotechnologies, the Western Ukrainian national university, e-mail: yusyu13263@gmail.com, ORCID: 0009-0004-1560-4066.

Hoisiuk S.O., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.) associate professor of the department of agrobiotechnologies, the Western Ukrainian national university, e-mail: s.gojsyuk@gmail.com, ORCID: 0009-0001-6093-0408.

Надійшла 15.02.2024

УРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ТА УДОБРЕННЯ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Г.М. Господаренко, О.Д. Черно, О.В. Підбуртній

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)

Мета. Визначення прояву впливу погодних умов і добрив на тривалість міжфазних періодів вегетації, коефіцієнт водоспоживання і формування врожайності кукурудзи. **Методи.** Дослідження проводились у тривалому стаціонарному досліді Уманського національного університету садівництва на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому. Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см визначали за ДСТУ ISO 16586-2005. Вивчення водоспоживання кукурудзою проводили методом водного балансу. **Результати.** Тривалість вегетації кукурудзи залежала від умов у роки проведення досліджень. В окремі роки за нестачі опадів та під впливом підвищених температур спостерігалось скорочення тривалості вегетаційного періоду до 87–107 діб. Застосування добрив знижувало негативний вплив погодних умов, що проявлялось у підвищенні врожайності кукурудзи на 22–59 % залежно від доз і систем удобрення, а також сприяло зниженню коефіцієнта її варіації. З'ясовано, що у фазі ВВСН 79 між урожайністю зерна і запасами продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см існує сильний зв'язок ($r=0,73$); у фазі ВВСН 09 і ВВСН 59 він був середнім ($r=0,57-0,69$); на час повної стиглості зерна ВВСН 89 – слабким ($r=0,3$). Між врожайністю і кількістю опадів за вегетаційний період виявлено середній за впливом зв'язок – $r=0,63$. Виявлено вплив удобрення на коефіцієнт водоспоживання, що проявляється у його зниженні під впливом удобрення. **Висновки.** В умовах Правобережного Лісостепу тривалість вегетаційного періоду кукурудзи змінювалась у межах 87–124 доби і значно залежала від вологозабезпечення. До того ж водоспоживання посівами знаходилось у межах 1397–2742 м³/га. Добрива сприяють раціональному використанню води і забезпечують формування стабільніших урожаїв за роками досліджень. Виявлені закономірності реалізації потенціалу продуктивності кукурудзи залежно від водозабезпечення та удобрення є важливими чинниками удосконалення технології її вирощування.

Ключові слова: погодні умови, тривалість міжфазних періодів, продуктивна волога, водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання, добрива.

Вступ (постановка проблеми). У контексті глобальних кліматичних трансформацій агрометеорологічні умови кукурудзяного поясу також піддаються певним змінам. Однак кукурудза залишається привабливою культурою і забезпечує майже 70 % валових зборів зерна в Україні [1; 2]. Нині його виробництво становить 29,5 млн т, з них експорт – 20 млн т [3].

Згідно з оновленими прогнозами USDA світове виробництво кукурудзи в 2023/2024 МР сягнуло майже 1 2201 млн т. Це зростання досягнуте завдяки США, Україні, М'янмі та Парагваю. Основні зміни у світовій торгівлі відбудуться завдяки збільшенню експорту кукурудзи такими країнами, як США, Туреччина, Україна [3].

За площею посіву, кукурудза продовжує займати лідируючі позиції, а її місце в рейтингу найбільш поширених сільськогосподарських культур залишається стабільним упродовж останніх років. Нині в Україні тенденція до збільшення посівних площ під кукурудзу продовжується, що пояснюється кон'юнктурою ринку, високою врожайністю, прибутковістю та досконалою технологією її вирощування [4].

Зміна погодно-кліматичних умов у бік потепління, часті посухи, збільшення кількості та інтенсивності прояву негативних погодних явищ є головною проблемою, яка впливає на продуктивність кукурудзи, призводить до мінливості її врожайності та вимагає постійного коригування технології вирощування

[5–11]. Температура і волога є тими чинниками, що мають найбільший вплив на продуктивність культури і саме вони стають обмежувальними у процесі її вирощування [12].

Тому основним критерієм цілеспрямованих досліджень щодо районування нових гібридів є реакція кукурудзи на зміну погодних умов, технології вирощування і систему удобрення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Установлено, що зі збільшенням приросту населення на 1,8% за рік матеріально-технічні і продовольчі ресурси до 2038 р. потрібно буде збільшити майже на 51%. Щоб вирішити це завдання необхідно розробити нові, більш продуктивні агротехнології, зокрема системи живлення сільськогосподарських культур із метою підвищення їх продуктивності [13; 14]. Ситуація ускладнюється тим, що зростання населення посилює антропогенний тиск на довкілля, що призводить до скорочення площі орних земель, лісів, луків, запасів прісної води. Розв'язання цієї проблеми можливе за умови ефективного управління водними ресурсами і підвищення врожайності на одиницю спожитої води [15; 16].

Завдяки родючим ґрунтам і погодним умовам Правобережний Лісостеп є досить сприятливою зоною для ведення сільського господарства, що дає змогу вирощувати більшість сільськогосподарських культур. Однак, підвищення їх продуктивності можливе за об'єктивного оцінювання та раціонального використання кліматичних ресурсів, наявності та врахування інформації про біологічні особливості вирощування культур із метою більш повного використання ґрунтово-кліматичних ресурсів і послаблення впливу несприятливих погодних умов [17; 18].

На думку [19–21], за умов дефіциту вологи недобір врожаю зернових культур і кукурудзи може сягати 45–50%, а за поєднання декількох несприятливих явищ понад 70%. У переважній більшості випадків загрозу посівам кукурудзи спричиняють погодні умови, а в другому мінімумі знаходиться живлення рослин [13; 22]. Дослідженнями встановлено, що в початковій фазі розвитку вимоги рослин до вмісту вологи у ґрунті невисокі, а найбільша кількість вологи рослинами споживається у фазі ВВСН 51–83. Недостатнє забезпечення у цей період вологою зумовлює істотне зниження врожайності культури [23].

Для досягнення генетичного потенціалу продуктивності кукурудзи важливим є не лише кількість опадів за вегетаційний період, але й їх розподіл

упродовж вегетації. Дослідження показують, що приблизно 50–70% продуктивних витрат вологи припадають на першу половину вегетації культури (від сівби до викидання волоті). Однак дефіцит вологи у фазі росту та розвитку кукурудзи ВВСН 61–75 може спричинити порушення процесів запилення, що призводить до зменшення кількості зерен у качані, а дефіцит вологи після запилення – до зменшення загальної маси зерна. Опади, що випадають під час досягання зерна, практично не використовуються рослинами [24].

В умовах нестійкого зволоження та у зв'язку з глобальними змінами клімату (які, своєю чергою, призводять до трансформації регіонального клімату і окремих метеорологічних змін), частими посухами визначення вмісту в ґрунті продуктивної вологи, а також зміни, що відбулися у водоспоживанні кукурудзи на врожайність, коефіцієнт водоспоживання є важливим питанням в умовах сьогодення [25]. Наявність інформації про водоспоживання є обов'язковою умовою оптимізації технологій вирощування кукурудзи, а розроблені раніше рекомендації із зональних технологій вирощування культур унаслідок змін погодних умов виявилися малоефективними. Все це спонукає до певної оптимізації та вдосконалення технології вирощування сільськогосподарських культур. Запобігти зменшенню врожайності можна за допомогою відповідних агротехнологічних заходів, але для цього необхідно знати, які саме зміни відбуваються у фізіологічному стані рослин за тих чи інших погодних умов. Найважливішими із них для росту й розвитку рослин є температура повітря і кількість опадів.

Постановка завдання. Дослідження були спрямовані на вивчення впливу погодних умов на тривалість міжфазних періодів росту й розвитку кукурудзи, зміну запасів продуктивної вологи ґрунту впродовж її вегетації, водоспоживання та врожайність культури за різних систем удобрення.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводились на дослідному полі Уманського національного університету садівництва у тривалому (з 1964 р.) стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства на чорноземі опідзоленому важко-суглинковому. Технологія вирощування кукурудзи була загальноновизнаною для умов Правобережного Лісостепу. Погодні умови у роки проведення досліджень наведено за даними метеостанції Умань [26]. Польові досліді з кукурудзою та фенологічні спостереження за рослинами проводили за методикою [27].

В досліді вирощувалися середньостиглі гібриди: у 2006–2008 рр. – НС 301 (ФАО 300), 2009–2011 рр. – Харківський 311 МВ (ФАО 310), 2012–2016 рр. – ДКС 3511 (ФАО 330).

Запаси в ґрунті продуктивної вологи (мм) визначали гравіметричним методом у шарі ґрунту 0–100 см [28]. Водоспоживання кукурудзою визначали методом водного балансу [29]. Враховуючи витрату ґрунтової вологи і кількість опадів, що випадають упродовж росту й розвитку рослин, було обраховано сумарне водоспоживання посівами або евапотранспірацію. Вологозабезпеченість кукурудзи розраховували за формулою:

$$W = W_0 + W_6 \times K,$$

де W_0 – загальні запаси продуктивної вологи на початок вегетації у шарі ґрунту 0–100 см, мм;

W_6 – кількість опадів за вегетаційний період кукурудзи, мм;

K – коефіцієнт засвоєння опадів.

Облік врожаю проводили за методикою експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових [30]. Параметри варіювання, коефіцієнти кореляції, регресії, достовірність розрахованих показників визначали за методикою [31].

У досліді застосовували такі види мінеральних добрив: аміачну селітру (д. р. 34,4%), суперфосфат гранульований (д. р. 20,5%) і калій хлористий (д. р. 60%), а також напівперепрілий гній великої рогатої худоби. Площа посівної ділянки – 180 м², облікової – 100 м², повторність досліду – триразова, розміщення варіантів – послідовне. Схема досліду включала варіанти з дією мінеральних добрив та післядією мінеральної, органічної й органо-мінеральної систем удобрення (табл. 1) у польовій 10-пільній сівозміні з таким чергуванням культур: ячмінь ярий + конюшина лучна, конюшина лучна, пшениця озима, буряк цукровий, кукурудза, горох, пшениця озима, кукурудза на силос, пшениця озима, буряк цукровий.

Результати та їх обговорення. Погодні умови у роки проведення досліджень в окремі періоди мали різкі відхилення від середньобагаторічних значень як за температурним режимом, так і кількістю опадів, що впливало на ріст і розвиток кукурудзи, тривалість вегетаційного періоду [26].

За середньобагаторічними показниками сівбу кукурудзи проводили 03 травня, а у 2008, 2009 рр. – 4.05, 2013 р. – 6.05, 2006 і 2007 рр. – 7.05; 2010, 2014 рр. – 8.05. Завдяки значним контрастам температури від тепла до холоду в 2012 та 2015 рр. її провели в більш пізні строки – відповідно 14 і 18 травня. У 2007 та

Таблиця 1. Схема досліду

Назва варіанта досліду	Насиченість 1 га площі сівозміни добривами	Доза добрив під кукурудзу
Без добрив (контроль)	Без добрив (контроль)	–
M1	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀
M2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀
M3	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀
O1	Гній 9 т	–
O1,5	Гній 13,5 т	–
O2	Гній 18 т	–
OM1	Гній 4,5 т + N _{22,5} P _{33,7} K ₁₈	N ₅₀ P ₅₀ K _{47,5}
OM2	Гній 9 т + N ₄₅ P _{67,5} K ₃₆	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀
OM3	Гній 13,5 т + N _{67,5} P _{101,2} K ₅₄	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀

2011 рр. дефіцит опадів та суховії ускладнювали підготовку ґрунту та сівбу кукурудзи. Через сухість верхнього шару ґрунту створювались несприятливі умови для проростання зерна та появи сходів. Так у квітні–травні 2007 р. випало лише 16,5 мм опадів за середньобагаторічного показника 103 мм. Погодні умови 2016 р. на час сівби були сприятливими як за кількістю опадів, так і за температурою, тому сівбу провели у третій декаді квітня – 25.04. Зволоження ґрунту у цей період було достатнім.

Кількість опадів і температура повітря впливала на проростання насіння та появу сходів (табл. 2).

Згідно з середньобагаторічними даними період сівба–поява сходів тривав 15 діб (від 3.05 до 18.05). Найкоротшим він був у 2013 р. (7 діб) та в 2012, 2015 роках (9 діб). Це можна пояснити тим, що в ці роки в середині квітня відбувся перехід середньодобової температури через 10 °С в бік підвищення, а вже 29.04, що на 19 діб раніше, тому встановився літній режим погоди. Найдовшим цей період був у 2007 р. (12 діб), 2006 і 2009 рр. (13 діб) та 2011 і 2016 рр. (15 діб). У результаті уповільненого настання весняних процесів, слабого прогрівання ґрунту у 2006 р. та відсутністю опадів у квітні 2009 р. сходи кукурудзи з'явилися на 13-ту добу. У 2007 р. погодні умови для росту та розвитку кукурудзи були складними. Відсутність ефективних опадів упродовж березня–травня, низька відносна вологість повітря, суховійні явища призвели до швидкого пересихання верхніх шарів ґрунту і початку атмосферної посухи. Запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–20 см становили 9 мм, що створювало несприятливі умови для проростання

Таблиця 2. Тривалість міжфазних періодів росту й розвитку та вегетації кукурудзи, діб

Рік	Фаза росту й розвитку рослин				Тривалість вегетаційного періоду, діб
	сівба–повні сходи ВВСН 00–09	повні сходи – 5-й листок ВВСН 09–15	5-й листок – викидання волоті ВВСН15–59	викидання волоті–повна стиглість ВВСН 59–89	
2006	13	16	40	55	124
2007	12	14	45	36	107
2008	11	18	39	37	105
2009	13	12	39	44	108
2010	9	20	31	43	103
2011	15	16	39	48	118
2012	9	10	39	44	102
2013	7	9	40	44	100
2014	11	10	49	41	111
2015	9	12	37	29	87
2016	15	13	44	40	112
Середньобагаторічне за 1986–2005 рр.	15	14	43	62	134

зерна та появи сходів, які з'явилися на 12-ту добу. У 2011 р. в результаті похолодання та відсутності опадів сходи кукурудзи з'явилися через 15 діб.

Фаза утворення 3–5-го листка дуже важлива у формуванні генеративних органів: у цей період відбувається диференціація конусу наростання волоті, а також закладається та диференціюється конус наростання майбутнього жіночого суцвіття (качана) [32]. Погодні умови неоднозначно впливали на проходження цих процесів і на тривалість цієї фази росту. За середньобагаторічними даними тривалість періоду сходи–поява 5-го листка становить 14 діб (18.05–1.06). Якщо у 2010 р. період сівба–поява сходів був одним із найкоротших (9 діб), то період від їх з'явлення до утворення 5-го листка був найдовшим за 11 років спостережень і становив 20 діб. Через зниження нічних температур повітря до +4...+7 °С, тобто до показників нижчих біологічного нуля (+8...+10°), та холодні ночі, погодні умови для початкового росту й розвитку кукурудзи до кінця травня, були малосприятливими. Спостерігалось пригнічення стану, відставання у розвитку та повільне наростання рослинної маси. Вологозабезпеченість посівів була достатньою. У 2008 р. спостерігалась аналогічна ситуація, яка ускладнювалася через заморозки у повітрі й на поверхні ґрунту в першій декаді травня та стійкий понижений температурний режим, що утримувався до кінця першої декади

червня. У цьому році тривалість даного періоду становив 18 діб.

У період з'явлення 5-го листка до викидання волоті відбувається формування вузлів і міжвузлів та триває формування генеративних органів. Ця фаза є важливою для формування майбутнього врожаю кукурудзи. Нестача вологи у період від з'явлення 7-го листка до викидання волотей мало впливає на урожай, але за тривалої посухи (наприклад, від сходів до викидання волотей) він може значно знизитися.

За середньобагаторічними даними тривалість періоду поява 5-го листка–викидання волоті триває 43 доби (1.06–14.07). У 2006, 2007, 2013, 2016 рр. цей показник був на рівні цих значень із незначним варіюванням $\pm 1-3$ доби. Найкоротшим (31 добу, що на 12 діб раніше звичайного), він був у 2010 р. Це, на нашу думку, пов'язано зі значною кількістю опадів у травні–червні (192 мм, що на 52 мм перевищувало середньобагаторічні показники), підвищеними температурами повітря, достатніми запаси продуктивної вологи (175 мм) у шарі ґрунту 0–100 см. Всі ці чинники сприяли активному росту і розвитку кукурудзи. Натомість у 2015 р. підвищений температурний фон із періодами спеки до +31...+34°C та відсутністю опадів у II декаді липня (0,8 мм) стало причиною тому, що фазовий розвиток кукурудзи проходив швидше і вже на 37-му добу від появи 5-го листка відбулося викидання волоті.

Тривалість досягання зерна була зумовлена погодними чинниками. За даними метеостанції Умань період викидання волоті–повна стиглість триває від 14.07 до 14.09, що становить 62 доби. За час проведення досліду в усі роки спостерігалось його скорочення на 7–33 доби. Найкоротшим він був у 2015 р. (29 діб) та у 2007 і 2008 рр. – відповідно 36 і 37 діб. Як зазначалося вище, достатня кількість опадів та підвищена температура повітря у липні 2015 р. сприяло інтенсивному розвитку кукурудзи, проте в серпні цього самого року погодні умови для формування врожаю стали більш жорсткими. Під впливом високих температур, що перевищували середньобогаторічні значення на 3 °С, нестачі опадів (17 мм проти кліматичної норми 59 мм) посилилася повітряно-грунтова посуха. Спостерігалось передчасне (на три тижні) досягання зерна кукурудзи, що призвело до зниження врожаю. Загалом у цьому самому році тривалість вегетаційного періоду була найкоротшою і становила 87 діб.

У 2013 р. спостерігалась аналогічна закономірність, через посушливі умови липня (кількість опадів сягала 23 мм) і I–II декадах серпня (9 мм), високі температури повітря та суховії, створились негативні умови для завершення вегетації кукурудзи. Унаслідок підвищеного теплозабезпечення, що утримувалося з початку вегетації, розвиток кукурудзи відбувався пришвидшено тому тривалість вегетаційного періоду становив 100 діб. Аналогічна закономірність спостерігалась у 2008, 2010, 2012 р., в яких цей показник становив відповідно 105, 103 і 102 доби. У 2007 р. через вкрай посушливий травень–липень (за три місяці випало 70 мм опадів, що на 159 мм менше середньобогаторічних значень) тривалість вегетаційного періоду сягала 107 діб.

Для одержання дружніх сходів і подальшої вегетації кукурудзи необхідні оптимальні запаси продуктивної вологи у ґрунті, оскільки вони є основним чинником зв'язку між ґрунтом і рослиною. Недостатня їх кількість у ґрунті не лише негативно впливає на розвиток культур, а й може знижувати ефективність інших складових технології вирощування, зокрема удобрення [33].

У середньому за роками досліджень запаси вологи у шарі ґрунту 0–100 см становили 207 мм (табл. 3). Стосовно оцінки запасів продуктивної вологи у фазі викидання волоті, то згідно з класифікацією [34] у 2007 р. в шарі ґрунту 0–100 см вони були недостатніми (58 мм); у 2008, 2012, 2013,

2016 рр. – задовільними (91–98 мм), 2006, 2009, 2010, 2011, 2014, 2015 рр. – оптимальними (134–165 мм).

Результати досліджень показали, що залежно від погодних умов запаси продуктивної вологи навесні в шарі ґрунту 0–100 см варіювали від 90 мм у 2007 р. до 178 мм – у 2014 р. У другій половині вегетації спостерігалось переважання витрат вологи над її накопиченням у ґрунті.

Багато води кукурудза використовує під час наливу зерна й ефективно використовує опади у цей період. Встановлено, що до настання повної стиглості зерна запаси продуктивної вологи шарі ґрунту 0–100 см зменшувалися на 24–124 мм залежно від року проведення дослідження. Найменшим воно було у 2007 р., а найбільшим – 124 мм у 2008 р.

На водоспоживання кукурудзи впливала вологозабезпеченість посівів упродовж вегетаційного періоду. В середньому за роками досліджень запаси вологи в шарі ґрунту 0–100 см на час збирання врожаю зменшилися, порівняно з початковим періодом, на 19–53 %.

Стосовно динаміки запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–20 см, то найвищими вони були у фазі появи сходів, а на час повної стиглості практично в усі роки досліджень різко зменшувалися (див. табл. 3). Виключенням став лише посушливий 2007 р., коли за тривалого періоду практично бездощів'я (квітень–липень) максимальна кількість опадів (99 мм) випала лише у I–II декадах серпня, що й стало головним чинником поповнення запасів продуктивної вологи наприкінці вегетації культури. В середньому за роками досліджень запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–20 см на час появи сходів становили 26 мм, викидання волоті – 20, молочної стиглості – 17, повної стиглості – 12 мм.

Показник сумарного водоспоживання відображає кількість води, що витрачається культурою на транспірацію й утворення біологічної маси рослин, а також на фізичне випаровування з ґрунту. Він не є постійним, а змінюється в значних межах залежно від погодних умов вегетаційного періоду, стартових запасів вологи в ґрунті, технології вирощування культури [12; 17]. Встановлено, що показники сумарного водоспоживання кукурудзи змінювалася під впливом метеорологічних умов, які склалися в роки досліджень (табл. 4). Найвищим цей показник був у 2014 р. і становив 2742 м³/га, а найменшим – у посушливому 2007 р. – 1397 м³/га.

Таблиця 3. Запаси продуктивної вологи у ґрунті за роками досліджень, мм

Рік	Фаза росту й розвитку рослин								Зменшення за період сходи–збирання врожаю	
	сходи ВВСН 00–09		викидання волоті (ВВСН 59)		молочна стиглість (ВВСН 79)		повна стиглість (ВВСН 89)			
	Шар ґрунту, см									
	0–20	0–100	0–20	0–100	0–20	0–100	0–20	0–100	0–20	0–100
2006	33	170	18	135	10	80	10	113	23	57
2007	9	94	1	58	0	50	30	70	+21	24
2008	30	141	5	99	9	68	2	17	28	124
2009	34	169	27	140	17	98	9	77	25	92
2010	20	140	30	159	18	115	15	63	5	77
2011	35	170	36	165	31	140	27	140	8	30
2012	20	145	20	98	18	83	13	51	7	94
2013	30	138	17	91	10	90	3	61	27	77
2014	38	178	22	134	5	103	4	64	34	114
2015	21	129	22	135	10	102	10	58	11	71
2016	20	140	17	93	3	55	5	52	15	88

В усіх агрокліматичних зонах добрива залишаються одним із дієвих чинників формування високопродуктивних агроценозів кукурудзи [22]. Погодні умови років досліджень і системи удобрення істотно впливали на рівень врожайності кукурудзи (табл. 5).

У 2006–2016 рр. в контрольному варіанті дослідження вона була найменшою – 4,92 т/га, а діапазон її змін за роками був у межах 0,92–6,84 т/га. За мінеральної системи удобрення врожайність підвищилась

на 24–52 %, органічної – 22–40 %, орґано-мінеральної – 28–59 % залежно від доз внесення добрив. Коефіцієнт варіації, як відсоткове відношення середнього квадратичного відхилення до середньої арифметичної величини ознаки, показує, що чим він більший, тим менш однорідна сукупність і тим менш типова середня для цієї сукупності. Розрахунки показали, що в усіх варіантах дослідження мінливість ознаки була значною, оскільки коефіцієнт варіації

Таблиця 4. Споживання води кукурудзою за вегетаційний період

Рік	Структура водоспоживання, м ³ /га			Сумарне водоспоживання, м ³ /га
	волога ґрунту	опад за вегетацію	продуктивні опади	
2006	570	2215	1329	1899
2007	240	1795	1077	1397
2008	1240	1311	787	2027
2009	920	1781	1069	1989
2010	770	2817	1690	2460
2011	300	3015	1809	2109
2012	940	1682	1009	1949
2013	770	1817	1090	1860
2014	1140	2670	1602	2742
2015	710	2183	1310	2020
2016	880	1488	893	1773
У середньому по дослідженні	771	2070	1240	2020

Таблиця 5. Урожайність кукурудзи залежно від системи удобрення в сівозміні та коефіцієнт її водоспоживання, 2006–2016 рр.

Варіант досліджу	Урожайність, т/га			Коефіцієнт			
	середня	стандартне відхилення	розмах варіації ($X_{\max} - X_{\min}$)	стабільності врожайності	варіації урожайності, V(%)	агрономічної стабільності (As)	водоспоживання, м ³ /т зерна
Без добрив (контроль)	4,92	±1,84	0,92–6,84	0,68	37,3	63	411
M1	6,10	±2,01	1,78–9,66	0,77	33,0	67	331
M2	6,59	±2,17	2,58–10,90	0,79	33,0	67	307
M3	7,50	±2,18	3,27–11,89	0,87	29,0	71	269
O1	6,02	±2,05	1,64–9,61	0,75	34,0	66	336
O1,5	6,46	±2,07	2,31–10,32	0,81	32,1	68	313
O2	6,91	±2,09	2,83–11,02	0,84	30,3	70	292
OM1	6,31	±2,02	1,95–9,79	0,81	32,0	68	320
OM2	7,18	±2,10	2,90–11,16	0,87	29,2	71	281
OM3	7,83	±2,18	3,76–12,42	0,90	27,9	72	258

(V) був у межах 28–37%. Однак спостерігалась чітка закономірність його зменшення зі збільшенням дози внесення добрив. Найменшим коефіцієнт варіації урожайності був за органо-мінеральної системи удобрення (27,9%), де на 1 га сівозмінної площі вносились гній 13,5 т + N_{67,5}P_{101,2}K₅₄ та мінеральної систем удобрення (29,0%) за дози внесення N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅.

Важливим показником посіву є коефіцієнт стабільності, який показує стійкість реалізації потенційної продуктивності кукурудзи до певних умов довкілля. Встановлено, що він підвищувався зі збільшенням доз добрив за усіх систем удобрення. У варіанті досліджу гній 13,5 т + N_{67,5}P_{101,2}K₅₄ цей показник наближався до 1, що вказує на менший вплив погодних умов на формування врожайності кукурудзи. На ділянках, де добрив не вносили, коефіцієнт стабільності врожайності був найменшим і сягав 0,68.

Доцільність застосування доз добрив повною мірою характеризує коефіцієнт агрономічної стабільності (As). Вважається, що оптимальною є така доза добрив, за якої даний показник перевищує 70%. За агрономічною стабільністю вирощування кукурудзи на ділянках без внесення добрив ця культура не повністю реалізувала свій потенціал врожайності As = 63%. Вирощування кукурудзи за високих доз внесення добрив у сівозміні (N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅, гною – 18 т/га, гною 13,5 т + N_{67,5}P_{101,2}K₅₄) підвищувало показник агрономічної стабільності (As = 70–72%), що

свідчить про те, що кукурудза ефективно використовує високі дози добрив для формування врожайності, що сприяє кращій реалізації генетичного потенціалу гібриду.

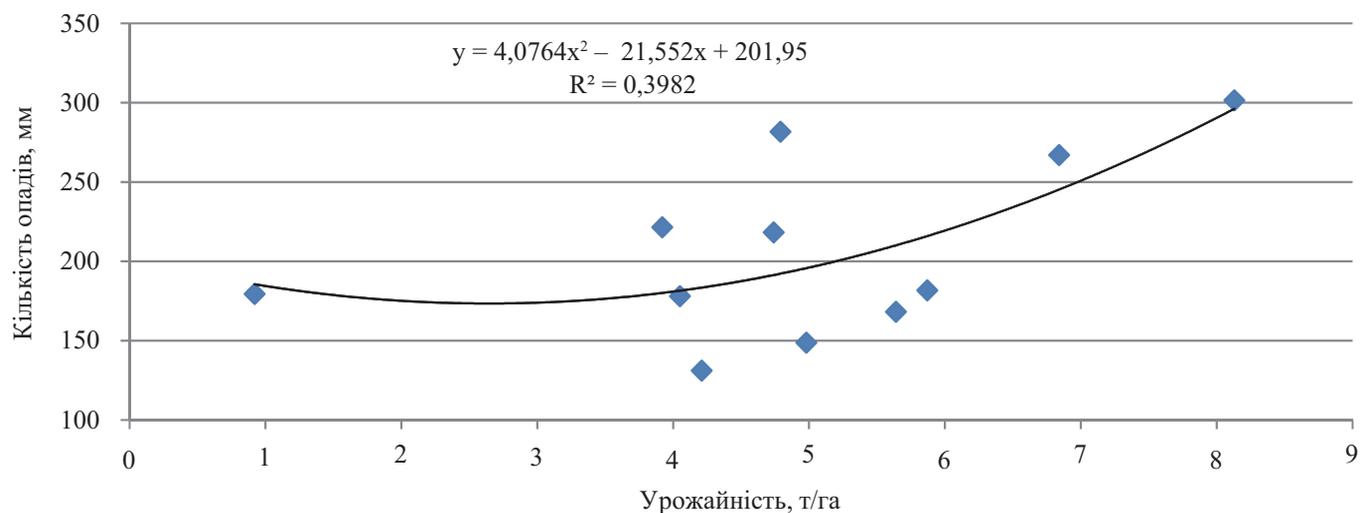
Отже, поліпшення умов мінерального живлення виявилось впливовим чинником на показники стабільності врожайності кукурудзи. Оптимальною для вирощування цієї культури була органо-мінеральна система удобрення з високими дозами їх внесення. Незалежно від погодних умов вегетаційного періоду цей варіант досліджу характеризувався більш стабільною врожайністю культури.

Аналізуючи одержані дані за 2006–2016 рр. за коефіцієнтом водоспоживання можна стверджувати, що на одну тону зерна кукурудзи загальні витрати води становили у контрольному варіанті 411 м³/т. Вплив мінеральних добрив на коефіцієнт водоспоживання проявився у його зниженні за всіх систем удобрення. За одинарних доз добрив усіх систем удобрення він становив відповідно 320–336 м³/т, а найменшим був за третіх рівнів удобрення – 258–292 м³/т, тобто добрива сприяли більш раціональному використанню води.

На основі статистичного аналізу нами були побудовані кореляційні поліноміальні моделі між запасами продуктивної вологи і врожайністю кукурудзи (табл. 6).

Таблиця 6. Коефіцієнти кореляції між запасами продуктивної вологи у шарах ґрунту 0–20 см та 0–100 см і врожайністю кукурудзи у контрольному варіанті досліді, 2006–2016 рр.

Фаза розвитку	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії і коефіцієнт апроксимації		
		Шар ґрунту, см		
	0–20	0–100		
Сходи	0,64	$y = 0,131x + 1,451$ $R^2 = 0,405$	0,69	$y = 0,050x - 2,462$ $R^2 = 0,474$
Викидання волоті	0,72	$y = 0,130x + 2,364$ $R^2 = 0,515$	0,57	$y = 0,032x + 1,118$ $R^2 = 0,330$
Молочна стиглість	0,36	$y = 0,043x + 4,188$ $R^2 = 0,129$	0,73	$y = 0,050x + 0,396$ $R^2 = 0,526$
Повна стиглість	0,21	$y = -0,041x + 5,396$ $R^2 = 0,043$	0,30	$y = 0,017x + 3,725$ $R^2 = 0,092$



Кореляційна залежність між кількістю опадів і врожайністю кукурудзи за вегетаційний період, 2006–2016 рр.

Встановлено, що на час повної появи сходів–викидання волоті (ВВСН 09 і ВВСН 59) зв'язок між запасами продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см і врожайністю характеризується середнім зв'язком, оскільки коефіцієнт кореляції ($r = 0,57$ – $0,69$). Від фази викидання волоті до молочної стиглості (ВВСН 59–79) тіснота зв'язку сильна – $r = 0,73$ і на час повної стиглості зерна (ВВСН 89) слабка – $r = 0,3$.

Деяко іншою закономірністю спостерігалась для шару ґрунту 0–20 см. У фази ВВСН 00–09 та ВВСН 79 тіснота зв'язку між врожайністю і запасами продуктивної вологи була середньою відповідно $r = 0,64$ і $0,36$. У фазі ВВСН 59 – сильною ($r = 0,72$), а за ВВСН 89 – слабкою ($r = 0,21$).

На основі побудованої кореляційної поліноміальної моделі залежності між врожайністю кукурудзи і кількістю опадів за вегетаційний період було виявлено середній за впливом зв'язок – $r = 0,63$ (рисунок).

Отже, виявлені закономірності формування продуктивності кукурудзи залежно від метеорологічних умов і системи удобрення є підґрунтям для удосконалення технології її вирощування з метою більш повної реалізації генетичного потенціалу та ефективного використання матеріально-технічних і агрокліматичних ресурсів.

Висновки

За високих температур впродовж липня–серпня та дефіциту вологи в цей період спостерігалось скорочення вегетації кукурудзи у 2015 р. до 87 діб, порівняно із 2006 р. (124 доби) за середньобагаторічного показника – 134 доби.

Залежно від погодних умов запаси продуктивної вологи навесні в шарі ґрунту 0–100 см змінювалися від 90 мм у 2007 р. до 178 мм – у 2014 р. На час збирання врожаю вони зменшилися, порівняно

з початковим періодом, на 19–53% залежно від року проведення досліджень.

Урожайність кукурудзи за мінеральної системи удобрення підвищувалась на 24–52%, органічної – 22–40, органо-мінеральної – 28–59% залежно від доз добрив. До того ж коефіцієнт варіації врожайності мав тенденцію до зменшення зі збільшенням доз добрив і найменшим (27,9%) він був у варіанті гній $13,5 \text{ т} + \text{N}_{67,5} \text{P}_{101,2} \text{K}_{54}$ та $\text{N}_{135} \text{P}_{135} \text{K}_{135}$ (29%).

Погодні умови мали менший вплив на формування врожайності кукурудзи у варіанті дослідів гній $13,5 \text{ т} + \text{N}_{67,5} \text{P}_{101,2} \text{K}_{54}$ – коефіцієнт її стабільності наближався до 1.

Застосування у польовій сівозміні високих доз добрив – мінеральних дозою $\text{N}_{135} \text{P}_{135} \text{K}_{135}$, органічних – 18 т/га, органо-мінеральних – гній $13,5 \text{ т} + \text{N}_{67,5} \text{P}_{101,2} \text{K}_{54}$ сприяло підвищенню показників агрономічної ста-

більності $\text{As} = 70\text{--}72\%$. Це свідчить, що кукурудза добре використовує високі дози добрив для реалізації свого генетичного потенціалу і більш раціонально використовує воду, оскільки коефіцієнт водоспоживання має тенденцію до зниження.

Між запасами продуктивної вологи у шарі ґрунту 0–100 см і врожайністю кукурудзи у фази ВВСН 09 і ВВСН 59 відмічено середній кореляційний зв'язок ($r = 0,57\text{--}0,69$); у фази ВВСН 79 – сильний ($r = 0,73$) і на час повної стиглості зерна ВВСН 89 був слабкий ($r = 0,3$). Між кількістю опадів за вегетаційний період і врожайністю зерна відзначено середній за впливом зв'язок – $r = 0,63$.

Перспективою подальших досліджень є виявлення реакції інших груп гібридів кукурудзи на кліматичні зміни, а також розробка рекомендацій щодо адаптації технології їх вирощування.

ЛІТЕРАТУРА

1. SAVE FOOD: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. URL: <http://www.fao.org/save-food/en/>.
2. Камінський В.Ф., Асанішвілі Н.М. Формування якості зерна кукурудзи різних напрямів використання залежно від технології вирощування в Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 74–84. Doi: <https://doi.org/10.31073/kormo-vyrobnytstvo202089-07>.
3. USDA збільшило прогноз виробництва та експорту української кукурудзи. *Укрінформ*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3785258-usda-zbilsilo-prognoz-virobnictva-ta-eksportu-ukrainskoi-kukurudzi.html>.
4. Гаврилюк А. Валовий збір кукурудзи із 73% площ уже перевищив минулорічний. *Agrotimes*. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/valovyj-zbir-kukurudzy-iz-73-ploshh-uzhe-perevyshyv-mynulo-richnyj/>.
5. Поліщук М.І., Хавхун А.А. Шляхи підвищення врожайності гібридів кукурудзи в умовах потепління клімату. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Вип. 2 (39). С. 54–59. doi.10.37406/2706-9052-2023-2.8.
6. Deb P., Shrestha S., & Babel, M.S. Forecasting Climate Change Impacts and Evaluation of Adaptation Options for Maize Cropping in the Hilly Terrain of Himalayas: Sikkim, India. *Theoretical and Applied Climatology*. 2015. Vol. 121. P. 649–667. doi: <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1262-4>.
7. Lin Y., Feng Z., Wu W., Yang Y., Zhou Y., Xu C. Potential Impacts of Climate Change and Adaptation on Maize in Northeast China. *Agronomy Journal*. 2017. 109. С. 1476–1490. doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2016.05.0275/>.
8. Wang W., Dong X., Lu Y., Liu X., Zhang R., Li M., Pu X. Soil Water Balance and Water Use Efficiency of Rain-Fed Maize under a Cool Temperate Climate as Modeled by the AquaCrop. *Paper Presented at the MATEC Web of Conferences*. 2018. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824601059/>.
9. Костюкевич Т.К., Толмачова А.В. Оцінка впливу зміни клімату на агрокліматичні умови вирощування кукурудзи в центральній частині України. *Science. Innovation. Quality: 1st International Scientific-Practical Conference SIQ–2020, December 17-18th, 2020: Book of Papers*. Berdyansk: BSPU, 2020. P. 264–267.
10. Волощук І. П., Волощук І. С., Глива В. В., Пащак М.О. Погодні умови як чинник впливу на ріст і розвиток рослин кукурудзи в Західному Лісостепу України. *Sciences of Europe* 2021. №71. С. 3–7.
11. Кабанець В.М., Собко М.Г., Музика Л.П., Мурчак О.М. Особливості вирощування кукурудзи на зерно в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу, 2022. 48 с.
12. Кирилюк В.П. Структура сумарного водоспоживання кукурудзи. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. № 2. С. 23–27. doi 10.31395/2310-0478-2019-2-17-21.
13. Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Бакланова Т.В., Коваленко О.А., Пилипенко Т.В. Сучасні підходи

- до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 02(87). С. 89–101. doi: 10.33249/2663-2144-2020-87-02-89-101.
14. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Любич В.В., Садовський І.С. Агрометеорологічні умови та удобрення як чинники впливу на структуру врожаю кукурудзи у Правобережному Ліссостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. №1(7). С. 26–37. doi: 10.54651/agri.2023.01.04.
 15. Yang J., Mei X., Huo Z., Yan C., Ju H., Zhao F., Liu Q. Water consumption in summer maize and winter wheat cropping system based on SEBAL model in Huang-Huai-Hai Plain, China. *J. Integr. Agric.* 2015. Vol. 14. P. 2065–2076.
 16. Perry C. Accounting for water use: Terminology and implications for saving water and increasing production. *Agric. Water Manag.* 2011. Vol. 98. P. 1840–1846.
 17. Миколайко В.П., Кирилюк В.П., Рожі Т.А. Картографування Правобережної частини Черкаської області за водоспоживанням кукурудзи на зерно. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 1. С. 97–102. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2023.278545.
 18. Господаренко Г.М., Черно О.Д., Новак А.В. Вплив метеорологічних умов та удобрення на врожайність кукурудзи у Правобережному Ліссостепу. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2023. Вип. 102. Ч. 1. С. 26–34. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-102-1-26-34.
 19. Малієнко А.М., Борис Н.Є. Типовість гідротермічних умов зони Правобережного Ліссостепу та їх вплив на продуктивність кукурудзи. *Агробіологія*. 2019. №1. С. 55–64. doi: 10.33245/2310-9270-2019-146-1-55-64.
 20. Ukraine Corn: Harvest Reports Cite Record Production. Foreign Agricultural Service. USDA 4 December 2018. Office of Global Analysis. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/>.
 21. Core Writing Team, Pachauri R.K., Meyer L.A. IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2014. 151 p.
 22. Камінський В.Ф., Асанішвілі Н.М. Особливості росту і розвитку рослин кукурудзи в посівах та їх фотосинтетична діяльність залежно від технології вирощування в умовах Ліссостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (II). С. 92–112. DOI: 10.32636/01308521.2020-(67)-2-6.
 23. Особливості росту і розвитку рослини кукурудзи. *Syngenta Україна*. URL: <https://www.syngenta.ua/press-release/kukurudza/osoblivosti-rostu-i-rozvitku-roslini-kukurudzi>.
 24. Потреба у волозі для сільськогосподарських культур – критичні періоди. *Інститут живлення рослин*. URL: <https://pni.com.ua/>.
 25. Польовий А.М., Костюкевич Т.К., Толмачова А.В. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в західному Ліссостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 1. С. 29–36. DOI: 10.31521/2313-092X/2021-1(109).
 26. Агрометеорологічний огляд за 2006–2016 рр. по Черкаській області. Черкаси: Черкаський обласний центр з гідрометеорології.
 27. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою: методичні рекомендації / Е. М. Лебідь та ін. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.
 28. Гушля А.В., Мезенцев В.С. Водно-балансовые исследования. К: Вища школа, 1982. 231 с.
 29. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. Ткачик С.О. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2016. 82 с.
 30. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях / О.І. Присяжнюк та ін. Вінниця: Нітлан-ЛТД, 2021. 300 с.
 31. Грабовський М. Сівба кукурудзи *Агробізнес сьогодні*. 2011. URL: <https://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/126-sivbakukurudzy.html> (дата звернення 12.01.2024).
 32. Камінський В.Ф., Гангур В.В. Динаміка продуктивної вологи в ґрунті за вирощування пшениці озимої в сівознах Лівобережного Ліссостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 11–14. DOI: 10.31210/visnyk2018.03.01.
 33. Атлас «Агрокліматичні ресурси України» / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенка. Київ, 2016. 113 с.

REFERENCES

1. Save Food. (n.d.). Global initiative on food loss and waste reduction. URL: <http://www.fao.org/save-food/en/> [in English].
2. Kamins'kyj, V. F., & Asanishvili, N. M. (2020). Formuvannya yakosti zerna kukurudzy` rizny`x napryamiv vy`kory`stannya zalezchno vid texnologiyi

- vy`roshhuvannya v Lisostepu. *Kormy` i kormovy`robny`czstvo*, 89, 74–84. Doi: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-07> [in Ukrainian].
3. USDA Zbilshylo prognoz vyrobnyctva ta eksportuukrayinskoyi kukurudzy [The SDA has increased the forecast for the production and export of Ukrainian corn]. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3785258-usda-zbilsilo-prognoz-virobnictva-ta-eksportu-ukrainskoi-kukurudzi.html> [in Ukrainian].
 4. Havryliuk, A. Valovy zbir kukurudzy iz 73% plosch uzhe perevyschyv mynulorichnyi [The gross harvest of corn from 30% of the areas already surpassed last year's]. *Agrotimes–Agrotimes*. URL: <https://ag.rotimes.ua/agronomiya/valovyj-zbir-kukurudzy-iz-73-plosch-uzhe-perevyschyv-mynulorichnyj> [in Ukrainian].
 5. Polishhuk, M.I. & Xavxun, A.A. (2023). Shlyaxy pidvyshhennya vrozhajnosti gibrydiv kukurudzy v umovax poteplinnyia klimatu [Ways of increasing the yield of corn hybrids under conditions of climate warming]. *Podilskyjvisnyk: silskegospodarstvo, texnika, ekonomika–PodilskyVisnyk: agriculture, technology, economy*, 2 (39), 54–59. doi :<https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.8> [in Ukrainian].
 6. Deb, P., Shrestha, S. & Babel, M.S. (2015). Forecasting Climate Change Impacts and Evaluation of Adaptation Options for Maize Cropping in the Hilly Terrain of Himalayas: Sikkim, India. *Theoretical and Applied Climatology*, 121, 649–667. doi : <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1262-4> [in English].
 7. Lin, Y., Feng, Z., Wu, W., Yang, Y., Zhou, Y.& Xu, C. (2017). Potential Impacts of Climate Change and Adaptation on Maize in Northeast China. *Agronomy Journal–Agronomists Journal*, 109, 1476–1490. doi :<https://doi.org/10.2134/agronj2016.05.0275> [in English].
 8. Wang, W., Dong, X., Lu, Y., Liu, X., Zhang, R., Li, M.& Pu, X. (2018). Soil Water Balance and Water Use Efficiency of Rain-Fed Maize under a Cool Temperate Climate as Modeled by the AquaCrop. *Paper presented at the MATEC Web of Conferences*. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824601059> [in English].
 9. Kostyukievych, T.K. & Tolmachova, A.V. (2020). Otsinka vplyvu zminy klimatu na ahroklimatychni umovy vyroshchuvannya kukurudzy v tsentralnii chastyni Ukrainy [Assessment of the impact of climate change on the acroclimatic conditions of corn cultivation in the central part of Ukraine]. *Science. Innovation. Quality* : 1st International Scientific-Practical Conference, (pp. 264–267). Berdyansk: BSPU [in Ukrainian].
 10. Voloshchuk, I.P., Voloshchuk, I.S., Hlyva, V.V. & Pashchak, M.O. (2021). Pohodni umovy yak chynnyk vplyvu na rist i rozvytok roslyn kukurudzy v zakhidnomu Lisostepu Ukrainy [Weather conditions as a factor affecting the growth and development of corn plants in the western forest-steppe of Ukraine]. *Sciences of Europe*, 71, 3–7 [in Ukrainian].
 11. Kabanecz, V.M., Sobko, M.G., Muzyka, L.P. & Murach, O.M. (2022). *Osoblyvosti vyroshhuvannya kukurudzy na zerno v umovax pivnichno-sxidnogo Lisostepu Ukrayiny [Peculiarities of corn threshing for grain in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]*. Sumi: Sad [in Ukrainian].
 12. Kyrylyuk, V.P. (2019). Struktura sumarnogo vodospozhyvannya kukurudzy [The structure of the total water consumption of corn]. *Visnyk Umanskogo nacionalnogo universytetu sadivnyctva – Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, 2, 23–27. doi :<https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-2-17-21> [in Ukrainian].
 13. Hamaiunova, V.V., Khonenko, L.H., Baklanova, T.V., Kovalenko, O.A. & Pylypenko, T.V. (2020). Suchasni pidkhody do zastosuvannya mineralnykh dobryv za zberezhenia gruntovoi rodiuchosti v umovakh zminy klimatu [Modern approaches to the application of mineral fertilizers for the preservation of soil fertility in conditions of climate change]. *Naukovi horyzonty – Scientific horizons*, 2(87), 89–101 [in Ukrainian].
 14. Hospodarenko, H.M., Chernov, O.D., Lyuby`ch, V.V. & Sadovskiy, I.S. (2023). Agrometeorologichni umovy ta udobrennya yak chynnyky vplyvu na strukturu vrozhayu kukurudzy u Pravoberezhnomu Lisostepu [Agrometeorological conditions and fertilizers as influencing factors on the structure of the corn crop in the Right Bank Forest Steppe]. *Zemlerobstvo ta roslynnycztvo: teoriya i praktyka –Agriculture and horticulture: theory and practice*, 1 (7), 26–37. doi: [10.54651/agri.2023.01.04](https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.04) [in Ukrainian].
 15. Yang, J., Mei, X., Huo, Z., Yan, C., Ju, H., Zhao, F. & Liu, Q. (2015). Water consumption in summer maize and winter wheat cropping system based on SEBAL model in Huang-Huai-Hai Plain, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 14, 2065–2076 [in English].
 16. Perry, C. (2011). Accounting for water use: Terminology and implications for saving water and increasing production. *Agricultural Water Management*, 98, 1840–1846 [in English].
 17. Mykolaiko, V.P., Kyryliuk, V.P. & Rozhi, T.A. (2023). Kartohrafuvannya Pravoberezhnoi chastyny Cherkaskoi oblasti za vodospozhyvanniam kukurudzy na zerno [Mapping the Right-Bank Part of Cherkasy Region by Corn Grain Water Consumption]. *Zbalsanovane pryrodokorystuvannya – Balanced use of*

- nature*, 1, 97–102. doi: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278545> [in Ukrainian].
18. Hospodarenko, H.M., Chernov, O.D. & Novak, A.V. (2023). Vplyv meteorologichnykh umov ta udobrennia na vrozhaist kukurudzy u Pravoberezhnomu Lisostepu [The influence of meteorological conditions and fertilizers on the yield of corn in the Right Bank Forest Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva – Collection of scientific papers of the Uman National University of Horticulture*, 102(1), 26–34. doi: <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-102-1-26-34> [in Ukrainian].
 19. Malienko, A.M. & Boris, N.Y. (2019). Typovist hydrotermichn ykhumov zony Pravoberezhnoho Lisostepu ta yikh vplyv na produktyvnist kukurudzy [Typical hydrothermal conditions of the Right Bank Forest Steppe zone and their influence on corn productivity]. *Agrobiologia – Agrobiology*, 1, 55–64. doi: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2019-146-1-55-64> [in Ukrainian].
 20. United States Department of Agriculture. (2018). Ukraine Corn: Harvest Reports Cite Record Production. *Foreign Agricultural Service, Office of Global Analysis*. URL: <https://ipad.fas.usda.gov/> [in English].
 21. Pachauri, R.K. & Meyer, L.A. (2014). ClimateChange 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland : IPCC [in English].
 22. Kaminskyj, V.F. & Asanishvili, N.M. (2020). Osoblyvosti rostu i rozvytku roslyn kukurudzy v posivax ta yix fotosyntetychna diyalnist' zalezno vid tekhnologiyi vyroshhuvannya v umovax Lisostepu. [Peculiarities of the growth and development of corn plants in crops and their photosynthetic activity depending on the cultivation technology in the forest-steppe conditions]. *Predgirne ta girske zemlerobstvo I tvarynyctvo – Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*, 67 (II), 92–112. doi: <https://doi.org/10.32636/01308521> [in Ukrainian].
 23. Osoblyvosti rostu i rozvytku roslyny kukurudzy [Features of the growth and development of the corn plant] (2014). URL: <https://www.syngenta.ua/press-release/kukurudza/osoblivostirostu-i-rozvitku-roslini-kukurudzi> [in Ukrainian].
 24. Potreba u volozi dlya silskogospodarskykh kultur – krytychni periody. (n.d.). [The need for moisture for agricultural crops – critical periods]. *Institut zhyvleniya Roslyn – Institute of plant nutrition*. URL: <https://pni.com.ua/> [in Ukrainian].
 25. Polovyi, A.M., Kostyukievych, T.K., Tolmacheva, A.V. (2021). Vplyv klimatychnykh zmin na formuvannya produktyvnosti kukurudzy v Zakhidnomu Lisostepu Ukrainy [The influence of climatic changes on the formation of corn productivity in the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomor'ia – Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 1, 29–36. doi: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1(109)) [in Ukrainian].
 26. Ahrometeorologichnyi ohliad za 2006–2016 rr. po Cherkaskii oblasti. Cherkasy : Cherkaskyi obl. tsentr z hidrometeorologii [Achrometeorological survey for 2006–2016 in the Cherkassy region. Cherkasy: Cherkassy region. hydrometeorology center] [in Ukrainian].
 27. Lebid, E.M., Cykov, V.S. & Pashhenko, Yu. M. (2008). *Metodyka provedennya polovykh doslidiv z kukurudzoyu [Methods of field experiments with corn]*. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
 28. Hushlia A.V. & Mezentsev V.S. (1982). Vodno-balansovi doslidzhennia. Kyiv : Vyscha shkola [in Ukrainian].
 29. Tkachyk, S.O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv Roslyn hrupy zernovykh, krup'ianykh ta zernobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [Methodology for examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous groups for suitability for propagation in Ukraine]*. Vinnytsia :Korzun D. Yu. [in Ukrainian].
 30. Prysiazhnyuk, O. I. et al. (2021). Metodolohiya i orhanizatsiya naukovykh doslidzhen' v sil's'komu hospodarstvi ta kharchovykh tekhnolohiyakh [Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies]. Vinnytsya : Nitlan-LTD [in Ukrainian].
 31. Grabovskiy, M. (2011). Sivba kukurudzy [Sowing corn]. *Agrobusiness sogo dni. – Agribusiness today*. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/> [in Ukrainian].
 32. Kaminskyj, V.F. & Gangur, V.V. (2018). Dynamika Produktyvnoyi vology v grunti za vyroshhuvannya pshenyaci ozymoyi v sivozminax Livoberezhnogo Lisostepu Ukrayiny [The dynamics of productive moisture in the soil during intercropping of winter wheat in crop rotations of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarynoi akademiyi – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, (3), 11–14. doi: <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.03.01> [in Ukrainian].
 33. Adamenko, T.I., Kulbidy, M.I. & Prokopenka, A.L. (Eds.). (2016). *Atlas «Agroklimatychni resursy Ukrayiny» [Atlas «Agroclimatic resources of Ukraine»]*. Kyiv [in Ukrainian].

Hospodarenko H.M., Chernov O.D., Pidburtnyi O.V.

Maize yield depends on moisture supply and fertilization in Right Bank Forest Steppe

Aim. of researches was determination of the influence of weather conditions and fertilizers on the duration of interphase periods of vegetation, water consumption coefficient and corn yield formation. **Methods.** Researches were conducted in the protracted stationary trials of Department of Agricultural Chemistry and Soil Science of the Uman National University of gardening on podzolized heavy loam chernozem. The supplies of productive moisture in the layer of soil a 0–100 cm determined after DSTU ISO 16586-2005. The study of water consumption a corn was conducted by the method of water balance. The account of harvest was conducted on Methodos of realizations of examination of sorts of plants of group of grain, leguminous, cereal on a fitness to distribution in Ukraine. **Results.** The duration of the maize growing season depended on the conditions during the years of research. In some years, due to lack of precipitation and high temperatures, the duration of the growing season was reduced to 87–107 days. The use of fertilizers reduced the negative impact of weather conditions, which was manifested in an increase in corn yield by 22-59% depending on the doses and fertilizer systems, and also contributed to a decrease in the coefficient of variation. It was found that in the phase of BBCH 79 between grain yield and reserves of productive moisture in the soil layer 0-100 cm there is a strong relationship ($r=0.73$); in the phase of BBCH 09 and BBCH 59 it was average ($r=0.57-0.69$); at the time of full grain ripeness BBCH 89 –weak ($r=0.3$). Between the yield and the amount of precipitation during the growing season, an average relationship was found – $r=0.63$. The influence of fertilizer on the water consumption coefficient was revealed, which is manifested in its decrease under the influence of fertilizer. It testifies to more productive use of water plants. **Conclusions.** In the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe, the duration of the growing season of maize varied within 87-124 days and significantly depended on moisture supply. In addition, water consumption by crops was in the range of 1397–2742 m³/ha. Fertilizers contribute to the rational use of water and ensure the formation of more stable yields over the years of research. The revealed patterns of realization of the potential of maize productivity depending on water supply and fertilization are important factors in improving the technology of its cultivation.

Key words: weather terms, duration of interphase periods, productive moisture, water consumption, coefficient of water consumption.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Господаренко Г.М., доктор с.-г. наук, професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва, e-mail: hospodarenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6495-2647.

Чернов О.Д., кандидат с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського національного університету садівництва, e-mail: o.chernov@ukr.net, ORCID : 0000-0001-5021-9340.

Підбуртний О.В., здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії), Уманський національний університет садівництва, e-mail: terra.tov@ukr.net.

Підбуртний О.В., здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії), Уманський національний університет садівництва, e-mail: terra.tov@ukr.net.

Hospodarenko H.M., Doctor of Agricultural Sciences, professor of the Department of Agrochemistry and soil science, the Uman National University of Horticulture, e-mail: hospodarenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6495-2647.

Soil science, the Uman National University of Horticulture, e-mail: o.chernov@ukr.net, ORCID : 0000-0001-5021-9340.

Chernov O.D., Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, head of the Department of Agrochemistry and

Pidburtnyi O.V., bread-winner of the third (educationally-scientific) level of higher education (Ph.D.), the Department of Agrochemistry and Soil science, the Uman National University of Horticulture, e-mail: terra.tov@ukr.net.

Надійшла 08.02.2024

ДЕРЕВІЙ ЗВИЧАЙНИЙ ЯК ПРИРОДНИЙ СТИМУЛЯТОР РОСТУ ТВАРИН

М.І. Штакал¹, Л.М. Голик², В.М. Штакал³, О.С. Левченко⁴, Л.А. Глущенко⁵¹⁻⁴ННЦ «ІЗ НААН» (сmt Чабани, Україна)⁵Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН

Мета. Встановити біологічні особливості росту і розвитку деревію звичайного, його урожайність і хімічний склад та технологічну придатність використання в якості компонентів фітосумішей із метою формування органічних кормових добавок для годівлі тварин. **Методи.** Польовий, лабораторний, варіаційної статистики. **Результати.** Дослідженнями встановлено, що деревій звичайний технологічно придатний для заготівлі сировини лікарсько-кормового призначення. Його урожайність зеленої маси за чотири роки досліджень становила 11,5 т/га, а вихід сухої маси відповідно – 2,8 т/га з коливаннями по роках відповідно 9,2–24,0 і 2,4–3,4 т/га. Вміст сирого протеїну у деревію сягав у середньому 15,9% і за цим показником порівнюється до вмісту протеїну у бобових видів трав. Він має у своєму складі достатню кількість клітковини та БЕР, а корм повністю забезпечений калієм, фосфором і кальцієм та має добру перетравність. У надземній масі деревію звичайного міститься до 3,1% ефірної олії та інших складових біологічно активних речовин. **Висновки.** Деревій звичайний – цінна лікарсько-кормова рослина, який, маючи високу врожайність, технологічно придатний для заготівлі сировини і формування фітосумішей у годівлі сільськогосподарських тварин із метою отримання органічної продукції тваринництва. Біологічно активними речовинами його є ефірні олії, флювоноїди, вітаміни, дубильні речовини.

Ключові слова: технологічна придатність, урожайність, лікарсько-кормові трави, біологічно активні речовини, фітосуміші, органічна продукція.

Вступ. Провідними установами Національної академії аграрних наук України (НААН) встановлено, що використання у кормовиробництві для годівлі тварин найпридатнішими є злаково-бобові види трав. При цьому в складі травостоїв завжди було присутнім різнотрав'я, особливо на природних суходільних луках, яке мало вивчалось та визначалась його цінність. До таких видів належать кульбаба лікарська, цикорій дикий, родовик лікарський, деревій звичайний, буркун лікарський тощо [1; 2]. Однак ці види трав, маючи в своєму складі біологічно активні речовини, у зв'язку з актуальністю виробництва органічної продукції, набувають важливого виробничого значення. Це полягає в тому, що для підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин в їх раціони за останні десятиліття стали широко застосовувати штучні стимулятори росту тварин (премікси)

і додавати їх тваринам. Речовини цих кормових добавок при годівлі худоби навіть у незначній кількості забезпечують позитивний фізіологічний ефект. Однак скоро з'ясувалося, що вони викликають і негативні наслідки на тваринний та людський організм. Тому виникає потреба заміни штучних стимуляторів росту на природні з використанням лікарсько-кормових трав. Одним із таких видів є деревій звичайний. Цей напрям досліджень є новим і мало вивченим, а тому актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Деревій звичайний є одним із найпоширеніших видів рослин природних і сіяних суходільних луках та пасовищах, узліссях і вигонах населених пунктів Полісся й Лісостепу. В атласах найбільш поширених бур'янів України та землеробстві цей вид розглядають як бур'ян у посівах сільськогосподарських культур

[3–5], на сіножатах і пасовищах – як різнотрав'я [6; 7], офіційна та народна медицина розглядають цей вид як сировина для лікування людини [8; 9] та ветеринарна медицина – для лікування сільськогосподарських тварин [10;11].

Деревій звичайний (*Achillea Millefolium* L.) – багаторічна рослина з родини Айстрових (*Asteraceae*), має пряме стебло заввишки 30–70 см, листки перисторозсічені, суцвіття – щиток, квітки зібрані в кошики, крайні язичкові, переважно білого кольору, серединні – трубчасті жовті. Плід сім'янка, клиноподібна, верхівка з коротким залишком стовпчика. Поверхня зморшкувата, матова, сріблясто-сіра, довжина сім'янки 1,75–2,25 мм, завширшки 0,5–0,75 мм, завтовшки 0,2 мм. Розмножується насінням і кореневищами. Одна рослина утворює до 25 тис. сім'янок. Рослина має в своєму складі біологічно активні речовини, медонос і використовується в народній медицині [12; 13].

Мета проведення досліджень. Метою досліджень було встановлення вмісту в деревію звичайному біологічно активних речовин та можливості використання його як природних стимуляторів росту тварин. Враховуючи також його технологічну придатність для отримання сировини та формування з неї фітосумішей із подальшим застосуванням у годівлі тварин, рекомендувати введення його в культуру для кормовиробництва.

Матеріали та методи проведення досліджень. Польові дослідження проводили в стаціонарному досліді на чорноземі типовому Панфільської дослідної станції ННЦ «Інститут землеробства НААН» упродовж 2020–2023 рр. згідно з методикою Інституту кормів НААН [14]. Облікова площа ділянки становила 20 м², повторення чотириразове. Сівбу деревію звичайного проводили навесні 2019 р. після старанної підготовки ґрунту до посіву та боротьби з бур'янами. Норма висівання 3 кг/га схожого насіння. Спосіб сівби широкорядний із міжряддями 45 см. Посів проводили ручною сівалкою. Збирання врожаю проводили раз за вегетацію у фазі цвітіння. Вміст сухої речовини в зеленій масі визначали термостатно-ваговим методом із висушуванням зразків при 105 °С, повний зоотехнічний аналіз та вміст у ньому мінеральних елементів визначали за ДСТУ 4117:2007 методом інфрачервоної спектрометрії з комп'ютерним забезпеченням. Вміст біологічно активних речовин у повітряно-сухій сировині проводили за методиками наведеними в Державній фармакопеї України [15].

Математичну обробку одержаних результатів польових дослідів здійснювали методом дисперсійного аналізу за методикою Доспехова Б.А. на персональному комп'ютері з використанням сучасних пакетів прикладних програм Microsoft Excel та Mathcad.

Результати та їх обговорення. Фенологічними спостереженнями за фазами росту та формування врожаю встановлено, що укїсної стиглості для заготівлі сировини деревію звичайний досягає у фазі цвітіння наприкінці травня на початку червня за багаторічного використання. Для визначення технологічної придатності важливим показником є висота рослин. Вона є визначальним чинником конкурентної боротьби з бур'янами в період вегетації та можливості заготівлі сировинної маси. Висота рослин деревію звичайного становила по роках 34–42 см та, не зважаючи на відносно помірну висоту, рослини успішно перешкоджали поширенню бур'янів у травостої і відзначалися цілком прийнятною висотою для заготівлі сировинної маси. Багаторічні дослідження показали стабільність урожайності по роках, яка в середньому за роками становила 11,5 т/га з коливанням від 9,2 до 14 т/га зеленої маси і 2,8 т/га сухої маси з варіюванням 2,4–3,4 т/га (таблиця). Слід також зазначити, що ця культура відзначається високим вмістом сирого протеїну в сухій масі, який становив в середньому за роки досліджень 15,9% з коливаннями по роках від 15,5 до 16,1%. Такий високий показник його вмісту свідчить про те, що деревію звичайний за цим показником прирівнюється до вмісту протеїну в бобових видах трав (конюшина лучна, люцерна посівна, лядвенець український). За рештою показників хімічного складу суха маса деревію звичайного прирівнюється до вмісту в злаково-бобових видах трав. Зокрема, вміст клітковини становив по роках 21,5–25,3% і БЕР–47,9–51,9% та достатнім для тварин вмістом мікроелементів (кальцієм, фосфором та калієм) і має добру перетравність корму. Однак поїдання його худобою має свої обмеження.

Біологічно-господарська цінність деревію звичайного полягає у вмісті в його складі біологічно активних речовин. Зокрема, вміст ефірної олії в сухій масі в різних органах рослини становить 0,3–3,1%. Також вона містить у своєму складі вітаміну С–50–60 мг та вітаміну К – 5 мг на 100 г свіжозібраної сировини та флавоноїди, глюкозиди, сесквітерпени, дубильні речовини тощо. Все це в комплексі має широкий спектр лікувальних властивостей. Передусім це хороший антисептик і знешкоджує велику кількість

Урожайність та хімічний склад деревію звичайного на чорноземі типовому, т/га

№ з/п	Роки досліджень	Зеленої маси	Сухой речовини	Хімічний склад, %					
				Сирий протеїн	Клітковина	БЕР	СаО	К ₂ О	Р ₂ О ₅
1	2020	10,7	2,4	15,9	25,3	47,9	1,33	2,67	0,87
2	2021	14,0	2,7	15,9	21,5	51,9	1,5	3,12	0,88
3	2022	9,2	2,8	15,5	23,6	49,3	1,4	2,7	0,82
4	2023	12,0	3,4	16,1	23,2	47,3	1,3	2,44	0,83
	середнє	11,5	2,8	15,9	23,4	49,1	1,38	2,73	0,85
	НІР ₀₅		0,66						

бактерій, що викликають хвороби у тварин. Широко використовують як ранозагоювальний засіб і має кровоспинні властивості. Він підсилює роботу шлунка і апетит у тварин. Трава і суцвіття використовується для створення фітокомпозицій для чаїв. Наші дослідження показали перспективність використання деревію звичайного, як цінного компонента, для формування фітосумішей органічних кормових добавок [16]. Зокрема, встановлено, що включення до складу фіто суміші (570 г) деревію звичайного забезпечувало підвищення добових надойв молока від поголів'я великої рогатої худоби на 2 л на корову, або 10% та підвищувало вміст жиру в молоці на 0,5%. Причому за рахунок дії БАР фітосуміші отримано приріст надойв молока 1,5 л або 75%. Економічні підрахунки показали, що враховуючи затрати на виробництво органічної кормової добавки та ринкову вартість молока, щоденний додатковий добовий прибуток від кожної корови становить 25–35 грн, а органічного молока буде ще вищим. Тому заготівлю деревію звичайного не слід обмежувати збором на природних луках і пасовищах та узліссях, а й вводити його в культуру, оскільки потреби кормовиробництва в перспективі будуть нарощуватися. Для здешевлення виробництва сировини деревій звичайний, з цією метою, можливо висушувати в природних умовах. Наші дослідження також показали можливість введення в культуру

деревію звичайного шляхом весняного посіву широкорядним способом з міжряддями 45 см і нормою висівання 3 кг/га після боротьби з бур'янами агротехнічними способами та наступними міжрядними обробітками в посівах цієї культури.

Висновки

1. Деревій звичайний, технологічно придатний для заготівлі сировини фітосумішей за умови боротьби з бур'янами перед посівом та міжрядними обробітком в його посівах.
2. Продуктивність деревію звичайного в середньому за роками досліджень становила 11,5 т/га з коливанням від 9,2 до 14 т/га зеленої маси і 2,8 т/га сухої маси з варіюванням за роками 2,4–3,4 т/га, що може забезпечувати потреби кормовиробництва та мати економічну ефективність. Для здешевлення виробництва сировини деревій звичайний можливо висушувати в природних умовах.
3. Завдяки вмісту в його складі біологічно активних речовин (ефірної олії–0,3–3,1%, вітаміну С–50–60 мг на 100 г свіжозібраної маси, флавоноїдів, глюкозидів, сесквітерпенів, дубильних речовин) деревій звичайний перспективний для використання як органічних кормових добавок для годівлі тварин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петриченко В. Ф., Кургак В. Г. Культурні сіножаті та пасовища України. Київ: Аграрна наука, 2013. 412 с.
2. Штакал М.І., Штакал В.М. Теоретичні основи лучного кормо виробництва на осушених торфовищах: моногр. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 184 с.
3. Мельничук О.С., Ковалівська Г.М. Атлас найбільш поширених бур'янів України. Київ: Урожай, 1972. 204 с.
4. Боговін А. В., Пташнік М. М. Вплив агротехнічних заходів на екобіоморфну структуру та продуктивність само відновлювальних лучних екосистем Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2018. Вип. № 6 (783). С. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk201806-02>.
5. Заяць П.С., Брухаль Ф.Й., Остап'юк Б.В. Особливості конкурентних відносин між рослинами та бур'янами агрофітоценозу пшениці озимої. .

- Зб. ННЦ «ІЗ НААН» Землеробство і рослинництво: теорія і практика. 2023. Вип. 1. С.99–106. doi:https://doi:10.54651/agri.2023.01.11.
6. Слюсар І.Т. і ін. Сінокоси і пасовища на осушуваних землях: моногр. Київ:ЦП «Компринт», 2017. 257 с.
 7. Карбівська У. М. Вплив добрив на ботанічний склад різностиглих злакових трав в умовах Прикарпаття. *Агроекологічний журнал*. № 2. 2020. С. 91–97.
 8. Фармацевтична енциклопедія Київ : МОРІОН, 1632 с.
 9. Антосяк В.М. і ін. Лікарські рослини на території Карпатського біосферного заповідника. Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень: матеріали VI Міжнародної наукової конференції (Березоточа 25 березня 2023 р.)/ ДСЛР ІАП НААН. Лубни: ВКФ «Інтер Парк», 2023. С. 24–26. doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.7858956.
 10. Мойсієнко В.В. Лікарські рослини : атлас. Житомир, 2015. 400 с.
 11. Moisiienko V.V. Medicinal plants in veterinary medicine. Zhytomyr. Published by: PP «Ruta», 168 p.
 12. Бабич А.О. Кормові і лікарські рослини в ХХ–ХХІ столітті : моногр. Київ : Аграрна наука, 1996. 822 с.
 13. Гродзинський А.М. Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник. Київ: гол. ред. УРЕ, 1990. 590 с.
 14. Бабич А.О. та ін. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин. Київ: Аграрна наука, 1998. 79 с.
 15. State Pharmacopoeia of Ukraine. State enterprise «Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products». 2nd edition Kharkiv: State enterprise «Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products», 2015. 336 p.
 16. Штакал М.І. і ін. Перспективність використання лікарсько-кормових трав для виробництва органічних кормових добавок. Зб. ННЦ «ІЗ НААН» Землеробство і рослинництво, теорія і практика. 2022. Вип. 1(3). С. 34–40. doi:https://doi.org.10.54651/agri.2022.01.04.

REFERENCES

1. Petrychenko V.F., Kurgak V.G. (2013). Cultural hayfields and pastures of Ukraine. Kyiv: Agrarian Science. 412 p. [in Ukrainian].
2. Shtakal M.I., Shtakal V.M. (2020). Theoretical foundations of meadow fodder production on drained peatlands: monograph. Vinnytsia: TVORY LLC. 184 p. [in Ukrainian].
3. Melnychuk O.S., Kovalivska H.M. (1972). Atlas of the most common weeds of Ukraine. K.: Urozhai. 204 p. [in Ukrainian].
4. Bogovin A.V., Ptashnik M.M. (2018). The influence of agrotechnical measures on the ecobiomorphic structure and productivity of self-regenerating meadow ecosystems of the Forest Steppe. *Herald of Agrarian Science*, 6 (783), 12–18. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovysnyk201806-02 [in Ukrainian].
5. Zayats P.S., Brukhal F.Y., Ostapyuk B.V. (2023). Peculiarities of competitive relations between plants and weeds of winter wheat agrophytocenosis. *Coll. NSC «IZ NAAN» Agriculture and crop production: theory and practice, 1*, 99–106. DOI:https://doi:10.54651/agri.2023.01.11 [in Ukrainian].
6. Slyusar I.T. etc. (2017). Hayfields and pastures on drained lands: monograph. K.: CP «Comprint». 257 p. [in Ukrainian].
7. Karbivska U.M. (2020). The influence of fertilizers on the botanical composition of variously ripe grasses in the conditions of the Carpathian region. *Agroecological journal*, 2, 91–97 [in Ukrainian].
8. Pharmaceutical encyclopedia Kyiv: MORION, 1632p. [in Ukrainian].
9. Antosyak V.M. etc. (2023). Medicinal plants on the territory of the Carpathian Biosphere Reserve. Medicinal plants: traditions and perspectives of research: materials of the VI International Scientific Conference (Berezotoch, March 25, 2023)/ DSLR IAP NAAS. Lubny: VKF «Inter Park». P.24–26. DOI:https://doi.org/10.5281/zenodo.7858956 [in Ukrainian].
10. Moisienko V. V. (2015). Medicinal plants: an atlas. Zhytomyr. 400 p. [in Ukrainian].
11. Moisiienko V.V. Medicinal plants in veterinary medicine. Zhytomyr. Published by: PP «Ruta». 168 p. [in Ukrainian].
12. Babich A. O. (1996). Fodder and medicinal plants in the 20th - 21st century: monograph. Kyiv: Agrarian Science. 822 p. [in Ukrainian].
13. Grodzinsky A.M. (1990). Medicinal plants: Encyclopedic guide. K.: Chairman. Ed. URE. 590 p. [in Ukrainian].
14. Babich A.O. and others. (1998). Methods of conducting experiments on fodder production and animal feeding. Kyiv: Agrarian Science. 79 p. [in Ukrainian].
15. State Pharmacopoeia of Ukraine. (2015). State enterprise «Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products». 2nd edition

Kharkiv: State enterprise «Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products». 336 p. [in Ukrainian].

16. Shtakal M.I. et al. (2022). The prospect of using medicinal and fodder herbs for the production of organic

feed additives. *Coll. NSC «IZ NAAN» Agriculture and plant breeding, theory and practice*, 1(3), 34–40. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2022.01.04> [in Ukrainian].

Shtakal M.I., Holyk L.M., Shtakal V.M., Levchenko O.S., Hlushchenko L.A.

Common yarrow as a natural animal growth stimulator

Aim. To establish the biological features of the growth and development of common yarrow, its productivity and chemical composition and technological suitability for use as components of phytomixtures for the purpose of forming organic feed additives for animal feeding. **Methods.** Field, laboratory, variational statistics. **Results.** Research has established that common yarrow is technologically suitable for harvesting raw materials for medicinal and fodder purposes. Its yield of green mass for four years of research was 11.5 t/ha, and the yield of dry mass, respectively, was 2.8 t/ha. The raw protein content of yarrow was on average 15.9% and according to this indicator is equal to the protein content in leguminous grass species. It contains a sufficient amount of nutrients inherent in fodder. The above-ground mass of common yarrow contains up to 3.1% of essential oil and other components of biologically active substances. **Conclusions.** Yarrow is a natural stimulator of animal growth, having a high yield, technologically suitable for harvesting raw materials and forming phytomixtures in feeding agricultural animals. Its biologically active substances are essential oils, flavonoids, vitamins, tannins.

Key words: technological suitability, productivity, medicinal and fodder herbs, biologically active substances, phytomixtures, organic products.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Штакал М.І., доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: shtakal.mykola@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

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

Штакал В.М., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства

НААН», e-mail: shtakal@i.ua, ORCID: 0000-0002-7664-0325.

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

Глущенко Л.А., кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН, e-mail: ukrvilar@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2329-5537.

Shtakal M.I., doctor of agricultural sciences, senior researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: shtakal.mykola@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Holyk L.M., candidate of agricultural sciences, senior researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: holykselekcjoner@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Shtakal V.M., Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National

Academy of Sciences», e-mail: shtakal@i.ua, ORCID: 0000-0002-7664-0325.

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

Hlushchenko L.A., candidate of biological sciences, senior researcher, Research Station of Medicinal Plants of the Institute of Agroecology and Nature Management of the National Academy of Sciences, e-mail: ukrvilar@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2329-5537.

Надійшла 08.02.2024

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ЗА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

С.Г. Труш, О.О. Парфенюк

Дослідна станція тютюництва ННЦ «ІЗ НААН» (м. Умань, Україна)

Мета. Вивчення впливу строків і способів сівби, густоти насаджень та генотипу сорту на процеси формування продуктивності квасолі звичайної за кліматичних змін у Лісостепу України. **Методи.** Польовий (закладання дослідів, фенологічні спостереження і обліки), лабораторний (визначення вмісту білка), вимірювально-ваговий (визначення елементів структури врожаю), статистичний (математична обробка отриманих результатів досліджень). **Результати.** Наведено результати досліджень з вивчення впливу елементів технології вирощування на потенціал продуктивності квасолі звичайної за кліматичних змін у Лісостепу України. Установлено істотний вплив генотипу сорту та способів сівби на врожайність і вміст білка в зерні квасолі звичайної за культивування в даному регіоні. Доведено, що в агрокліматичних умовах Лісостепу найвища врожайність зерна квасолі звичайної спостерігається на широкорядних посівах першого строку з густиною насаджень 450 тис. шт./га. У сорту Мавка вона становила 3,51 т/га, сорту Панна – 3,29 т/га. За кліматичних змін у Лісостепу України широкорядні посіви квасолі звичайної характеризувалися вищою врожайністю насіння за першого строку сівби, а звичайні рядкові – за другого. Найвищий вміст білка в зерні квасолі звичайної (21,45 % і 20,97 %) у сортів Мавка і Панна встановлено за густоти насаджень 450 тис. шт./га першого строку сівби. **Висновки.** Установлено істотний вплив способів і строків сівби, густоти насаджень та генотипу сорту на потенціал продуктивності квасолі звичайної. Вищою врожайністю насіння характеризувалися широкорядні посіви квасолі звичайної. Найбільш продуктивним був варіант досліді першого строку сівби з густиною насаджень 450 тис. шт./га. Вищий вміст білка в зерні за всіма варіантами досліді спостерігався за першого строку сівби.

Ключові слова: квасоля звичайна, строки сівби, спосіб сівби, густина насаджень, продуктивність, урожайність, вміст білка.

Вступ. Зменшення обсягів виробництва високобілкових продуктів харчування тваринного походження та їх висока собівартість дає поштовх для збільшення площі зернобобових культур. За нинішніх умов вони дедалі більше привертають до себе увагу як джерело значно дешевших і екологічно безпечних харчових продуктів [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирощування і споживання квасолі в останні роки набуло широкого розповсюдження. Квасоля звичайна, переважаючи інші зернобобові культури за вмістом білка, задовольняє харчові потреби людського організму, особливо процеси росту і розвитку, обміну речовин, підтримання нормальної життєдіяльності. Квасоля є одним з найкращих джерел високоякісного, збалансованого за амінокислотним складом та екологічно чистого білка [3; 4].

Квасоля – цінна сільськогосподарська культура, що має багатостороннє використання в народному господарстві. У багатьох країнах світу вона є основним джерелом високоякісного білка, близького за амінокислотним складом до білків тваринного походження [5–7].

Для ефективного використання біологічного потенціалу сортів квасолі за кліматичних змін у зоні Лісостепу, важливого значення набуває розроблення та впровадження у виробництво адаптивної технології вирощування культури [8; 9].

Всебічне вивчення агробіологічних особливостей та технології вирощування квасолі є однією з умов істотного підвищення її продуктивності та збільшення виробництва зерна [10; 11].

У зв'язку з доволі швидкими темпами зміни клімату у світі, збільшуються і ризики сільськогосподарського виробництва. Тому, перед суспільством

постає необхідність модернізації традиційної моделі аграрного виробництва з урахуванням глобальних кліматичних змін [11; 12].

Разом із тим конкуренція бобових рослин з іншими важливими сільськогосподарськими культурами за посівні площі та зростаючий стресорний тиск не дозволяють істотно збільшувати їх виробництво. Єдиним виходом є вдосконалення стратегій їх вирощування, які б дали можливість повною мірою враховувати всі шляхи досягнення максимального кількісного й якісного результату за оптимального поєднання генетичного потенціалу рослин, кліматичних умов та агротехнічних прийомів вирощування [13; 14].

Врахування місцевих кліматичних особливостей регіону дає змогу зменшити негативний вплив несприятливих явищ погоди на ріст і розвиток квасолі звичайної. Як відомо, клімат і погода не регулюються, їх можна лише передбачити, а зміна систем землеробства зумовлюється їх удосконаленням та оптимізацією через зміну умов вирощування [13]. Для ефективного використання біологічного потенціалу сортів квасолі в умовах Лісостепу важливе значення має розроблення та впровадження у виробництво нових адаптивних технологій вирощування з врахуванням генотипу сорту. Всебічне вивчення агробіологічних особливостей та технологій вирощування квасолі є однією з умов істотного підвищення її продуктивності та збільшення виробництва зерна [15; 16].

Метою досліджень було вивчення впливу строків і способів сівби, густоти насаджень та генотипу сорту, на процеси формування продуктивності квасолі звичайної за кліматичних змін у Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведено на Дослідній станції тютюництва ННЦ «ІЗ НААН» впродовж 2021–2023 рр. Для досліджень використано вітчизняні сорти квасолі

звичайної Мавка і Панна селекції ННЦ «ІЗ НААН». Сівбу квасолі проводили в два строки (II і III декади травня). Застосовано широкорядний (міжряддя 45 см) та звичайний рядковий (міжряддя 15 см) способи сівби з густотою насаджень 350, 450 та 650, 750 тис. шт./га, відповідно. Ґрунт дослідного поля – чорнозем опідзолений з вмістом гумусу в орному шарі (0–30 см) – 3,31%. Площа облікової ділянки – 8 м², повторність – триразова. Дослідження з технології вирощування квасолі звичайної виконувалися відповідно до загальноприйнятих методик [17; 18].

За кліматичних змін у зоні Лісостепу складнощі сільськогосподарського виробництва проявляються в тому, що немає гарантованого щорічного достатнього зволоження, а ресурси тепла бувають значно більшими від потреб рослин.

Погодні умови 2021–2023 рр. досліджень значно різнилися (рис. 1, 2), що дало змогу більш глибоко вивчити процеси формування врожайності та якості зерна квасолі звичайної залежно від впливу елементів технології вирощування.

У 2021 р. кількість опадів була достатньою впродовж усіх місяців вегетації рослин квасолі звичайної. У травні вона була в межах норми, а влітку спостерігалось перевищення багаторічних показників на 4–18 мм. Гідротермічний коефіцієнт періоду вегетації рослин становив 1,31 (рис. 2). Тоді як, наступні два роки досліджень були доволі посушливими. У 2022 р. недобір опадів за місяцями варіював у межах 15–59 мм. За весь період вегетації рослин квасолі звичайної кількість опадів становила лише 46,2% від норми. Особливо посушливим був липень з кількістю опадів 28 мм за норми 87 мм. Загалом, умови вегетації рослин у 2022 р. характеризувалися, як середньопосушливі (ГТК=0,55). Погодні умови 2023 р. також були посушливими (ГТК= 0,68). Недобір опадів

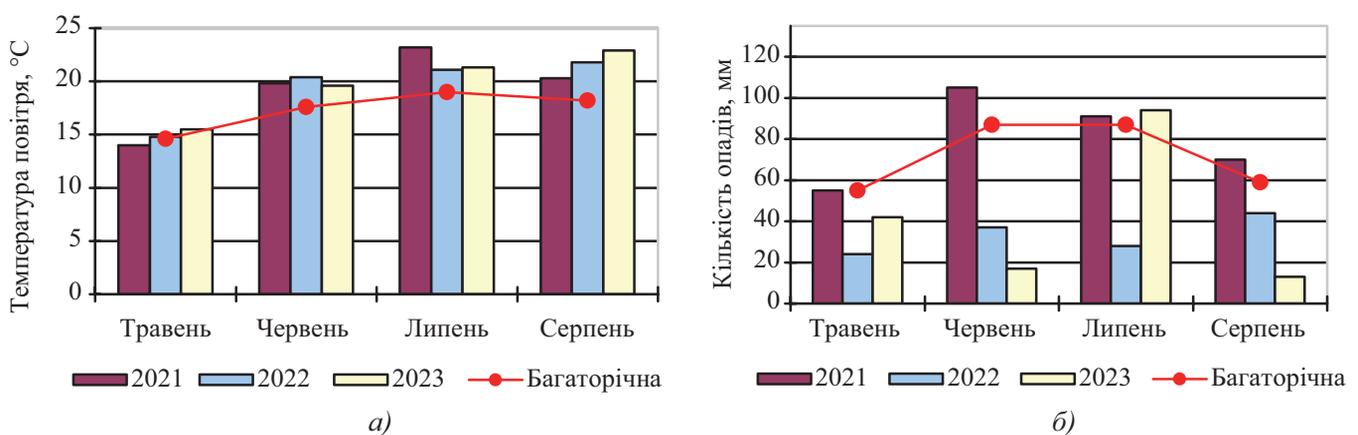


Рис. 1. Погодні умови за роки досліджень: а) температура повітря; б) кількість опадів

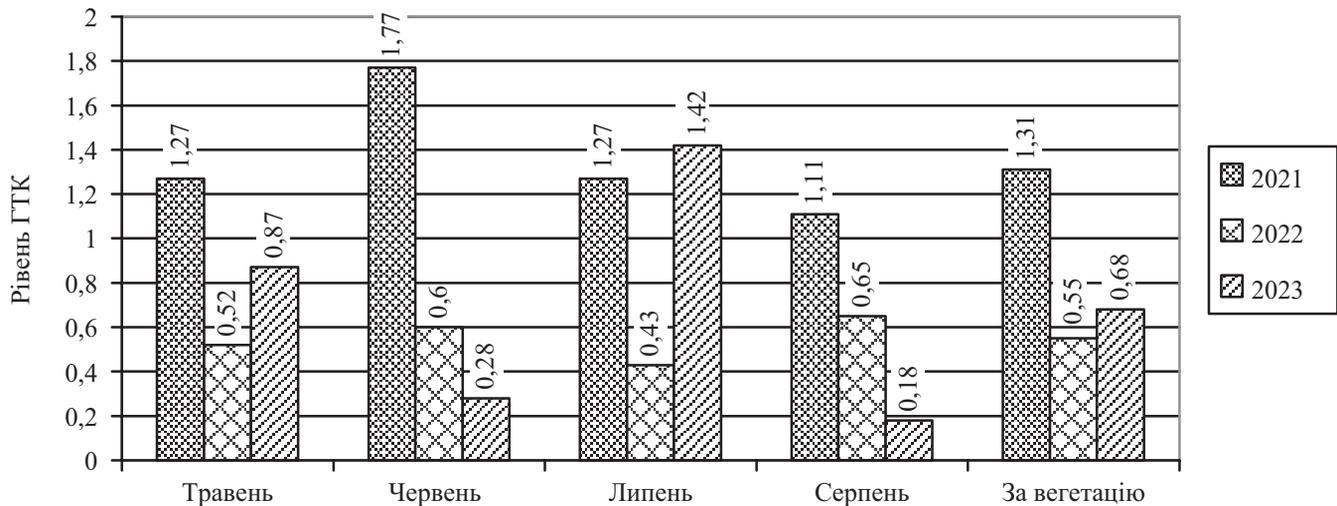


Рис. 2. Гідротермічні коефіцієнти періоду вегетації рослин, 2021–2023 рр.

за весь період вегетації квасолі звичайної становив 122 мм, тобто 42,4% до норми. Дуже посушливими були червень та серпень – сума опадів сягала лише 17 мм і 13 мм, відповідно. У липні забезпеченість рослин вологою була достатньою. Також у відповідні роки окрім недостатньої кількості опадів спостерігалася значна нерівномірність їх розподілу за місяцями. Температура повітря в роки проведення досліджень (2021–2023 рр.) перевищувала багаторічні показники на 2,0–4,7 °С.

Використовуючи ситуативні погодні умови сівбу квасолі проводили в два строки 11–14 і 26–29 травня.

Результати та їх обговорення. За результатами досліджень елементів продуктивності рослин квасолі звичайної встановлено, що на широкорядних посівах першого строку сівби кількість бобів із рослини в сорту Мавка варіювала в межах 20,7–20,8 шт., у сорту Панна – 17,0–19,8 шт. На звичайних посівах ці показники становили 15,3–17,9 шт. і 12,7–13,9 шт., відповідно. Найбільш істотний вплив на ознаку «кількість бобів на рослині» мали способи сівби і густота насаджень.

За другого строку сівби спостерігається тенденція зменшення кількості бобів на рослині, проте з більшою кількістю насінин у них. У сорту Мавка – 18,4–18,5 бобів з 6,2–6,3 шт. насінин, сорту Панна 16,6–19,7 бобів з 4,7–5,0 шт. насінин на широкорядних посівах. На звичайних посівах ці показники становили в сорту Мавка 14,3–15,2 бобів з 5,9–6,0 шт. насінин, сорту Панна 11,8–12,2 бобів з 4,4–4,5 шт. насінин.

Більша кількість насіння у бобі спостерігалася в сорту Мавка. Найвищим цей показник був у варіанті широкорядного посіву (450 тис. шт./га), найнижчим при звичайному рядковому способі (750 тис. шт./га)

за обох строків сівби (6,3 шт. і 4,4 шт., відповідно). У сорту Панна найбільша кількість зерен у бобі (5,0 шт.) спостерігалася у варіанті широкорядного посіву з густиною насаджень 450 тис. шт./га за другого строку сівби. Найбільший вплив на прояв цієї ознаки мав генотип сорту (табл.).

Кількість насінин із рослини за обох способів сівби в сорту Мавка була більшою, порівняно з сортом Панна. Середні показники варіювали в межах 84,0–87,6 шт. і 54,3–59,3 шт., відповідно. Це насамперед обумовлено генотиповими особливостями сортів (габітусом рослин, розмірами бобів і насіння) та їх адаптивним потенціалом до кліматичних змін у Ліссестепу.

Найбільша кількість насінин із рослини спостерігалася в сорту Мавка у варіанті широкорядного посіву (99,5 шт.) з густиною насаджень 350 тис. шт./га. Найменша кількість насінин (43,5 шт.) була в сорту Панна за звичайного рядкового способу сівби (750 тис. шт./га). Найбільш істотний вплив на прояв цієї ознаки мали генотип сорту та густина насаджень. Зі збільшенням густоти насаджень показник кількості насінин із рослини знижувався.

Більша маса насінин із рослини в обох сортів спостерігалася на широкорядних посівах. В сорту Мавка цей показник варіював у межах 20,0–21,3 г за першого строку і 18,4–18,9 г за другого строку сівби. У сорту Панна маса насіння з рослини становила 19,3–23,7 г і 17,3–20,9 г, відповідно.

Найбільша маса насіння з рослини була у сортів Мавка і Панна за широкорядного посіву з густиною насаджень 350 і 450 тис. шт./га (21,3 г і 23,7 г, відповідно). За звичайного способу сівби індивідуальна продуктивність рослин була нижчою. Найнижча

Елементи продуктивності рослин квасолі звичайної, 2021–2023 рр.

Спосіб сівби	Густина насаджень, тис. шт./га	Кількість, шт.						Маса, г			
		бобів з рослини		насінин в бобі		насінин з рослини		насінин з рослини		1000 насінин	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Сорт Мавка											
Широкорядний, 45 см	350	20,8	18,4	6,2	6,2	99,5	92,6	21,3	18,4	212	207
	450	20,7	18,5	6,3	6,3	94,1	93,8	20,0	18,9	217	205
Звичайний рядковий, 15 см	650	17,9	15,2	5,7	6,0	84,2	81,4	18,7	17,0	200	199
	750	15,3	14,3	5,5	5,9	72,6	68,0	14,5	14,3	202	203
\bar{x}		18,7	16,6	5,9	6,1	87,6	84,0	18,6	17,2	208	204
Сорт Панна											
Широкорядний, 45 см	350	17,0	16,6	4,7	4,7	66,9	57,7	19,3	17,3	341	301
	450	19,8	19,7	4,8	5,0	76,5	71,7	23,7	20,9	329	300
Звичайний рядковий, 15 см	650	13,9	11,8	4,5	4,5	50,3	43,6	15,5	12,9	318	292
	750	12,7	12,2	4,4	4,4	43,5	44,0	13,5	12,4	327	281
\bar{x}		15,9	15,1	4,6	4,7	59,3	54,3	18,0	15,9	329	294
HP_{05} за фактором А (сорт)		0,7–0,8		0,4		4,1–4,4		0,6–0,8		12,8–13,4	
HP_{05} за фактором В(строки сівби)		0,9–1,0		0,3		3,8–4,0		0,7–0,9		12,2–12,9	
HP_{05} за фактором С (способи сівби)		0,9–1,1		0,3		4,2–4,4		0,6–0,9		11,7–12,4	
HP_{05} за фактором D (густина насаджень)		1,0–1,2		0,4		3,9–4,2		0,8–0,9		12,1–13,0	

Примітка. I строк сівби – початок другої декади травня (11–14 травня), II строк сівби – кінець третьої декади травня (26–29 травня).

маса насіння зерен із рослини була на посівах з густиною насаджень 750 тис. шт./га. Установлено істотний вплив генотипу сорту, способу сівби і густоти насаджень на прояв цієї ознаки.

Абсолютна маса насіння є одним із важливих показників оцінки посівних якостей насіння та прогнозування майбутньої його продуктивності. Ця ознака насамперед обумовлена генетичними особливостями певного сорту і стабільно підтримується в заданих параметрах у процесі його репродукції.

Однак, погодні умови та елементи технології вирощування вносять певні корективи у прояв даної ознаки, які необхідно враховувати за вирощування квасолі звичайної.

За результатами досліджень виявлено, що абсолютна маса насіння сорту Панна значно вища за цей самий показник у сорту Мавка. Це відповідає їх сортовим характеристикам і порівнювати ці сорти між собою за проявом відповідної ознаки некоректно. Так, маса 1000 насінин у сорту Мавка за всіма варіантами дослідження була в межах 202–217 г за першого строку сівби та 199–207 г за другого, сорту Панна 275–311 г і 281–301 г, відповідно.

Вивчення впливу елементів технології вирощування на прояв цієї ознаки проведено в розрізі кожного сорту та встановлено певні спільні закономірності для них. Так, способи сівби мали істотний вплив на абсолютну масу насіння в обох сортів за першого строку сівби. Вплив строків сівби на цей показник був не істотний. Густина насаджень мала істотний вплив на абсолютну масу насіння за першого строку сівби. Найбільша маса 1000 насіння в обох сортів була на широкорядних посівах із густиною насаджень 450 тис. шт./га, найменша – за звичайного посіву в сорту Мавка з густиною насаджень 650 тис. шт./га і сорту Панна з густиною 750 тис. шт./га.

Дослідженнями 2021–2023 рр. встановлено, що найвища врожайність зерна квасолі звичайної за всіма варіантами дослідження була на широкорядних посівах обох строків сівби. На звичайних рядкових посівах вища врожайність зерна спостерігалася за другого строку сівби (рис. 3).

Найбільш продуктивним був варіант дослідження за широкорядного способу сівби з густиною насаджень 450 тис. шт./га. Так, у сорту Мавка середня врожайність зерна становила 3,51 т/га за першого і 3,31 т/га

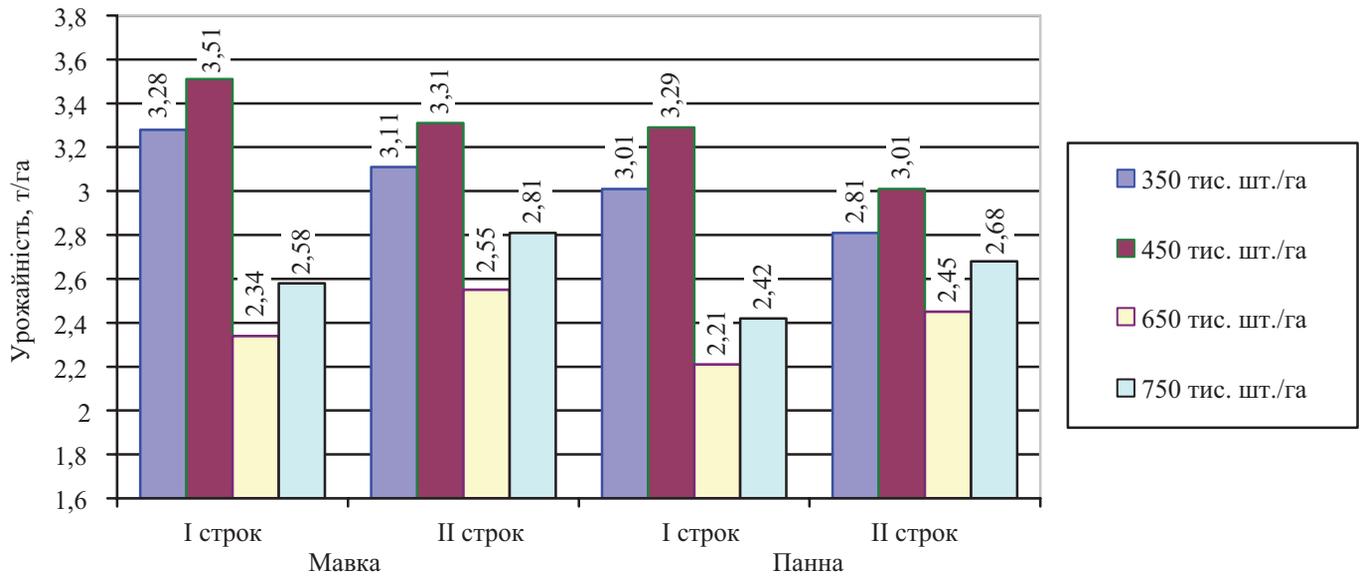


Рис. 3. Урожайність зерна квасолі звичайної за різних елементів технології вирощування, 2021–2023 рр.

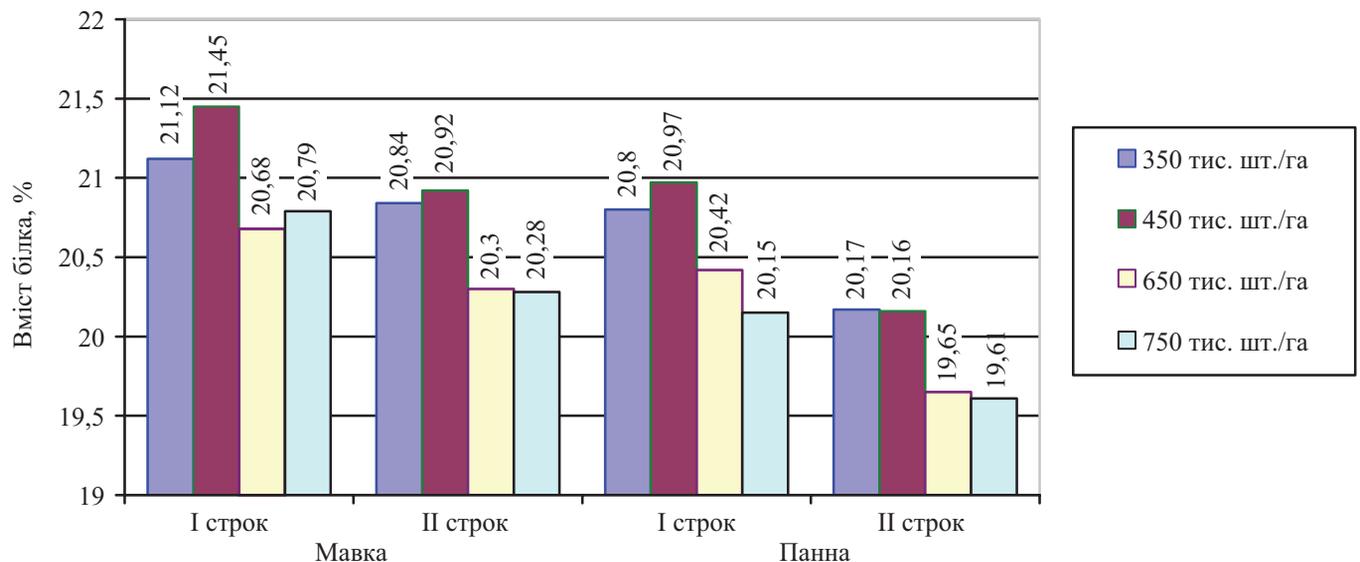


Рис. 4. Вміст білка в зерні квасолі звичайної за різних елементів технології вирощування, 2021–2023 рр.

за другого строків сівби, а сорту Панна – 3,29 т/га і 3,01 т/га, відповідно.

За звичайного способу сівби найвищу врожайність зерна квасолі одержано за густоти насаджень 750 тис. шт./га: в сорту Мавка – 2,58 т/га за першого і 2,81 т/га за другого строків сівби, сорту Панна – 2,42 т/га і 2,68 т/га, відповідно.

Дослідженнями 2021–2023 рр. встановлено, що найвищий вміст білка в зерні квасолі за всіма варіантами дослідів був за першого строку сівби (рис. 4).

Серед досліджуваних сортів квасолі звичайної вищим вмістом білка в зерні характеризувався сорт Мавка. Кращим цей показник був у варіантах дослідів з широкорядним способом сівби. Найвищий вміст білка в зерні (21,45 % і 20,97 %) у сортів Мавка

і Панна отримано на широкорядних посівах першого строку сівби за густоти насаджень 450 тис. шт./га.

За результатами досліджень виявлено істотний вплив генотипу сорту на вміст білка в зерні у варіантах широкорядного посіву. Вплив густоти насаджень на цей показник у межах певного способу сівби був не істотним за більшістю варіантів дослідів. Загалом, простежується тенденція зниження вмісту білка в зерні квасолі з підвищенням густоти посіву.

Висновки

Найвищу врожайність зерна квасолі звичайної встановлено на широкорядних посівах із густотою насаджень 450 тис. шт./га. У сорту Мавка цей показник сягав 3,51 т/га за першого і 3,31 т/га за другого строків сівби, сорту Панна – 3,29 т/га і 3,01 т/га,

відповідно. За кліматичних змін у Лісостепу України широкорядні посіви кvasолі звичайної характеризувалися вищою врожайністю зерна за першого строку

сівби, а звичайні рядкові – за другого. Вищий вміст білка в зерні за всіма варіантами досліджу спостерігався за першого строку сівби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дудчак Т.В. Стан і перспективи виробництва в Україні зерна кvasолі. *Збірник наукових праць*. 2007. № 15. С. 92–96.
2. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Світові ресурси рослинного білка. *Селекція і насінництво*. 2008. Вип. 96. С. 215–222.
3. Овчарук О.В. Тенденція зростання обсягів вирощування та поширення кvasолі звичайної. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: зб. тез доп. II Міжнар. наук. Інтернет-конференції (м. Тернопіль, 20 листопада 2020 р.). Тернопіль: ЗУНУ, 2020. С. 128–129.
4. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. За ред. Зінченка О.І. Київ: Вища освіта, 2001. 591 с. Овчарук О.В. Перспективи вирощування кvasолі в Україні. *Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні агротехнології: тенденції та інновації»*. (Вінниця, 17–18 листопада 2015 р.). Вінниця. 2015. С. 282–284.
5. Овчарук О.В. Кvasоля – цінне джерело рослинного білка, зумовлене сортовими особливостями. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 1–2. С. 38–40.
6. Alfaro-Diaz A, Escobedo A, Luna-Vital DA, Castillo-Herrera G, Mojica L. Common beans as a source of food ingredients: techno-functional and biological potential. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2023. 22(4). P. 2910–2944. doi: 10.1111/1541-4337.13166.
7. Овчарук О.В. Перспективи вирощування кvasолі в Україні. *Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні агротехнології: тенденції та інновації»*. (Вінниця, 17–18 листопада 2015 р.). Вінниця. 2015. С. 282–284.
8. Камінський В.Ф., Вишнівський П. С. Значення зернобобових культур та напрямки інтенсифікації їх виробництва. *Селекція і насінництво*. 2005. № 4. С. 14–22.
9. Безугла О.М., Лучна І.С., Сокол Т.В. та ін. Адаптивність кvasолі до умов довколишнього середовища. *Селекція і насінництво*. 2004. Вип. 88. С. 83–90.
10. Мазур В.А., Гончарук І.В., Панцирева Г.В., Телекало Н. В. Агроекологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2020. 192 с.
11. Telekalo N., Mordvaniuk M., Shafar H., Matsera O. Agroecological methods of improving the productivity of niche leguminous crops. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. № 9 (1). С. 169–175.
12. Нечипоренко О.М. Стан та перспективи адаптації аграрного сектору економіки України до глобальних змін клімату. *Економіст*. 2016. № 11. С. 10–14.
13. Прокопенко К.О., Удова Л.О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка сільського господарства*. 2017. Вип.1. С. 92–107. DOI: <https://doi.org/10.15407/eip2017.01.092>.
14. Петриченко В.Ф., Бойко М.П., Мережко М.М., Медвідь С.П. Кvasоля. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві/ за ред. А.М. Розвадовського. Київ: Урожай, 1990. С. 111–124.
15. Петриченко В.Ф., Бабич А.О., Колісник С.І. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур. *Вісник аграрної науки*. 2003. Вип. 10. С. 15–20.
16. Кутювенко В.Б., Міхаліна І.Г., Гонтар В.Т. Сучасні технології вирощування овочевих культур. Навчальний посібник. Київ: Нілан-ЛТД, 2013. 260 с.
17. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Харків: Основа, 2001. 369 с.
18. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Дія, 2005. 288 с.

REFERENCES

1. Dudchak T.V. (2007). State and prospects of bean grain production in Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats – Collection of scientific works 15*, 92–96 [in Ukrainian].
2. Babich A.O., Babich-Poberezhna A.A. (2008). World resources of vegetable protein. *Selektsiya i nasinstvo – Plant Breeding and Seed Production*, 96, 215–222 [in Ukrainian].
3. Ovcharuk O.V. (2020). *Tendentsiya zrostannya ob-syahiv vyroshchuvannya ta poshyrennya kvasoli zvychnoyi* [The trend of growth in the cultivation and distribution of common beans]. *Suchasnyi stan*

- nauky v silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriya i praktyka: II Mizhnar. nauk. internet-konf. The current state of science in agriculture and nature management: theory and practice: II International of science internet conference.* November 20. Ternopil. (pp. 128–129) [in Ukrainian].
4. Zinchenko O. I., Salatenko V. N., Bilonozhko M. A. (2001). *Roslynnytstvo* [Plant growing] (ed. O.I. Zinchenko). Kyiv: Vyshcha osvita. 591 p. [in Ukrainian].
 5. Ovcharuk O.V. (2015). Beans are a valuable source of vegetable protein due to varietal characteristics. *Prodovolcha industriya APK – Food industry of agriculture, 1–2*, 38–40 [in Ukrainian].
 6. Alfaro-Diaz A., Escobedo A., Luna-Vital D.A., Castillo-Herrera G., Mojica L. (2023). Common beans as a source of food ingredients: techno-functional and biological potential. *Compr Rev Food Sci Food Saf.*, 22(4), 2910–2944. doi: 10.1111/1541-4337.13166 [in English].
 7. Ovcharuk O.V. (2015). Perspektyvy vyroshchuvannya kvasoli v Ukrayini [Prospects for growing beans in Ukraine]. *Suchasni ahrotekhnolohiyi: tendentsiyi ta innovatsiyi: vseukrayinska nauk.-prakt. konf.* [Modern Agricultural Technologies: trends and innovations]: All-Ukrainian sci. pract. conf. November 17–18. Vinnitsa (pp. 282–284) [in Ukrainian].
 8. Kaminskyi V.F., Vyshnivskyi P.S. (2005). Znachennya zernobobovykh kultur ta napryamky intensyfikatsiyi yikh vyrobnytstva [Importance of leguminous crops and directions of intensification of their production]. *Selektsiya i nasynnytstvo – Plant Breeding and Seed Production, 4*, 14–22 [in Ukrainian].
 9. Bezugla O.M., Luchna I.S., Sokol T.V. (2004). Adaptynnist kvasoli do umov dovkolishnoho seredovyscha [Adaptability of beans to environmental conditions]. *Selektsiya i nasynnytstvo. Breeding and seed production: Interdepartmental thematic scientific collection, 88*, 83–90 [in Ukrainian].
 10. Mazur V.A., Honcharuk I.V., Pantsyрева G.V., Telekalo N.V. (2020). Ahroekolohichne obgruntuvannya tekhnolohichnykh pryomiv vyroshchuvannya zernobobovykh kultur. [Agro-ecological justification of technological methods of growing legumes]. Vinnytsia: Tvory LTD. 192 p. [in Ukrainian].
 11. Telekalo N., Mordvaniuk M., Shafar H., Matsera O. (2019). Agroecological methods of improving the productivity of niche leguminous crops. *Ukrainian Journal of Ecology, 9 (1)*, 169–175 [in English].
 12. Nechyporenko O.M. (2016). State and prospects of adaptation of the agricultural sector of the economy of Ukraine to global climate changes. *Ekonomist – Economist, 11*, 10–14 [in Ukrainian].
 13. Prokopenko K.O., Udova L.O. (2017). Agriculture of Ukraine: challenges and ways of development in the conditions of climate change. *Ekonomika silskoho hospodarstva – Economics of agriculture, 1*, 92–107. DOI: <https://doi.org/10.15407/eip2017.01.092> [in Ukrainian].
 14. Petrychenko V.F., Boyko M.P., Merezhko M., Medvid S.P. (1990). Kvasolya [Bean]. *Zernobobovi kultury v intensyvnomu zemlerobstvi.* [Cereal and leguminous crops in intensive agriculture]. A.M. Rozvadovskiy (Ed.). Kyiv: Urozhai. P. 111–124 [in Ukrainian].
 15. Petrychenko V. F., Babich A. O., Kolisnyk S. I. (2003). *Naukovi osnovy suchasnykh tekhnolohiy vyroshchuvannya vysokobilkovykh kultur* [Scientific basis of modern technologies for growing high-protein crops]. *Visnyk ahrarnoyi nauky – Bulletin of Agricultural Science, 10*, 15–20 [in Ukrainian].
 16. Kutovenko V.B., Mikhalina I.G., Hontar V.T. (2013). *Suchasni tekhnolohiyi vyroshchuvannya ovochevykh kultur* [Modern technologies of growing vegetable crops]. Kyiv: Nilan-LTD. 260 p. [in Ukrainian].
 17. Bondarenko H.L., Yakovenko K.I. (Eds.). (2001). *Metodyka doslidnoyi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi* [Methodology of research work in vegetable growing and melon growing]. Kharkiv: Osnova. 369 p. [in Ukrainian].
 18. Yeschenko V.O., Kopytko P.G., Opryshko V.P., Kostogryz P.V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomiyi* [Basics of scientific research in agronomy]. Kyiv: Diya. 288 p. [in Ukrainian].

Trush S. H., Parfeniuk O. O.

Technological features of common bean growing under climate changes in the Forest Steppe of Ukraine

Aim. Study of the influence of sowing dates and methods, planting density and genotype of the variety on the processes of forming the productivity of common beans under climatic changes in the Forest-Steppe of Ukraine.

Methods. Field (experiments, phenological observations), laboratory (determine the protein content), measuring and weighing (to determine the crop structure), statistical (to process mathematically the achieved results).

Results. The results of studies on the influence of elements of cultivation technology on the productivity potential of common beans under climatic changes in the Forest Steppe of Ukraine are presented. A significant influence of variety genotype and sowing methods on the yield and protein content of common bean grains during cultivation

in this region was established. It has been proven that in the agro-climatic conditions of the Forest Steppe, the highest yield of common bean grain is observed in wide-row sowings of the first season with a planting density of 450 thousand pcs/ha. It was 3.51 t/ha in the Mavka variety, 3.29 t/ha in the Panna variety. Due to climatic changes in the Forest Steppe of Ukraine, wide-row sowing of common beans was characterized by a higher grain yield in the first, and ordinary row crops – in the second sowing period. The highest protein content in common bean grains (21.45% and 20.97%) in Mavka and Panna varieties was established at a planting density of 450 thousand pcs/ha in the first sowing period. **Conclusions.** A significant influence of sowing methods and terms, planting density and variety genotype on the productivity potential of common beans has been established. Wide-row sowing of common beans was characterized by a higher grain yield. The higher protein content in the grain was observed in all variants of the experiment during the first sowing period. The most productive option was the experiment of the first sowing period with a planting density of 450 thousand pcs/ha.

Key words: common bean, sowing time, sowing method, plant density, productivity, yield, protein content.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Труш С. Г., кандидат с.-г. наук, заступник директора з наукової роботи, Дослідна станція тютюництва ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: trush_dst@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0968-6358.

Парфенюк О.О., кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник, Дослідна станція тютюництва ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: oksana_parfenyuk@ukr.net, ORCID:0000-0002-2348-4904.

Trush S.H., Candidate of agricultural sciences, deputy director for scientific work, Tobacco Research Station of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: trush_dst@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0968-6358.

Parfeniuk O.O., Candidate of agricultural sciences, senior researcher, Tobacco Research Station of the NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: oksana_parfenyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2348-4904.

Надійшла 22.02.2024

ПОХОДЖЕННЯ ТА АГРОБІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТУ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЄВРАЗІЯ

І.П. Діордієва, Я.С. Рябовол, Л.О. Рябовол

Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)

Мета. Розширення генетичного різноманіття пшениці м'якої за міжвидової гібридизації з пшеницею спельта і виділення цінних вихідних форм із залученням їх до селекційного процесу створення високопродуктивних сортів культури. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичний аналіз, кваліфікаційна експертиза. **Результати.** За гібридизації сортозразка пшениці м'якої озимої східноєвропейського походження (материнська форма) із зразком пшениці спельта із передгірських районів Карпат (запилювач), аналізу створеного генетичного різноманіття та багаторазового індивідуального добору відібрано зразок 6750, який апробували у конкурсному сортовипробуванні впродовж 2017–2019 рр. За період випробування зразок 6750 істотно перевищував груповий стандарт за врожайністю (7,31 т/га) та характеризувався вдалим поєднанням господарсько-цінних ознак. У 2019 р. зразок 6750 передано до Українського інституту експертизи сортів рослин для проведення Державної кваліфікаційної експертизи (2020–2023 рр.) під назвою сорт Євразія. За період апробації середня врожайність сорт у зоні Степу становила – 7,52 т/га, Лісостепу – 8,08 т/га, Поліссі – 7,66 т/га, що перевищувало усереднену врожайність сортів за п'ять попередніх років на 1,11–2,19 т/га. Сорт характеризується короткостеблістю ($h = 83\text{--}88$ см) та комплексною високою стійкістю до несприятливих абіотичних і біотичних чинників навколишнього середовища. **Висновки.** За результатами Державної кваліфікаційної експертизи сорт пшениці м'якої озимої Євразія занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2023 р. і рекомендовано до вирощування в зонах Полісся і Лісостепу.

Ключові слова: пшениця м'яка, пшениця спельта, міжвидова гібридизація, індивідуальний добір, сорт, врожайність.

Вступ. В Україні пшениця м'яка озима – основна хлібна культура. Її площі посіву щороку займають близько 5–7 млн га [1]. Валові збори зерна пшениці становлять 50–55 % виробництва всіх зернових культур. Найдієвішим засобом підвищення виробництва зерна пшениці, що дасть змогу забезпечити населення високоякісними харчовими продуктами є створення та впровадження нових високоврожайних сортів з високим адаптивним потенціалом [2; 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Селекцією пшениці м'якої озимої нині в Україні займаються провідні наукові установи, зокрема, Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААНУ, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААНУ, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення, ННЦ «Інститут землеробства» НААНУ, Інститут фізіології рослин та генетики НАНУ тощо [2; 4; 5].

Вони досягли значних успіхів у напрямі селекційного вдосконалення пшениці. Використовуючи різноманітні матеріали зі світової колекції та методи селекції, селекціонерами створені сорти нової генерації – високопродуктивні, адаптовані до різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Вони широко впроваджуються у виробництво і здатні забезпечувати стабільно високу врожайність [6]. Станом на 2023 р. до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні занесено близько 500 сортів пшениці м'якої озимої української та закордонної селекції [7]. Кращі сорти мають потенціал продуктивності понад 10,0 т/га.

Селекційно-генетичні дослідження дали можливість встановити закономірності формотворення за гібридизації різних видів пшениці, розробити науково обґрунтовані принципи добору батьківських пар для схрещування та істотно розширити генетичне різноманіття роду *Triticum* L. [8; 9].

Незважаючи на досягнуті успіхи в селекції пшениці створені високопродуктивні сорти не здатні цілком задовольнити зростаючі потреби сільськогосподарського виробництва. Подальший прогрес потребує розробки й обґрунтування нових методів і прийомів селекційної роботи та створення нових високопродуктивних, конкурентоспроможних сортів пшениці.

Нами проведено низку досліджень із гібридизації пшениці м'якої та пшениці спельти, що дало можливість із отриманого різноманіття селекційних матеріалів сформувати колекцію зразків з унікальними морфологічними, біологічними та біохімічними характеристиками [10; 11]. Вони є джерелом цінної генетичної плазми для поліпшення існуючих та створення нових сортів культури.

Метою наших досліджень було розширення генетичного різноманіття пшениці м'якої за міжвидової гібридизації з пшеницею спельта і виділення цінних вихідних форм із залученням їх до селекційного процесу створення високопродуктивних сортів культури.

Матеріали та методи досліджень. Вихідним матеріалом для гібридизації слугували сортозразки пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження надані для досліджень Національним центром генетичних ресурсів рослин України і зразок пшениці спельта озимої з передгірських районів Карпат. Гібридизацію проводили кастрацією квіток материнської форми з наступним примусовим запиленням їх пилом батьківської форми обмежено-вільним методом. Гібридне потомство F_{2-5} висівали у селекційному розсаднику за зрідженого посіву, де його аналізували за проявом цінних господарських і селекційних показників, проводили індивідуальні добори і відбір селекційного матеріалу з цінними маркерними ознаками.

Конкурсне випробування відібраних кращих зразків здійснювали впродовж 2017–2019 рр. в умовах Уманського національного університету садівництва, що розташований у зоні Правобережного Лісостепу України, підзоні нестійкого зволоження. У дослідженнях використовували систематичний метод розміщення ділянок з обліковою площею 10 м². Номери розташовували блоками за чотириразової повторності. Густота рослин – 400 тис. шт/га. Всі обліки та фенологічні спостереження проводили відповідно до «Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових культур на придатність до поширення в Україні» [12]. Достовірність досліджень та істотність відмінностей між показниками продуктивності оцінювали за результатами

дисперсійного аналізу математичної статистики за використання прикладної програми MS Excel.

Державну кваліфікаційну експертизу сорту здійснювали впродовж 2020–2023 рр. у 20 філіях Українського інституту експертизи сортів рослин, що розташовані у різних географічних і ґрунтово-кліматичних зонах.

Результати та їх обговорення. Дослідження зі створення та виділення нового сорту розпочали у 2010 р. під керівництвом доктора біологічних наук Ф.М. Парія. Початковим етапом роботи зі створення нового сорту була міжвидова гібридизація сортозразка пшениці м'якої озимої східноєвропейського походження (материнська форма) із зразком пшениці спельта із передгірських районів Карпат (запилувач) (рис.).

До гібридизації залучали вихідний матеріал різного еколого-географічного походження, що дало змогу індукувати широкий формотворчий процес у нащадків. Гібриди F_1 ідентифікували за фенотиповим проявом морфологічних ознак спельти. Перше покоління гібридів повторно схрещували з пшеницею м'якою. У гібридному потомстві F_{2-4} аналізували закономірності формоутворення, успадкування ознак і ступінь трансгресивної мінливості. У гібридному потомстві F_{5-6} проводили поліпшуючі індивідуальні добори перспективних генотипів за показниками продуктивності і якості зерна. Паралельно відбирали типові колосся рослин пшениці і закладали розсадники випробування поколінь 1- і 2-го року для ведення первинного насінництва.

У результаті багаторазового індивідуального добору та жорсткого вибракування сімей за показниками продуктивності і якості зерна було відібрано чотири зразки. Після апробації матеріалів виділили високопродуктивний зразок 6750, що аналізували в конкурсному випробуванні.



Схема розведення сорту пшениці м'якої озимої Євразія

Таблиця 1. Показники продуктивності зразка 6750 за конкурсного випробування в умовах Уманського НУС, 2017–2019 рр.

Показник	Груповий стандарт*	Зразок 6750	НІР ₀₅	
Врожайність, т/га	6,85	7,31	0,29	
Висота рослин, см	92	85	4	
Стійкість проти, бал	осипання	9	–	
	вилягання	9		
	бурої іржі	8		
	борошністої роси	8		
Вміст, %	клейковини	28,7	28,5	0,8
	білка	14,0	13,9	0,4
Нагура зерна, г/л	760	780	32	
Маса 1000 зерен, г	41,8	42,5	1,8	
Довжина колоса, см	10,5	11,2	0,5	
Сила борошна, о.а.	280	280	12	
Зимостійкість, бал	9	9	–	
Вегетаційний період, діб	278	274		

Примітка. *Груповий стандарт – сорти пшениці озимої м'якої Копилівчанка, Фаворитка, Подолянка.

За період конкурсного випробування (2017–2019 рр.) зразок 6750 істотно перевищував груповий стандарт за врожайністю (7,31 т/га) (табл. 1). Зразок характеризується вдалим поєднанням господарсько-цінних ознак, зокрема, короткостеблістю ($h = 85$ см), високою стійкістю до вилягання, осипання, збудників основних грибкових хвороб (8–9 балів) і зимостійкістю (9 балів). За показниками якості зерна (вміст клейковини 28,5 %, білка – 13,9 %, маса 1000 зерен – 42,5 г, сила борошна – 280 о.а.) не істотно відрізняється від показників контрольного варіанта.

За результатами трирічного конкурсного випробування зразок 6750 у 2019 р. передано на Державну кваліфікаційну експертизу під назвою сорт Євразія.

Визначення показників господарської придатності сорту Євразія проводилось впродовж 2020–2023 рр. Українським інститутом експертизи сортів рослин у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. За цей період середня врожайність сорту Євразія у зоні Степу становила – 7,52 т/га, у Лісостепу – 8,08 т/га, у Поліссі – 7,66 т/га, що перевищувало усереднену врожайність сортів за п'ять попередніх років на 1,11–2,19 т/га (табл. 2).

Сорт середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду залежно від зони вирощування варіювала в межах 268–274 доби. Характеризується коротко-

стеблістю ($h = 83–88$ см) та комплексною високою стійкістю до несприятливих біотичних та абіотичних чинників навколишнього середовища.

За результатами Державної кваліфікаційної експертизи сорт пшениці м'якої озимої Євразія занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2023 р. і рекомендовано до вирощування в зонах Полісся і Лісостепу.

Сорт Євразія вирізняється вирівняним стеблостом і рівномірним дозріванням. Тип розвитку – озимий. Належить до середньоранньої групи рослин. Різновидність *Albidum*. Кущ напівпрямостоячий, рослини за висотою – середні з восковим нальотом. Колос – пірамідальний, середньої довжини (11,2 см) та щільності (22,0 шт. колосків/10 см колосового стрижня), у фазі

Таблиця 2. Результати польових досліджень сорту Євразія за показниками господарської придатності, 2020–2023 рр.*

Показник	Значення			
	Степ	Лісостеп	Полісся	
Середня врожайність сортів, що пройшли державну реєстрацію за попередні п'ять років, т/га	5,33	6,97	6,26	
Урожайність, т/га	7,52	8,08	7,66	
± до середньої врожайності, т/га	+2,19	+1,11	+1,40	
Тривалість вегетаційного періоду, діб	274	269	268	
Висота рослин, см	83	85	88	
Маса 1000 насінин, г	39,0	41,1	44,1	
Вміст білка, %	13,7	13,8	13,0	
Вміст клейковини, %	28,1	27,4	25,1	
Сила борошна, о. а.	282	269	239	
Об'єм хліба зі 100 г борошна, мл	780	973	920	
Стійкість до, бал	вилягання	9	8	8
	осипання	9	9	9
	посухи	7	7	7
	борошністої роси	9	8	7
	бурої іржі	9	8	7
	фузаріозу колоса	9	9	9
	шведської мухи	8	9	9
	клопа-черепашки	9	9	8
	твердої сажки (за штучного зараження)		3	
Зимостійкість, бал	8	8	8	

Примітка. * – За даними Інституту експертизи сортів рослин України.

повної стиглості – білого кольору, безостий, неопушений. Зернівка – яйцеподібна, крупна, білого кольору.

ВИСНОВКИ

За міжвидової гібридизації сортозразків пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження з пшеницею спельта створено сорт пшениці

м'якої озимої Євразія, який занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні в 2023 р. Сорт характеризується високою продуктивністю (понад 7,5 т/га) та комплексною резистентністю до несприятливих абіотичних і біотичних чинників навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кирильчук А.М., Ковальчук С.О. Селекція на кількісні та якісні показники пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.). Розширення генетичного різноманіття культурної пшениці. *Agroecological journal*. 2021. № 2. С. 140–148.
2. Рибалка О.І., Поліщук С.С., Моргун Б.В. Нові напрями в селекції зернових культур на якість зерна. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 120–133.
3. Morgun V.V., Priadkina G.A., Zborivska O.V. Depositing ability of stem of winter wheat varieties of different periods of selection. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. № 10 (2). P. 239–244. Doi: <https://doi.org/10.15421/021936>.
4. Моргун В.В., Топчій Т.В. Пошук нових джерел стійкості пшениці озимої до основних збудників грибних хвороб. *Физиология растений и генетика*. 2016. Т. 48. № 5. С. 393–400.
5. Власенко В.А., Корчмарський В.С., Колючий В.Т. та ін. Селекційна еволюція миронівських пшениць: моногр. Миронівка, 2012. 330 с.
6. Вискуб Р.С., Чугрій Г.А., Бондарева О.Б. Створення високоврожайних сортів пшениці м'якої озимої в умовах Південно-Східного Степу України. *Зернові культури*. Т. 6. № 1. 2022. С. 15–23.
7. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin>.
8. Вискуб Р.С., Бондарева О.Б. Оцінка селекційного матеріалу пшениці озимої в посушливих умовах Північно-Східного Степу України. *Аграрні інновації*. 2020. № 4. С. 94–99.
9. Торяник В.М., Василенко М.О. Аналіз господарсько-цінних ознак вітчизняних сортів пшениці м'якої озимої як вихідного матеріалу для селекції нових високопродуктивних сортів в умовах Іванівської дослідно-селекційної станції. *Слобожанський науковий вісник. Сер.: Природничі науки*. 2023. № 1. С. 39–43.
10. Diordiieva I., Riabovol L., Riabovol Ia., Serzhuk O., Novak A., Kotsiuba S. The characteristic of wheat collection created by *Triticum aestivum* L./*Triticum spelta* L. hybridization. *Agronomy research*. 2018. Vol. 16. № 4. P. 2005–2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.15159/ar.18.181>.
11. Diordiieva I.P., Riabovol L.O., Riabovol Ya.S., Serzhuk O.P., Nakloka Iu.I., Nakloka O.P., Karychkovska S.P. Breeding and genetic improvement of soft winter wheat with the use of spelt wheat. *Agronomy research*. 2022. Vol. 20. Iss. 1. P. 91–102. Doi: <https://doi.org/10.15159/ar.22.016>.
12. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових культур на придатність до поширення в Україні. Український інститут експертизи сортів рослин; укл. Ткачик С.О., Лещук Н.В., Присяжнюк О.І. 4-ге вид., випр. і доп. Вінниця, 2016. 81 с.

REFERENCES

1. Kyrylchuk, A.M., Kovalchuk, S.O. (2021). Breeding for quantitative and qualitative indicators of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Expanding the genetic diversity of cultivated wheat. *Agroecological journal*, 2, 140–148 [in Ukrainian].
2. Rybalka, O.I., Polishchuk, S.S., Morgun, B.V. (2018). New directions in the selection of grain crops for grain quality. *Herald of Agrarian Science*, 11, 120–133 [in Ukrainian].
3. Morgun, V.V., Priadkina, G.A., Zborivska, O.V. (2019). Depositing ability of stem of winter wheat varieties of different periods of selection. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10 (2), 239–244. Doi: <https://doi.org/10.15421/021936> [in English].
4. Morgun, V.V., Topchii, T.V. (2016). Search for new sources of resistance of winter wheat to the main pathogens of fungal diseases. *Physiology of plants and genetics*, 48 (5), 393–400 [in Ukrainian].
5. Vlasenko, V.A., Korchmarskyi, V.S., Kolyuchy, V.T. et al. (2012). Breeding evolution of Myronivka wheats. *Myronivka*. 330 p. [in Ukrainian].
6. Vyskub, R.S., Chugrii, G.A., Bondareva, O.B. (2022). Creation of high-yielding varieties of soft winter wheat in the conditions of the South-Eastern Steppe of Ukraine. *Cereal crops*, 6 (1), 15–23 [in Ukrainian].
7. State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine (2023). URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin> [in English].

8. Vyskub, R.S., Bondareva, O.B. (2020). Evaluation of breeding material of winter wheat in arid conditions of the northeastern Steppe of Ukraine. *Agrarian innovations*, 4, 94–99 [in Ukrainian].
9. Toryanyk, V.M., Vasylenko, M.O. (2023). Analysis of economic and valuable characteristics of domestic varieties of soft winter wheat as a starting material for the selection of new high-yielding varieties in the conditions of the Ivanivsk research and selection station. *Slobozhan Scientific Bulletin. Series: Natural sciences*, 1, 39–43 [in Ukrainian].
10. Diordiieva, I., Riabovol, L., Riabovol, I.A., Serzhuk, O., Novak, A., Kotsiuba, S. (2018). The characteristic of wheat collection created by *Triticum aestivum* L./ *Triticum spelta* L. hybridization. *Agronomy research*, 16, 4, 2005–2015. doi :<http://dx.doi.org/10.15159/ar.18.181> [in English].
11. Diordiieva, I.P., Riabovol, L.O., Riabovol, Ya.S., Serzhuk, O.P., Nakloka, Iu.I., Nakloka, O.P., Karychkovska, S.P. (2022). Breeding and genetic improvement of soft winter wheat with the use of spelled wheat. *Agronomy research*, 20 (1), 91–102. Doi: <https://doi.org/10.15159/ar.22.016> [in English].
12. Methodology for examination of plant varieties of the group of grain, cereal and leguminous crops for suitability for distribution in Ukraine (2016). Ukrainian Institute of Expertise of Plant Varieties; incl. Tkachyk S.O., Leshchuk N.V., Prysiazhniuk O.I. 4th ed., ed. and additional Vinnytsia. 81 p. [in Ukrainian].

Diordiieva I.P., Riabovol Ya.S., Riabovol L.O.

Origin and agrobiological characteristics of variety of soft winter wheat Eurasia

Aim. Research was to expand the genetic diversity of common wheat through hybridization with spelled wheat, create new samples and isolate valuable initial forms with their involvement in the selection process to create high-yielding crop varieties. **Methods.** Field, laboratory, statistical analysis, qualification examination. **Results.** By hybridization of a sample of soft winter wheat of Eastern European origin (mother form) with a sample of spelled wheat from the foothills of the Carpathians (pollinator), analysis of the created genetic diversity and repeated individual selection, sample 6750 was selected, which was analyzed in a competitive variety test during 2017–2019. During the competitive test period, sample 6750 significantly exceeded the group standard in yield (7.31 t/ha) and was characterized by a successful combination of economic and valuable features. In 2019, sample 6750 in 2019 was transferred to the Ukrainian Institute for the Examination of Plant Varieties for the State Qualification Examination (2020–2023) under the name variety Eurasia. During the testing period, the average yield of the Eurasia variety in the Steppe zone was 7.52 t/ha, in the Forest Steppe - 8.08 t/ha, and in Polissia - 7.66 t/ha, which exceeded the average yield of the varieties for the previous five years by 1.11–2.19 t/ha. The variety is characterized by short stature ($h = 83–88$ cm) and comprehensive high resistance to adverse biotic and abiotic factors of the environment. **Conclusions.** According to the results of the State Qualification Examination, the soft winter wheat variety Eurasia was entered into the State Register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine in 2023 and recommended for cultivation in the Polissia and Forest-Steppe zones.

Key words: common wheat, spelled wheat, interspecies hybridization, individual selection, variety, yield.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Діордієва І.П., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, Уманський національний університет садівництва, e-mail: diordiieva201443@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8534-583.

Рябовол Я.С., доктор сільськогосподарських наук, доцент, e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4325-5313.

Diordiieva I.P., PhD in agriculture, associate professor in the department of genetics, plant breeding and biotechnology, Uman national university of horticulture, e-mail: diordiieva201443@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8534-583.

Riabovol Ya.S., doctor of agricultural sciences, associate professor, e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4325-5313.

Рябовол Л.О., доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, Уманський національний університет садівництва, e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5885-2180.

Riabovol L.O., doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of genetics, plant breeding and biotechnology, Uman national university of horticulture, e-mail: liudmila1511@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5885-2180.

Надійшла 04.01.2024

**ВАРІАЦІЯ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК СОРТОЗРАЗКІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО
В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ****Ж.М. Новак, О.В. Ненька***Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)*

Мета. *Визначення рівня кількісних ознак (кількості колосків та зерен у колосі, маси 1000 зерен) селекційного матеріалу ячменю ярого, визначення генотипової і екологічної дисперсії як складників загальної фенотипової та ступеня генетичного й екологічного варіювання. Методи.* *Впродовж шести років (2018–2023 рр.) ми проводили спостереження за чотирма сортами та 12 селекційними номерами ячменю ярого. Після отриманих результатів за допомогою програми Excel, визначали коефіцієнт варіації окремо для кожного генотипу та кожного року. Норма висіву насіння ячменю ярого у досліді становила 4 млн / 1га. Облікова площа ділянки – 4,00 м². Результати.* *Середня кількість колосків у колосі аналізованого матеріалу становила 19,8–23,0 шт. Цей показник варіював за генотипами середньо у 2018 та 2023 рр., у 2019, 2020, 2021 і 2022 рр. – незначно. Залежно від року досліджень показники значно варіювали у всіх біотипів. Середня екологічна дисперсія становила 32,7 %, що у вісім разів перевищувало середню генотипову (4,4%). Загальна фенотипова дисперсія сягала 37,1%. Середня кількість зерен із колоса становила від 13,0 до 17,0 шт. Коефіцієнт варіації, зумовлений відмінностями років досліджень, був середнім і значним. При цьому середня екологічна дисперсія сягала 11,2 %, коливаючись у різних біотипів від 3,9 % у сортозразка 7/23 до 24,7 % у селекційного номера 15/23. Генотипова дисперсія становила в середньому 8,7 %, а загальна фенотипова 19,9 %. Кількість зерен із колоса за генотипами варіювала значно у 2018, 2020 і 2021 рр., у 2019, 2022 і 2023 рр. – середньо. Висновки.* *Маса 1000 зерен становила у середньому 40,2–52,6 г. Вона варіювала середньо залежно від генотипу у 2018, 2019 і 2023 рр. і незначно у 2020, 2021 і 2022 рр. Залежно від умов року маса 1000 зерен варіювала незначним чином.*

Ключові слова: *кількість колосків у колосі, кількість зерен у колосі, маса 1000 зерен, фенотипова дисперсія, генотипова дисперсія, екологічна дисперсія, коефіцієнт варіації.*

Вступ. Ячмінь ярий має широкий спектр застосування та є традиційною культурою аграрного виробництва України. Формування високої продуктивності сільськогосподарських культур – складний багатоступеневий процес, що зумовлюється великою кількістю взаємопов'язаних чинників на всіх етапах органогенезу. До того ж урожайність є комбінованим показником, обумовленим поєднанням окремих складових. Господарсько-цінні ознаки, що формують продуктивність рослин, є кількісними та контролюються полігенно. Крім того, на вираження ознаки має вплив умов середовища. Встановити ступінь залежності рівня певного господарсько-цінного показника від генотипу й умов вирощування вдається завдяки визначенню екологічної та генотипової дисперсії, а також ступеня варіювання ознаки. Це дасть змогу

вести добір кращих біотипів за генетично більш стійким показником.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ступінь прояву кількісних ознак визначається взаємодією генотип–середовище. При цьому спостерігається індивідуальна реакція генотипу на комплекс навколишніх чинників. Різні ознаки неоднаково варіюють у результаті зміни екзогенних чинників середовища. Встановити ступінь залежності конкретного показника від генотипу та середовища можливо завдяки коефіцієнту варіації. Встановлення меж варіативної мінливості, а також знання генетичних зв'язків між показниками врожайності може допомогти селекціонерам підвищити ефективність галузі [1; 2].

За даними Ahmadi J., Vaezi B. та Pour-Aboughadareh A. [3], комбінований дисперсійний аналіз показав, що вплив генотипу був значущим для всіх

вимірних ознак. Це свідчить про існування високого ступеня генетичної варіації в матеріалі, який буде використовуватися в селекційних програмах, що також знайшло своє відображення в широких діапазонах, що спостерігалися для кожної ознаки. Ефект року був значущим для всіх ознак, окрім висоти рослин, періоду наповнення зерна та кількості зерен у колосі, тоді як взаємодія ліній \times рік була значущою для всіх ознак. Загалом, результати вказують на те, що відмінності між середніми значеннями генотипів змінювалися залежно від змін навколишнього середовища. Найвищий коефіцієнт варіації мав показник довжини колосоносного міжвузля, за нею йдуть ранньостиглість, довжина колоса та врожайність зерна. Найнижчі значення мали такі ознаки розвитку, як кількість днів до появи качана та кількість днів до фізіологічної стиглості.

Групою дослідників Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН визначено рівень варіабельності кількісних ознак досліджених зразків. Зокрема, низькою (9,5 %) була варіабельність висоти рослини, середньою – довжини колоса та маси зерна з основного колоса (15,6 і 19,5 % відповідно), високою – маси зерна з колоса підгону, продуктивності, кількості колосків з основного колоса, кількості зерен з основного колоса, загальної і продуктивної кущистості [4].

За результатами проведених досліджень В.М. Гудзенка та О.С. Дем'янюка [5], 30 колекційних зразків ячменю дворядного ярого різного екологічного походження в умовах Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН виявлено особливості фенотипового і генотипового варіювання, успадкування та очікуваного генетичного поліпшення за основними цінними господарськими ознаками. Отже, за відповідного добору компонентів схрещувань є можливість досягти селекційного поліпшення більшості досліджених ознак – від середнього до високого рівня. Коефіцієнти фенотипової і генотипової варіації мали значення від низького до середнього рівня залежно від ознаки і року дослідження: відповідно 3,69–17,22% та 3,66–14,73%. Найвищі значення фенотипового і генотипового коефіцієнтів варіації в усі роки відзначено для маси зерна з рослини: 14,32–17,22% і 12,01–14,73% та довжини головного колоса: 13,08–14,06% й 12,55–13,56%. Для продуктивного кушення характерним було доволі відчутне варіювання цих параметрів за роками (у %): 2012 р. – фенотиповий коефіцієнт варіації 10,75, генотипів – 9,43; 2013 р. – відповідно 16,19 і 14,44; 2014 р. – 9,81

і 8,50. Стабільно низьку за роками фенотипову і генотипову варіацію мала маса 1000 зерен 3,69–5,96% та 3,66–5,93% [5].

Фенотипові та генотипові коефіцієнти варіації за роками були відносно високими для маси зерна з колоса та помірними для кількості колосків у колосі, кількості зерен у колосі, маси тисячі зерен та довжини колоса. Крім того, ці ознаки характеризувались високою успадкованістю, що свідчить про наявність більшої кількості адитивних генних ефектів для можливого покращання. Урожайність зерна з гектара, час колосіння і висота рослин показали найменшу варіабельність ознаки, але також із високою успадкованістю, особливо висота рослин (99,92) і час колосіння (91,28). Загалом, різниця між фенотиповими і генотиповими коефіцієнтами мінливості для всіх відповідних ознак була невеликою [6].

Отже, є актуальним для селекції ячменю ярого встановлення ступеня варіювання окремих ознак продуктивності.

Метою досліджень було визначення рівня кількісних ознак (кількості колосків та зерен у колосі, маса 1000 зерен) чотирьох сортів та 12 селекційних зразків ячменю ярого протягом шести років, визначення генотипової і екологічної дисперсії як складників загальної фенотипової та ступеня генетичного й екологічного варіювання.

Матеріали та методи досліджень. Ми визначали ступінь варіювання кількісних ознак сортозразків ячменю ярого впродовж шести років (2018–2023 рр.).

Погоднім фактором, що найбільшою мірою корегує ріст та розвиток рослин, є кількість опадів. За середньобагаторічного показника у 633 мм, загальна їх кількість у 2017-2018 сільськогосподарському році становила 681 мм, у 2018-2019 рр. – 421 мм, у 2019-2020 – 415 мм, у 2020-2021 – 648 мм, у 2021-2022 – 473 мм і в 2022-2023 рр. – 496 мм. Тобто майже протягом усіх років спостерігався дефіцит опадів, за виключенням лише 2017-2018 і 2020-2021 рр., в які опадів випало відповідно на 48 та 15 мм більше норми. Однак не лише кількість опадів надзвичайно важлива, а й їх розподіл. На час сівби, а це переважно друга-третья декада березня, проростки використовують переважно вологу від талих снігів. Зазначимо, що у 2018 р. сівбу вдалось провести аж у кінці першої декади квітня, тому що сніг зійшов наприкінці березня. Квітнева та травнева посухи негативно впливають на ріст рослин та нагромадження ними асимілятів. Весняна нестача опадів тією чи

іншою мірою мала місце у 2018, 2019, 2020 і 2022 рр. Строкатими також були як температурні показники, так і відносна вологість повітря. Це все у сукупності зумовило різне проходження періодів вегетації селекційними зразками ячменю ярого.

Для визначення ступеня варіювання ознак, ми проводили спостереження за чотирма сортами (Даніелле, Гезіне, Беатрікс і Солдо) та 12 селекційними номерами ячменю ярого. Після вимірів та спостережень, які проводились щороку, ми за допомогою комп'ютерних програм, визначали коефіцієнт варіації [7] окремо для кожного генотипу та кожного року. Це дає можливість визначити генотипову та екологічну складову у загальній фенотиповій варіації ознак.

Норма висіву насіння ячменю ярого у досліді становила 4 млн / Га. Облікова площа ділянки – 4,00 м².

Результати та їх обговорення. Кількість колосків у колосі (табл. 1), у середньому за генотипами у 2018 р. становила 9,8 шт. До того ж у сортів він коливався від 7,0 у сорту Гезіне до 12,0 колосків у сорту Солдо. У селекційних зразків, які ми аналізували, найменшою кількістю колосків була у зразка 9/23, а найбільшою 12,1 шт. у 15/23.

Відмітимо, що цього року унаслідок несприятливих погодних умов, а саме затяжної весни, не вдалося провести посів у оптимальні строки, що зумовило скорочення проходження періоду закладки колоскових бугорочків і, відповідно, зменшило кількість продуктивних колосків у колосі.

Середня генотипова дисперсія ($S^2 G$) цього року сягала 2,7%, а коефіцієнт варіювання (V) 16,7%.

У наступному році (2019) у сортів кількість колосків у колосі становила від 20,0 до 23,9 шт., у селекційних номерів - від 18,4 шт. у зразка 13/23 до 24,3 шт. у біотипу 15/23. Генотипова дисперсія становила при цьому 4,5%, коефіцієнт варіювання змінився порівняно з попереднім роком і був 10,0%. Середня кількість колосків у колосі цього року становила 21,1 шт.

У 2020 р. показники сортів Даніелле, Гезіне, Беатрікс та Солдо становили відповідно 26,8; 25,0; 26,3 і 25,4 колоска в одному колосі. У селекційних номерів показники були близькими та коливались від 23,7 шт. у біотипу 6/23 до 30,0 шт. у сортозразка 16/23. Середня кількість колосків у колосі сягала 26,2 шт. При цьому генотипова дисперсія становила 4,0%, а коефіцієнт варіації – 7,6%.

Таблиця 1. Варіація, % кількості колосків у колосі

Сорти/селекційні зразки	Кількість колосків у колосі, шт.							$S^2 E$, %	V , %
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Середнє		
Даніелле	11,0	23,6	26,8	23,7	24,0	28,4	22,9	31,6	24,5
Гезіне	7,0	23,9	25,0	23,1	24,7	26,4	21,7	44,1	30,6
Беатрікс	8,4	20,0	26,3	23,0	25,1	25,4	21,4	37,9	28,8
Солдо	12,0	21,5	25,4	24,0	27,6	23,6	22,4	24,8	22,3
6/23	7,8	21,2	23,7	24,2	24,2	18,2	19,9	33,7	29,2
7/23	10,2	21,8	25,6	25,7	26,1	20,9	21,7	30,6	25,5
8/23	9,6	19,3	23,5	24,9	20,0	21,2	19,8	24,3	25,0
9/23	7,0	23,6	26,7	24,4	23,8	24,7	21,7	44,2	30,6
10/23	10,6	19,75	24,8	17,9	23,9	25,3	20,4	26,4	25,2
11/23	11,0	17,3	24,2	20,2	24,8	24,6	20,4	24,9	24,5
12/23	11,2	19,0	24,8	25,0	21,3	19,6	20,2	21,4	22,9
13/23	8,8	18,4	27,7	24,9	28,8	26,2	22,5	48,4	31,0
14/23	11,1	22,8	29,4	25,5	24,9	23,3	22,8	32,1	24,8
15/23	12,1	24,3	29,0	24,5	24,0	23,8	23,0	26,7	22,5
16/23	9,3	20,5	30,0	22,9	24,4	23,6	21,8	39,4	28,8
Середнє	9,8	21,1	26,2	23,6	24,5	23,7	21,5	32,7	
$S^2 G$, %	2,7	4,5	4,0	4,0	4,2	6,9	4,4		
V , %	16,7	10,0	7,6	8,5	8,4	11,1			

Примітка. $S^2 E$ – дисперсія екологічна, $S^2 G$ – дисперсія генотипова, V – коефіцієнт варіації.

У 2021 р. показники були близькими. Так, середні дані становили 23,6 колоски в одному колосі. У сортів їх налічувалось від 23,0 до 24,0 шт., а у сортозразків, що ми аналізували, від 17,9 до 25,7 шт. За показника генотипової дисперсії 4,0%, коефіцієнт варіації становив 8,5.

У 2022 р. у сортів кількість колосків у колосі сягала від 24,0 до 27,6 шт. У селекційних номерів найменшою вона була у біотипу 8/23 – 20,0 шт., а найвищою – у селекційного номера 13/23 – 28,8 шт. Середній показник становив 24,5 колосків в одному колосі. Генотипова дисперсія була на рівні 4,2% за незначного варіювання ознаки ($V=8,4$).

Однак у 2023 р. маємо середнє варіювання ознаки на рівні 11,1% за показника генотипової дисперсії 6,9%. До того ж абсолютні показники кількості колосків у колосі у сортів становили 23,6–28,4 шт., а у селекційних зразків від 18,2 шт. у біотипу 6/23 до 26,2 шт. у селекційного номера 13/23.

Середня генотипова дисперсія сягала 4,4%. Кількість колосків у колосі варіювала середньо у 2018 та 2023 рр., у 2019, 2020, 2021 і та 2022 рр. – незначно. Залежно від року досліджень показники значно варіювали у всіх біотипів. Екологічна дисперсія (S^2E) становила у сортів 24,8–44,1%, у селекційних номерів – 21,4 % (сортозразок 12/23) – 44,2 (біотип 9/23).

Середня екологічна дисперсія була на рівні 32,7%, що у вісім разів перевищувало середню генотипову. Тобто, на кількість колосків у колосі більшою мірою впливають умови навколишнього середовища, ніж генотип. Загальна фенотипова дисперсія становила 37,1%.

Також ми встановлювали варіювання кількості зерен з колоса (рис. 1 і 2).

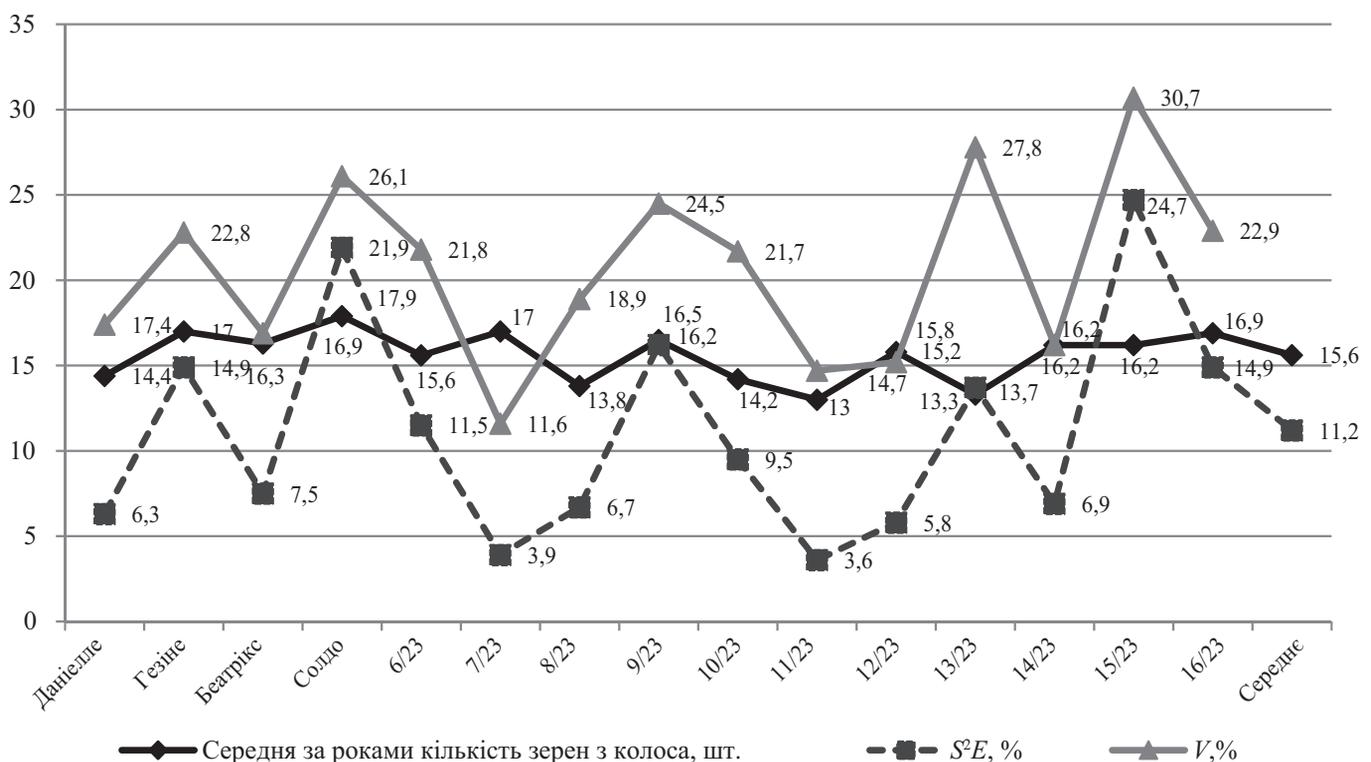
Середня кількість зерен з колоса за шість років у сортів Даніелле, Гезіне, Беатрікс та Солдо сягала відповідно 14,4; 17,0; 16,3 та 17,9 зерен. Від 13,0 до 13,8 зерен в колосі було у селекційних номерів 8/23, 11/23, 13/23. Біотип 10/23 мав 14,2 зерна; сорто-типи 6/23 та 12/23 – 15,6 та 15,8 шт.

Селекційні номери 9/23, 14/23, 15/23 і 16/23 мали від 16,2 до 16,9 зерен в одному колосі, біотип 7/23 – 17,0 шт.

Екологічна дисперсія сягала від 3,9 у сортозразка 7/23 до 24,7 у біотипу 15/23.

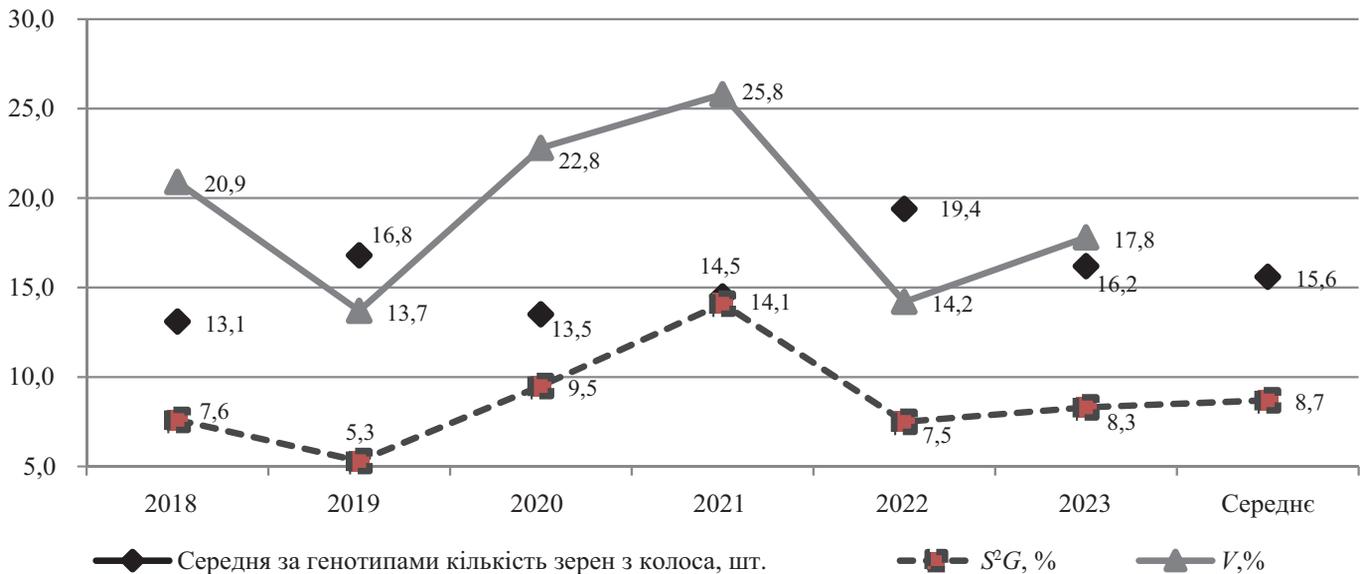
При цьому коефіцієнт варіації був середнім у сортів Даніелле і Беатрікс та у селекційних номерів 7/23, 8/23, 11/23, 12/23 і 16/23. Усі інші зразки мали значну варіацію кількості зерен. Найвищий показник відмічено у біотипу 15/23 – 30,7%, а найменший у сортозразка 11/23 – 14,7%.

Середня кількість зерен у колосі у 2018 р. становила 13,1 шт., це був найнижчий показник у досліді.



Примітка. S^2E – дисперсія екологічна, V – коефіцієнт варіації.

Рис. 1. Екологічна дисперсія та варіація за роками кількості зерен із колоса



Примітка. S^2G – дисперсія генотипова, V – коефіцієнт варіації.

Рис. 2. Генотипова дисперсія та варіація за генотипами кількості зерен із колоса

Впродовж 2019–2023 рр. показник варіював у межах 13,5 –19,4 шт.

Генотипова дисперсія у різні роки сягала від 5,3 до 14,5%. Коефіцієнт варіації становив у 2018 р. 20,9%, у 2019 – 13,7; у 2020 – 22,8, в 2021 – 25,8%, в 2022 – 14,2 та у 2023 р. – 17,8%. Тобто, у 2018, 2020 і 2021 рр. кількість зерен у колосі варіювала значно, а в 2019, 2022 і 2023 рр. – середньо. Середня генотипова дисперсія за всі роки становила 8,7%.

Також ми досліджували масу 1000 зерен та варіювання даного показника (табл. 2).

У 2018 р. середній показник по всіх досліджуваних генотипах сягав 52,3 г. У сортів він коливався від 48,0 до 56,9 г, тоді як у селекційних номерів від 34,6 до біотипу 6/23 до 62,0 у селекційного зразка 8/23.

У 2019 р. середній показник становив 42,3 г, при чому у сортів 36–50,3 а у селекційних номерів від 34,0 до 51,0 г.

Таблиця 2. Варіація маси 1000 зерен

Сорти/селекційні зразки	Маса 1000 зерен, г							S^2E , %	V , %
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Середнє		
Данієлле	49	36,9	36,4	48,5	50,9	46,7	44,7	34,2	13,1
Гезіне	48,0	36,0	48,1	46,4	40,9	52,1	45,3	28,1	11,7
Беатрікс	53,4	50,3	48,7	46,7	47,4	57,9	50,7	15,0	7,6
Солдо	56,9	46,3	42,2	50,0	50,3	60,7	51,1	38,3	12,1
6/23	34,6	38,9	49,7	43,5	49,8	50,3	44,5	36,5	13,6
7/23	57,6	51,0	47,1	44,3	51,0	47,1	49,7	18,1	8,6
8/23	62,0	48,6	43,9	52,1	53,5	55,2	52,6	31,3	10,6
9/23	53,8	44,7	45,5	47,8	45,2	50,7	48,0	11,0	6,9
10/23	58,1	34,5	49,4	46,6	48,1	51,0	48,0	42,5	13,6
11/23	55,3	45,0	42,0	51,1	45,2	48,3	47,8	16,5	8,5
12/23	53,6	45,3	41,7	45,8	49,1	51,2	47,8	15,7	8,3
13/23	58,5	42,0	44,1	49,1	56,0	54,7	50,7	37,8	12,1
14/23	40,0	34,0	46,7	47,5	40,8	57,	44,3	52,4	16,3
15/23	55,8	42,8	44,4	49,6	48,7	52,5	49,0	19,8	9,1
16/23	48,0	38,3	43,7	31,7	41,5	38,1	40,2	25,8	12,6
Середнє	52,3	42,3	44,9	46,7	47,9	51,6	47,6	28,2	
S^2G , %	50,3	29,6	11,9	21,4	18,8	27,7	26,6		
V , %	13,6	12,9	7,7	9,9	9,1	10,2			

Примітка. S^2E – дисперсія екологічна, S^2G – дисперсія генотипова, V – коефіцієнт варіації.

У 2020 році сорти мали масу 1000 зерен на рівні 36,4–48,7 г, а селекційні номери від 41,7 до 49,7 г; середній показник сягав 44,9 г.

Наступного року, 2021, показники сортів становили 46,4–50,0 г, а селекційних номерів – від 31,7 до 52,1 г. Найменший показник відмічено у біотипу 16/23, а найвищий – у 8/23.

У 2022 р. середня маса 1000 зерен сягала 47,9 г, коливаючись у сортів від 40,9 до 50,9 г, тоді як у селекційних номерів – від 40, 8 до 56,0 г.

У 2023 р. сорти мали показник на рівні 46,7–60,7 г, а селекційні номери 38,1–57,0 г. Отже, середній показник становив 51,6 г.

Генотипова дисперсія у різні роки коливалась від 11,9% у 2020 р. до 52,3% у 2018 р. Коефіцієнт варіювання змінювався аналогічно генотиповій дисперсії, та був середнім у 2018, 2019 і 2023 рр. (10,2–13,6 %), і незначним у 2020, 2021 і 2022 рр. ($V = 7,7 - 9,9\%$).

Середня за роками маса 1000 зерен сортів становила 44,7 – 51,1 г. Від 44,5 до 44,9 г вона була у селекційних номерів 6/23, 14/23 і 16/23, від 45,0 до 49,9 г – у 7/23, 9/23, 10/23, 11/23, 12/23 і 15/23. Понад 50,0 г маса 1000 зерен була у біотипів 8/23 та 13/23.

Коефіцієнт варіації за роками був незначним у сорту Беатрікс та селекційних номерів 7/23, 9/23 11/23, 12/23 і 15/23. Це свідчить про стабільність цього показника у цих генотипів. Однак сорти Даніелле, Гезане, Солдо та біотипи 6/23, 8/23, 10/23, 13/23, 14/23 і 16/23 характеризувались середньою варіацією маси 1000 зерен.

Середня екологічна дисперсія становить 28,2% що співмірно з середньою генотиповою дисперсією ($S^2G = 26,6\%$). Тобто, на прояв цієї ознаки однаковою мірою впливають як генотип, так і середовище.

Висновки

Варіювання кількості колосків у колосі за генотипами було середнім та незначним; кількості зерен із колоса – значним та середнім. Маса 1000 зерен варіювала за генотипами середньо та незначно.

За роками досліджень відмічено значне варіювання кількості колосків у колосі, середнє та значне – кількості зерен з колос, а також незначне та середнє варіювання маси 1000 зерен.

Кількість колосків у колосі більшою мірою визначається умовами вирощування, аніж генотипом, тоді як озерненість колоса та маса 1000 зерен майже однаковою мірою визначались генотипом та роками досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

- Ehdaie, B. and J.G. Waines. Genetic variation, heritability and path-analysis in landraces of bread wheat from southwestern Iran. *Euphytica*. 1989. Vol. 41. Pp.183–190.
- Dokuyucu, T. and A. Akkaya (1999): Path coefficient analysis and correlation of grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Rachis News Letter*. 1999. Vol. 18. Pp. 17–20.
- Ahmadi J., Vaezi B., Pour-Aboughadareh A. Analysis of variability, heritability, and interrelationships among grain yield and related characters in barley advanced lines. *Genetika*. 2016. Vol. 48, No.1. Pp. 73–85.
- Зимогляд О.В., Козаченко М.Р., Васько Н.І., Солонечний П.М., Наумов О.Г., Важеніна О.Є., Солонечна О.В. Особливості сортів і ліній ячменю ярого за кількісними морфобіологічними та господарськими ознаками. 2019. *Селекція і насінництво*. Вип. 116. С. 31–40.
- Гудзенко В.М., Дем'янюк О.С. Генетичне поліпшення ячменю дворядного ярого за кількісними ознаками у Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 81–86.
- Necdet Akgun. Genetic Variability and Correlation Studies in Yield and Yield Related Characters of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*. 2016. № 30(2). С.88–95.
- Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії: підручн. За ред. В.О. Єщенка. Київ, 2005. 245 с.

REFERENCES

- Ehdaie, B. and J.G. Waines (1989). Genetic variation, heritability and path-analysis in landraces of bread wheat from southwestern Iran. *Euphytica*, 41, 183–190 [in English].
- Dokuyucu, T. and A. Akkaya (1999). Path coefficient analysis and correlation of grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Rachis News Letter*, 18, 17–20 [in English].
- Ahmadi J., Vaezi B., Pour-Aboughadareh A. (2016). Analysis of variability, heritability, and interrelationships among grain yield and related characters in barley advanced lines. *Genetika*, 48, 1, 73–85 [in English].

4. Zymohlyad O.V., Kozachenko M.R., Vasko N.I., Solonechnyi P.M., Naumov O.G., Vazhenina O.E., Solonechna O.V. (2019). Features of spring barley varieties and lines by quantitative morphological, biological and economic traits. 2019. *Plant Breeding and Seed Production*, 116, 31–40 [in Ukrainian].
5. Gudzenko V.M., Demianiuk O.S. (2018). Genetic improvement of two-row spring barley by quantitative traits in the Forest-Steppe of Ukraine. *Agroecological journal*, 1, 81–86 [in Ukrainian].
6. Necdet Akgun. (2016). Genetic Variability and Correlation Studies in Yield and Yield Related Characters of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 30(2), 88–95 [in English].
7. Yeshchenko V.O., Kopytko P.G., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005). Fundamentals of scientific research in agronomy: textbook. Edited by V.O. Yeschenko. Kyiv. 245 p. [in Ukrainian].

Novak Zh.M., Nenka O.V.

Variation of spring barley's quantitative traits of samples in the conditions of the central Forest-Steppe of Ukraine

Aim. The aim of the research was to determine the level of quantitative traits (number of spikelet and grains per ear, weight of 1000 grains) of spring barley breeding material, to determine genotypic and environmental variance as components of the overall phenotypic and degree of genetic and environmental variation. **Methods.** During six years (2018-2023) we observed four varieties and 12 breeding numbers of spring barley. Based on the results obtained, the coefficient of variation was determined separately for each genotype and each year using the Excel program. The seeding rate of spring barley seeds in the experiment was 4 million per ha. The registered area of the plot was 4.00 m². **Results.** The average number of spikelet in an ear in the analyzed material was 19.8-23.0 pcs. This indicator varied by genotype on average in 2018 and 2023, in 2019, 2020, 2021 and 2022 - slightly. Depending of the year, the indicators varied significantly for all biotypes. The average environmental variance was 32.7%, which was eight times higher than the average genotypic variance (4.4%). The total phenotypic variance was 37.1%. The average number of grains per ear ranged from 13.0 to 17.0. The coefficient of variation due to differences in the years of research was medium and significant. At the same time, the average environmental variance was 11.2%, varying in different biotypes from 3.9% in variety 7/23 to 24.7% in selection number 15/23. The genotypic variance averaged 8.7%, and the total phenotypic variance was 19.9%. The number of grains per ear by genotype varied significantly in 2018, 2020 and 2021, and was average in 2019, 2022 and 2023. The weight of 1000 grains was on average 40.2-52.6 g. It varied moderately depending on the genotype in 2018, 2019, and 2023, and slightly in 2020, 2021, and 2022. Depending on the year's conditions, the weight of 1000 grains varied slightly and moderately. **Conclusions.** The number of spikelet per ear is determined by growing conditions rather than genotype. The variation of the number of grains per ear depending on environmental conditions and genotype was medium to significant. The weight of 1000 grains varied moderately and slightly depending on the genotype and the year's conditions.

Key words: number of spikelet per ear, number of grains per ear, weight of 1000 grains, phenotypic variance, genotypic variance, environmental variance, coefficient of variation.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Новак Ж.М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, Уманський національний університет садівництва, e-mail: nzhan@ukr.net, ORCID: 0009-0005-5046-9370.

Novak Zh.M., PhD in agriculture, associate professor in the department of genetics, plant breeding and biotechnology, Uman national university of horticulture, e-mail: nzhan@ukr.net, ORCID: 0009-0005-5046-9370.

Ненька О.В., кандидат сільськогосподарських наук, викладач кафедри генетики, селекції рослин та біотехнології, Уманський національний університет садівництва, e-mail: oleksandra.nenka@gmail.com, ORCID: 0009-0008-2259-0802.

Nenka O.V., PhD in agriculture, lecturer in the department of genetics, plant breeding and biotechnology, Uman national university of horticulture, e-mail: oleksandra.nenka@gmail.com, ORCID: 0009-0008-2259-0802.

Надійшла 21.02.2024

З'їзди, конференції, наради

30-Й ГЕНЕРАЛЬНИЙ З'ЇЗД ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ЛУКІВНИКІВ (EGF2024)

30-й Генеральний з'їзд Європейської федерації луківників (EGF2024), який відбувся з 9 по 13 червня 2024 р. в м. Леуварден – адміністративний центр провінції Фріслан (Нідерланди).

Цього року з'їзд зібрав близько 400 делегатів із 30 країн, у переважній більшості з Європи. Найбільше учасників було з Нідерландів (66) та Ірландії (31), Швейцарії (27), Німеччини (25), Бельгії (24), Швеції (19). Україну на з'їзді представляв 1 учасник, а саме Володимир Кургак, доктор с.-г. наук, професор, член-кореспондент НААН, головний науковий співробітник відділу кормовиробництва Національного наукового центру «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України».

Основними організаторами проведення з'їзду були Голландсько-Фламандське товариство луківників та кормових культур, яке об'єднує науковців та фермерів, а також Університет прикладних досліджень Van Hall Larenstein, Леуварден. Було залучено також 13 спонсорів і прихильників.

З'їзд відкрила президентка Європейської федерації луківників доктор, професор Агнес ван ден Полван Дасселар, а вітальний прийом від провінції Фріслан був у музеї Леуварден.

Генеральний з'їзд проведено за загальною темою «Чому луки?». Обговорено питання ролі тварин у продовольчій безпеці Європи, роль сіножатей і пасовищ Європи у забезпеченні кормами. Через урбанізацію та перетворення на орні землі луки знаходяться під загрозою. Тому на цьому зібранні були представлені результати досліджень науковців із різних країн Європи та діяльність фермерських господарств і тваринницьких комплексів у Нідерландах, які спрямовані на їх поліпшення, збереження та відновлення з метою зміцнення кормової бази тваринництва.

У перший день В.Г. Кургак брав участь у 8 засіданні Робочої групи «Випас» за темою «Випас для екології», де в доповідях та зустрічах з молодими фермерами окрім системи випасу жуйних тварин пропонувалась низка екосистемних послуг, включаючи економічні, екологічні, культурні, соціальні.

У наступні дні, згідно з програмою перебування В. Кургак брав участь у заслуховуванні 12 пленарних і 30 коротких доповідей, а також огляді 217 пристендових доповідей.

Розглянуто 5 підтем у відповідних секціях:

- Луки що, як, які, де, кого?
- Яка роль сінокосів і пасовищ у екологічній та продовольчій безпеці?
- Які методи раціонального використання, моніторингу та управління цими угіддями?
- Які екосистемні послуги?
- Для кого важливі луки?

Основна увага зосереджувалась на:

- ролі сіножатей і пасовищ у сучасному сільськогосподарському виробництві та наукових і практичних основах їх поліпшення та раціонального використання (від досліджень, збору даних, моніторингу рослинного і ґрунтового покриву, включаючи й космічний та дистанційне зондування з допомогою дронів до фактичних сталих управлінських рішень стосовно луків на різних рівнях з використанням нових фотоелектричних систем та самопересувних електроогорож);
- відмінності екосистемних послуг, які надають на луках залежно від умов і мети;
- особливостях ведення органічного і точного кормовиробництва і луківництва з застосуванням засобів дистанційного управління;
- утилізації органічних добрив та способи заготівлі кормів; дослідження з метою підтримання показників родючості ґрунту на оптимальному рівні;
- обговоренні заходів з обміном інформації, спрямованих на зменшення викидів парникових газів (CO₂, оксиду азоту тощо) на фермах, ширше використання симбіотичного азоту багаторічних бобових трав, зокрема й в органічному виробництві, на збереження біорізноманіття корисних живих організмів рослинного і тваринного походження;
- обговоренні та розробленні заходів, спрямованих на захист пасовищного утримання худоби від шкідливих природних (стихійні лиха тощо) та антропогенних чинників;
- особливостях організації нових методів селекції і насінництва багаторічних трав (розмноження

насіння багаторічних трав проводять у 40 місцях по всьому світу), а також селекції і розведення тварин);

- типах годівлі тварин у трав'яній системі організації виробництва молока, утримання тварин, переважно корів у звичайних фермерських господарствах, тваринницьких виробничих та селекційних комплексах.

На підставі цих доповідей впливає висновок: пасовища – це центр тваринництва, альтернативі пасовищ для годівлі тварин в Європі і в майбутньому немає.

На цій зустрічі представив пристендову доповідь на тему «Відновлення природних кормових угідь для поліпшення довкілля та продовольчої безпеки в Україні» (Кургак В., Камінський В., Janse, L., Kolomiets, L., Janse, J.D., Zhuk, M., and I. Neimet). Статтю під зазначеною назвою опубліковано у збірнику статей на 916 сторінках, де опубліковано матеріали учасників цього з'їзду. Як офіційний представник від України, брав участь у засіданні робочої групи, де заслухано інформацію виконавчого комітету про з'їзди та симпозиуми, які проведено в рамках Європейській федерації луківників в останні роки і ті що планується провести в 2025-2026 рр., а також рішення поточного з'їзду.

Під час проведення з'їзду брав участь в екскурсійних турах, де мав можливість ознайомитись з типовими голландськими польдерними луками та молочним скотарством (це рівнинний ландшафт в перемішку з дюнами, дамбами, каналами, лісами, озерами та болотами, торфовими ділянками, коровами, луговими птахами, вітряними млинами і типовими вітряками та сонячними електростанціями), а також з інноваційними заходами на пасовищах. Зокрема відвідали:

- сучасний міжнародний сертифікований дослідницький центр в м. Вагенінген, де щороку проводять 600000 різних аналізів рослин, добрив, ґрунту тощо; сімейну молочну ферму Баренбург і Вредо, де годівля корів базується на пасовищному утриманні тварин та трав'яних кормах із багаторічних трав, яка характеризується високою ефективністю та якістю виробництва тваринницької продукції та де ознайомились із сучасними машинами для внесення добрив, сівки тощо;
- фризькі торфовища, де на державному рівні вживаються заходи, зокрема розроблена

програма зменшення негативного впливу шкідливого осушування, проживання та сільськогосподарської діяльності людей (просідає земля, вивільняється багато парникових газів, висихання навколишніх заповідників) шляхом підняття ґрунтових вод та інфільтрації;

- молочну ферму Де Гелдер, де ознайомились із процесом виробництва сиру;
- національний ландшафтний парк Бокаж площею 25000 тис. га, де фермери і жителі об'єднані в асоціацію, яка слідкує за оптимальним поєднанням забудови населених пунктів, сільськогосподарського використання та природоохоронних заходів із збереження історичних цінностей та місцевого біорізноманіття, включаючи живоплоти з дерев і чагарників навколо ділянок пасовищ, збереження ділянок із природним лучним фітоценозом, штучне створення трав'янистих фітоценозів за участі видів трав, які своїм квітучанням сприяють збереженню місцевої фауни типу джмелів тощо, пасовищне утримання худоби з моніторингу якості продукції;
- міжнародний сімейний центр кооператив з впровадження програми розведення та випробування голштинської молочної породи CRV, де утримується 350 молодих самок-донорів з-поміж найкращих тварин у Європі, краще потомство яких реалізується фермерським господарствам Нідерландів і всієї Європи і де годівля тварин базується на дешевих зелених і консервованих трав'яних кормах;
- сучасний молочний комплекс Боксмердик, де демонструвались сучасні методи утримання, годівлі худоби, зокрема на пасовищах з використанням фотоелектричних системи, самопересувних електроогорож, кормороздавачів, прибирачів гною тощо.

У триденному турі, який проведено після з'їзду передбачено відвідування різних експериментальних фермерських господарств, переможців конкурсу «Пасовищний фермер року», тваринницьких комплексів, навчальних закладів у Нідерландах і Бельгії.

Більше інформації на вебсайті: www.egf2024.com.

Запропоновано матеріали 30-го Генерального з'їзду Європейської федерації луківників (EGF2024), який відбувся з 9 по 13 червня 2024 р. в м. Леуварден, Нідерланди, що були представлені в пленарних і пристендових доповідях та екскурсійних турах під

час проведення цього зібрання використати у науково-дослідній роботі під час планування досліджень, як новітні літературні джерела під час написання статей, звітів, монографій тощо, а також при розробленні пропозицій для впровадження у сільськогосподарське виробництво.

Під час роботи Генерального з'їзду були налагоджені та поглиблені міжнародні зв'язки з провідними вченими-луківниками Польщі, Естонії, Латвії, Литви, Швейцарії, Нідерландів, Бельгії та інших країн, а також домовлено про підписання договору про наукову співпрацю між Національним науковим центром «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» (Україна) та Університетом сільського господарства в Кракові (PL 31-120, al. Mickiewicza 21, Krakow, Польща).

Позитивний досвід роботи Голландсько-Фламандського товариства луківників та кормових куль-

тур, Університету прикладних досліджень Van Hall Larenstein, що в Леувардені та інших навчальних закладів, науково-дослідних центрів, фермерських господарств та тваринницьких комплексів запропоновано використати для проведення досліджень із кормовиробництва та луківництва в науково-дослідних установах Національної академії аграрних наук України, зокрема й у рамках Європейських проєктів, а також впровадження новітніх методів стосовно забезпечення тварин дешевими трав'яними кормами з використанням пасовищного утримання в літній період тварин, а також систем органічного та точного землеробства.

*Головний науковий співробітник відділу
кормовиробництва ННЦ «ІЗ НААН»,
доктор с.-г. наук, професор,
член-кореспондент НААН
Володимир Кургак*

ПЕТРУ ІВАНОВИЧУ БОЙКУ – 90



Бойко Петро Іванович – відомий вчений у галузі землеробства, сівозмін різних ротацій та спеціалізації; головний науковий співробітник відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях ННЦ «Інститут землеробства НААН», доктор сільськогосподарських наук, професор; Заслужений діяч науки і техніки України, Довічний державний стипендіат видатних діячів науки України; активний популяризатор досягнень науки в аграрне виробництво; ветеран праці; учасник війни; справжній вчений; щедро обдарована, щира, порядна, доброзичлива людина.

Народився П.І. Бойко 10 липня 1934 р. у с. Гаркушинці Миргородського р-ну Полтавської обл. До 1954 р. працював у місцевому колгоспі та Миргородському коноплезаводі. Упродовж 1954–1956 рр. – служба в Армії на Північному Флоті Іоканьгської Військово-Морської Базі в Мурманській обл.; у 1956–1957 рр. – судовий виконавець Миргородського народного суду Полтавської обл. Упродовж 1957–1962 рр. – навчався на агрономічному факультеті Полтавського сільськогосподарського інституту (нині – Полтавський державний аграрний

університет МОН України), після закінчення якого працював керуючим відділу радгоспу «Оржицький» Лубенського р-ну Полтавської обл.

Наукова діяльність П.І. Бойка є вагомим внеском у розвиток сучасних наукових основ землеробства, теоретичних і практичних аспектів побудови різних типів та видів сівозмін і пов'язана з Національним науковим центром «Інститут землеробства НААН». Петро Іванович у 1963–1967 рр. – головний агроном, старший науковий співробітник, завідувач відділу рільництва Дробрівської дослідної станції Українського науково-дослідного інституту землеробства і аспірант лабораторії сівозмін цього самого інституту. Упродовж 1968–2011 рр. працює в лабораторії сівозмін ННЦ «Інститут землеробства УААН». У 1968–1992 рр. – молодшим, старшим і провідним науковим співробітником; у 1992–2003 рр. – завідувачем лабораторії сівозмін; із 2003 р. – головним науковим співробітником. У зв'язку з реорганізацією у 2011 р. лабораторію сівозмін об'єднали з відділом землеробства на меліорованих землях, де нині П.І. Бойко працює головним науковим співробітником.

У 1969 р. захистив кандидатську дисертацію на тему: «Размещение кукурузы в полевых севооборотах левобережной Лесостепи УССР» за спеціальністю 530: «Общее земледелие», а у 1997 р. – докторську дисертацію на тему: «Наукові і технологічні основи вирощування кукурудзи в сівозмінах Лісостепу України» за спеціальністю 06.00.01: «Загальне землеробство». Вчене звання старшого наукового співробітника присвоєно у 1972 р., професора – у 1998 р.

Вчений вперше для умов Лісостепу України здійснив всебічне агротехнічне оцінювання попередників кукурудзи у зв'язку з дією чинників інтенсифікації землеробства: сівозмін, удобрення та обробітку ґрунту. Професор П.І. Бойко розробив методичні підходи і комплексні програми та організував закладення тривалих багатофакторних дослідів із встановлення ефективності різноротаційних сівозмін у поєднанні з системами удобрення та обробітку ґрунту в Лісостепу України на Дрابعьській та Панфільській дослідних станціях. За його участю здійснено всебічне агротехнічне оцінювання попередників сільськогосподарських культур у поєднанні з дією основних чинників інтенсифікації землеробства: сівозмін, добрив та обробітку ґрунту, а також визначено вплив погодних умов на родючість ґрунту, фітосанітарний стан посівів, урожайність польових культур і якість продукції, економічну та енергетичну ефективність сівозмін. Вченим теоретично обґрунтовано інтенсивні екологічно збалансовані сівозміни, які відповідають сучасному та перспективному землеробству.

Науковець вперше організував комплексні фундаментальні дослідження з визначення впливу біологічних чинників родючості ґрунту (наявність різних фітонематод, мікрофлори, токсичність ґрунту – алелопатія) на продуктивність сільськогосподарських культур у сівозмінах, родючість та фітосанітарний стан ґрунту у сівозмінах і беззмінних посівах. Результати досліджень забезпечили вагомий внесок у розвиток вчення з сільськогосподарської алелопатії, підсиливши важливу науково обґрунтованого чергування сільськогосподарських культур у сівозмінах в подоланні негативної дії ґрунтової.

Під його керівництвом розроблено теоретичні екологічно безпечні основи відтворення родючості ґрунтів шляхом раціонального землекористування, створено моделі ґрунтозахисних систем землеробства і сівозмін для забезпечення отримання високоякісної конкурентоспроможної продукції та охорони навколишнього середовища; удосконалено зональні системи землеробства

і сівозмін, розроблено біологічні та агроєкологічні принципи їх організації для забезпечення раціонального використання й охорони агроландшафтів; обґрунтовано вплив сівозмінного чинника у поєднанні з системами удобрення та обробітку ґрунту на продуктивність сільськогосподарських культур, стан родючості ґрунту та навколишнього середовища.

Вченим розроблено науково обґрунтовані нормативи екологічної оптимізації сівозмін у системах землеробства; опрацьовано екологічно безпечні сівозміни для господарств з різною виробничою спеціалізацією для забезпечення сприятливого фітосанітарного стану посівів і охорони навколишнього середовища; побудовано довгоротаційні сівозміни для великих господарств різної спеціалізації та короткоротаційні вузькоспеціалізовані сівозміни для фермерських і орендних господарств, а також шляхи послаблення негативного впливу несумісності та самонесумісності культур у сівозмінах.

П.І. Бойко розробив сівозміни альтернативного землеробства з максимальним використанням біологічних засобів інтенсифікації; опрацював системи сівозмін для забезпечення раціонального використання сільськогосподарських угідь, відтворення родючості ґрунтів і їх захисту від ерозії з метою підвищення продуктивності та стійкості агроценозів.

Упродовж 1970–1995 рр. призначено секретарем та Головою Координаційно-методичної комісії з проблем сівозмін у землеробстві України, з 1996 р. – членом Координаційно-методичної ради Науково-методичного центру «Землеробство». Він є членом редакційних колегій науково-теоретичного журналу «Землеробство та рослинництво: теорія і практика», збірників Міжнародних та Всеукраїнських конференцій ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Науковець здійснює значну науково-організаційну роботу. Упродовж 2005–2009 рр. обирався членом спеціалізованої вченої ради із захисту дисертацій Д 26.371.01 в Інституті агроєкології і природокористування НААН; 2003–2015 рр. – спеціалізованої вченої ради із захисту дисертацій Д 26.004.10 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України МОН України; з 2013 р. є членом спеціалізованої вченої ради із захисту дисертацій Д 27.361.01 у ННЦ «Інститут землеробства НААН».

Професор П.І. Бойко підготував 8 кандидатів сільськогосподарських наук, які досягли значних успіхів у науково-дослідній роботі щодо безпосереднього розвитку сівозмін у системах землеробства України.

Ювіляр має понад 320 опублікованих наукових і науково-методичних праць, серед яких основні: індивідуальна монографія «Кукурудза в інтенсивних сівозмінах» (1990 р.), колективні монографії «Агрокліматичні умови формування продуктивності сівозмін Лівобережного Лісостепу» (2015 р.), «Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні» (2016 р.), «Сівозміни та родючість чорнозему Лівобережного Лісостепу» (2019 р.), «Науково-технологічні та агробіологічні основи високопродуктивних агроєкосистем України» (2021 р.); наукові видання «Сівозміни в інтенсивному землеробстві» (1974 р.), «Роль сівозмін в інтенсивному землеробстві» (1986 р.), «Біологічна та екологічна роль сівозмін в землеробстві» (1990 р.); є співавтором підручника «Екологічні проблеми землеробства» (2010 р.); наукових публікацій «Long-term dynamics of humus content under different technologies of soil tillage» (2018 р.), «Prediction humus level of black soils of Forest-Steppe Ukraine depending on the application of crop rotation, fertilization and tillage» (2019 р.), «Management of moisture resource potential in agrocenoses of Forest-Steppe of Ukraine» (2020 р.) «Maize production and trade and scientific-technological solutions to mitigate climate change impact in Ukraine» (2023 р.), «Sustainable development of the yield and quality of grain crops depending on organic and mineral fertilizer systems in the conditions of unstable moistening in Ukraine» (2023 р.) у виданнях, що включені до міжнародної наукометричної бази «Web of Science Core Collection»; патентів на корисну модель, зареєстрованих у Державному реєстрі України (2021 р., 2023 р.).

Особливе практичне значення для розвитку вітчизняних сівозмін у системах землеробства мають опубліковані професором П.І. Бойком у співавторстві рекомендації «Сівозміни у землеробстві України» (2002 р.), в яких розроблено різноротаційні сівозміни в зональному розрізі: для Степу, Лісостепу, Полісся, Карпат, Закарпаття, низин Криму, а також для поливних і осушених земель; приділено увагу сівозмінам з овочевими культурами та ґрунтозахисним сівозмінам, оптимізації структури посівних площ і системи сівозмін. Важливими для підвищення ефективності науково обґрунтованого землеробства є опубліковані у 2015 р. у співавторстві науково-методичні рекомендації: «Оптимізація систем сівозмін та забезпечення наукового супроводу їх освоєння в агропромисловому виробництві», «Впровадження короткоротаційних сівозмін в органічному землеробстві».

Бойко Петро Іванович відзначається високим професіоналізмом. Зарекомендував себе вмілим організатором науково-дослідної та організаційної роботи. Підтримує тісні зв'язки з галузевими науково-дослідними установами та закладами вищої освіти України, які розробляють та впроваджують науково обґрунтовані сівозміни у сучасних системах землеробства. Користується повагою і заслуженим авторитетом серед співробітників.

За плідну наукову діяльність П.І. Бойка відзначено низкою державних нагород та громадських відзнак. Зокрема, 7-ма медалями, серед яких: бронзова ВДНГ «За досягнуті успіхи в розвитку народного господарства СРСР» (1974 р.), «В пам'ять 1500-ліття Києва» (1984 р.), «Ветеран труда» (1985 р.), «Почесна відзнака Української академії аграрних наук» (2009 р.).

За вагомих особистий внесок у розвиток вітчизняної науки, зміцнення науково-технічного потенціалу України, багаторічну сумлінну працю та високий професіоналізм йому присвоєно почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України» (2015 р.), призначено Довічну державну стипендію видатних діячів науки України (2017 р.).

Життєвий шлях та творчі досягнення П.І. Бойка є справжнім прикладом для всіх його колег та численних учнів. Від щирого серця побажаємо Петру Івановичу – компетентному й мудрому фахівцеві, надзвичайно відданому своїй праці, гарному сім'янину, який вміє вислухати та поради, пожартувати й захистити, бути вимогливим і добродушним водночас, а також патріоту, відданому своїй рідній Україні найціннішого у житті людини – міцного здоров'я і довголіття, щастя та сімейного затишку, достатку й подальших успіхів на науковій і життєвій ниві!

Коваленко Н. П.,
доктор історичних наук,
старший науковий співробітник,
старший науковий співробітник
ІФРГ НАН України;

Цимбал Я. С.,
кандидат сільськогосподарських наук,
завідувач відділу сівозмін і землеробства на
меліорованих землях ННЦ «ІЗ НААН»
та колектив ННЦ «ІЗ НААН»,
редколегія журналу «Землеробство та
рослинництво: теорія і практика».

Наукове видання

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

науково-теоретичний журнал

Випуск 2 (12) 2024

Підписано до друку 17.06.2024.
Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 14,2.
Обл.-вид. арк. 13,5.
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.