

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ

**ПЕРЕДГІРНЕ ТА ГІРСЬКЕ
ЗЕМЛЕРОБСТВО
І ТВАРИННИЦТВО**

МІЖВІДОМЧИЙ ТЕМАТИЧНИЙ НАУКОВИЙ ЗБІРНИК

Заснований у 1967 р.

Випуск 72

Частина 2



*Видавництво
Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН
Оброшине 2022*

УДК 631.636

Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2022. Вип. 72 (2)

ISSN 0130-8521

*Рекомендовано до друку вченою радою Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН, протокол № 12 від 27 грудня 2022 р.*

Редакційна колегія:

Влізло В. В., Державний науково-дослідний контрольний інститут ветеринарних препаратів та кормових добавок, Україна, відповідальний редактор

Коник Г. С., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна, заступник відповідального редактора

Седіло Г. М., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна, заступник відповідального редактора

Панахид Г. Я., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна, відповідальний секретар

Бойко П. І., Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», Україна

Вовк С. О., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Волощук О. П., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Дармограй Л. М., Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Україна

Дзюбайло А. Г., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Ільчук Р. В., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Качмар О. Й., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Ковалишин С. Й., Львівський національний університет природокористування, Україна

Лихочвор В. В., Львівський національний університет природокористування, Україна

Марунек М., Інститут тваринництва, Чеська Республіка

Останів Д. Д., Інститут біології тварин НААН, Україна

Петриченко В. Ф., Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, Україна

Пілярчик Б., Західнопоморський технологічний університет в м. Щецин, Республіка Польща

Рівіс Й. Ф., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Стасів О. Ф., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Федак Н. М., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

Чернявська-Пятковська Є., Західнопоморський технологічний університет в м. Щецин, Республіка Польща

Шувар І. А., Львівський національний університет природокористування, Україна

Адреса редколегії:

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН,

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине

Львівського р-ну Львівської обл., 81115.

Тел./факс +38 (032) 227 97 33, e-mail: inagrokarpat@isgkr.com.ua

© Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН, 2022

NATIONAL ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF AGRICULTURE
OF CARPATHIAN REGION

**FOOTHILL AND MOUNTAIN
AGRICULTURE
AND STOCKBREEDING**

INTERDEPARTMENTAL THEMATIC SCIENTIFIC COLLECTION

Since 1967

Volume 72

Issue 2

Obroshyne 2022

UDC 631.636

Foothill and mountain agriculture and stockbreeding. 2022. V. 72 (2)

ISSN 0130-8521

Recommended for publication by the Academic Council of Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Protocol № 12 of December 27, 2022.

Editorial board:

Vlizlo V. V., Academician of NAAS, State Scientific-Research Control Institute of Veterinary Medicinal Products and Feed Additives, Ukraine, editor-in-chief

Konyk H. S., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine, deputy of editor-in-chief

Sedilo H. M., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine, deputy of editor-in-chief

Panakhud H. Ya., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine, executive secretary

Boiko P. I., National Scientific Center "Institute of Agriculture of NAAS", Ukraine

Vovk S. O., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Voloshchuk O. P., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Darmohray L. M., Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Dziubailo A. H., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Ilchuk R. V., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Kachmar O. Y., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Kovalyshyn S. Y., Lviv National University of Nature Management, Ukraine

Lykhhochvor V. V., Lviv National University of Nature Management, Ukraine

Marounek M., Institute of Animal Science, Czech Republic

Ostapiv D. D., Institute of Animal Biology of NAAS, Ukraine

Petrychenko V. F., Institute of Feed and Agriculture of Podillya NAAS, Ukraine

Pilyarchik B., West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland

Rivis Y. F., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Stasiv O. F., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Fedak N. M., Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, Ukraine

Czerniawska-Piątkowska E., West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland

Shuvar I. A., Lviv National University of Nature Management, Ukraine

Editorial board address:

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS,

st. Grushevskogo, 5, Obroshyne village,

Lviv district, Lviv region, 81115.

Tel./fax +38 (032) 227 97 33, e-mail: inagrokarpat@isgkr.com.ua

© Institute of Agriculture
of Carpathian Region of NAAS, 2022

ЗМІСТ

CONTENT

ЗЕМЛЕРОБСТВО
І РОСЛИНИЦТВОAGRICULTURE
AND PLANT GROWING

*Качмар О. Й., Дубицька А. О.,
Щерба М. М., Саверин І. В.,
Таравська О. В., Вовк А. І.,
Котик З. О.*

Перерозподіл елементів
живлення сірого лісового
грунту під зерновими
культурами в короткоро-
таційних сівозмінах
за різних систем удобрення..... 8

*Kachmar O. Y., Dubytska A. O.,
Shcherba M. M., Saveryn I. V.,
Taravska O. V., Vovk A. I.,
Kotyk Z. O.,*

Redistribution of nutrient
elements of gray forestal soil
under grain crops
in short-rotation crop rotations
under different
fertilization systems

Коваль А. В.
Вплив добрив
на динаміку розвитку
сортів картоплі
різних груп стиглості..... 25

Koval A. V.
The influence of fertilizers on
the dynamics of the development
of potato varieties of different
maturity groups

*Рудавська Н. М., Коник Г. С.,
Шувар А. М., Беген Л. Л.,
Тимчишин О. Ф., Дорота Г. М.*
Формування
продуктивності бінарних
і одновидових ценозів
в умовах Лісостепу Західного... 47

*Rudavska N. M., Konyk H. S.,
Shuvar A. M., Behen L. L.,
Tymchyshyn O. F., Dorota H. M.*
Formation of productivity
of binary and single-species
cenosis in the conditions of the
Western Forest-Steppe

*Сендецький В. М., Шувар І. А.,
Мельничук Т. В.,
Чернишенко О. Я.,
Шевченко Т. В.*
Формування продуктивності
гібридів соняшнику за
застосування регуляторів
росту рослин..... 64

*Sendetskyi V. M., Shuvar I. A.,
Melnychuk T. V.,
Chernyshenko O. Ya.,
Shevchenko T. V.*
Productivity formation
of sunflower hybrids
with the use of plant
growth regulators

<i>Ващишин О. А., Біловус Г. Я., Яцук К. І., Пристацька О. Н.</i>	<i>Vashchyshyn O. A., Bilovus H. Ya., Yatsukh K. I., Prystatska O. N.</i>
Розвиток антракнозу льону в умовах Західного Лісостепу України за зміни клімату.....	Development of flax anthracnose in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraineat climate changes
	83
<i>Вергунов В. А.</i>	<i>Verhunov V. A.</i>
Стан та перспективи розвитку інноваційної діяльності в системі аграрної науки.....	Status and prospects for the development of innovation activities in the system ofthe agricultural science
	100
<i>Вишневська О. В., Дмитренко В. П., Захарчук Н. А., Левківський І. В.</i>	<i>Vyshnevskya O. V., Dmytrenko V. P., Zakharchuk, N. A., Levkivskiy I. V.</i>
Урожайність насіннєвої картоплі та накопичення вірусної інфекції залежно від застосування препарату на основі мінеральної олії SunSpray11E та десикації картоплиння.....	The yield of seed potatoes and the accumulation of virus infection depends on the application of the preparation based on mineral oil and the desiccationof the potato liquid
	125

ТВАРИННИЦТВО

STOCKBREEDING

<i>Гринів М. В., Тринів І. В., Дармограй Л. М.</i>	<i>Hryniv M. V., Tryniv I. V., Darmohrai L. M.</i>
Перетравність поживних речовин в організмі та інтенсивність росту молодняку кролів за використання зерна тритикале у раціонах.....	Digestibility of nutrients in the body and growth intensity of young rabbits using triticale grainin feed rations
	139
<i>Дмитроца А. І.</i>	<i>Dymyrotsa A. I.</i>
Гематологічні інгредієнти і активність трансаміназ у сироватці крові поросних свиноматок залежно від мікроклімату приміщень.....	Hematological indicators and activity of transaminases in the blood serum of farrow sows depending on the microclimateof the premises
	153

*Рівіс Й. Ф., Постоєнко В. О.,
Стасів О. Ф., Саранчук І. І.,
Клим О. Я., Дяченко О. Б.,
Стадницька О. І., Федак В. Д.,
Гопаненко О. О.*

Коефіцієнти переходу важких металів і вміст аніонних жирних кислот у бджолиному обніжжі (пилку рослин) у різних природних зонах Карпатського регіону.....

164

*Rivis Y. F., Postoienko V. O.,
Stasiv O. F., Saranchuk I. I.,
Klym O. Ya., Diachenko O. B.,
Stadnytska O. I., Fedak V. D.,
Hopanenko O. O.*

Heavy metals transition coefficients and anionic fatty acid content in bee pollen (plant pollen) in different natural areasof the Carpathian region

*Руденко Є. В., Ткачов А. В.,
Тришин О. К., Чигринов Є. І.,
Марченко В. А.*

Ефективність застосування експериментального препарату для тварин на основі олійних розчинів наноалмазів детонаційного синтезу, модифікованих β -каротином....

186

*Rudenko Ye. V., Tkachov A. V.,
Tryshyn O. K., Chyhrynov Ye. I.,
Marchenko V. A.*

Effectiveness of the usage of an experimental preparation for animals based on oil solutions of nanodiamonds of detonation synthesis, modifiedwith β -carotene

ЗЕМЛЕРОБСТВО І РОСЛИННИЦТВО

DOI: 10.32636/01308521.2022-(72)-2-1

UDC 631.582:633.1:631.81

O. Y. KACHMAR¹, A. O. DUBYTSKA¹, candidates of agricultural sciences

M. M. SHCHERBA¹, I. V. SAVERYN¹, researchers

O. V. TARAVSKA¹, senior specialist

A. I. VOVK², Z. O. KOTYK², candidates of technical sciences

¹Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Hrushevskoho street, 5, v. Obroshyne, Lviv district, Lviv region,

81115, e-mail: oksanaostrowska@ukr.net

²Lviv Polytechnic National University

Karpinskoho street, 6, Lviv, 79013, e-mail: andrii.i.vovk@lpnu.ua

REDISTRIBUTION OF NUTRIENT ELEMENTS OF GRAY FORESTAL SOIL UNDER GRAIN CROPS IN SHORT-ROTATION CROP ROTATIONS UNDER DIFFERENT FERTILIZATION SYSTEMS

In the conditions of short-rotation crop rotations, the influence of fertilization systems and precursors on the nutrient regime of grey forestal soil under winter wheat and spring barley was investigated.

It was established that the highest content of nutrients under winter wheat and spring barley is formed in the conditions of the traditional fertilization system. During the direct application of 40 t/ha of manure to winter wheat in combination with mineral fertilizers in a dose of N₆₀P₉₀K₉₀ in the phase of vegetation recovery of the crop in the arable layer of the grain crop rotation, the concentration of alkaline hydrolyzable nitrogen compounds was 13.51 mg kg⁻¹ of soil, mobile forms of phosphorus and potassium were 14.20 and 12.00 mg kg⁻¹ of soil. By the application under spring barley of the complex N₆₀P₆₀K₆₀ + byproducts of the precursor of winter wheat in the grain-forage and N₆₀P₆₀K₆₀ in the crop rotation in the seedling phase, 12.34-12.40 mg kg⁻¹ of soil alkaline hydrolysis nitrogen was formed, 12.72-12.81 and 11.28-11.44 mg kg⁻¹ of the soil of mobile forms of phosphorus and potassium

Higher values of mobile compounds of the main nutrients of plants under winter wheat are formed after the precursors meadow clover and peas. The lowest values are observed in repeated sowings: in the phase of recovery of crop vegetation on unfertilized variants in crop rotation with the predecessor of meadow clover the content of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium amounted to 10.81, 10.93 and 9.71 mg kg⁻¹ of soil, in grain with a predecessor of peas it was 10.72, 11.11 and 10.19 mg kg⁻¹ of soil, in repeated sowings of winter wheat in grain rotation 10.19, 10.86 and 9.79 mg kg⁻¹ of soil.

Before the end of the vegetation season of winter wheat and spring barley, the content of nutrients decreased and equalized by the absolute intervariant values

© Kachmar O. Y., Dubytska A. O.,

Shcherba M. M., Saveryn I. V.,

Taravska O. V., Vovk A. I., Kotyk Z. O., 2022

due to their use by plants for growth, development and crop formation.

The use of organo-mineral fertilization systems ensured an increase in the level of provision of the soil environment with organic substances. Under the alternative fertilization system, the amount of by-products after meadow clover was 8.20-9.00 t/ha, corn for grain – 6.74 t/ha, winter wheat – 4.63-5.25 t/ha, and with growing it in repeated crops – 5.06-5.27 t/ha. Potatoes grown under an alternative fertilization system in crop rotation formed 2.43-2.56 t/ha, and buckwheat – 2.86 t/ha of by-products. Under the traditional fertilization system, this indicator was the highest among all cultivated crops.

Keywords: short-rotation crop rotations, winter wheat, spring barley, fertilization systems, nutrients, plant residues.

**Качмар О. Й.¹, Дубицька А. О.¹, Щерба М. М.¹, Саверин І. В.¹,
Таравська О. В.¹, Вовк А. І.², Котик З. О.²**

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

²Національний університет «Львівська політехніка»

Перерозподіл елементів живлення сірого лісового ґрунту під зерновими культурами в короткоротаційних сівозмінах за різних систем удобрення

В умовах короткоротаційних сівозмін досліджено вплив систем удобрення та попередників на поживний режим сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим.

Встановлено, що найвищий вміст елементів живлення під пшеницею озимою та ячменем ярим формується в умовах традиційної системи удобрення. За безпосереднього внесення під пшеницю озиму 40 т/га гною в поєднанні мінеральними добривами в дозі $N_{60}P_{90}K_{90}$ у фазі відновлення вегетації культури в орному шарі зернової сівозміни концентрація сполук легкогідролізного азоту становила 13,51 мг kg^{-1} ґрунту, рухомих форм фосфору й калію – 14,20 й 12,00 мг kg^{-1} ґрунту; від застосування під ячмінь ярий комплексу $N_{60}P_{60}K_{60}$ + побічна продукція попередника пшениці озимої в зерно-кормовій та $N_{60}P_{60}K_{60}$ у плодозмінній сівозміні у фазі сходів формувалося 12,34–12,40 мг kg^{-1} ґрунту легкогідролізного азоту, 12,72–12,81 й 11,28–11,44 мг kg^{-1} ґрунту рухомих форм фосфору й калію.

Вищі значення рухомих сполук основних елементів живлення рослин під пшеницею озимою формуються після попередників конюшина лучна й горох, найнижчі показники спостерігаються в повторних посівах: у фазі відновлення вегетації культури на неудобрених варіантах у плодозмінній сівозміні з попередником культури конюшина лучна вміст рухомих форм азоту, фосфору й калію становив 10,81; 10,93 й 9,71 мг kg^{-1} ґрунту, у зерновій з попередником горох – 10,72; 11,11 й 10,19 мг kg^{-1} ґрунту, у повторних посівах пшениці озимої в зерновій сівозміні – 10,19; 10,86 й 9,79 мг kg^{-1} ґрунту.

До закінчення вегетації пшениці озимої та ячменю ярого вміст елементів живлення знижувався і вирівнювався за абсолютними міжваріантними значеннями внаслідок використання їх рослинами для росту, розвитку й формування врожаю.

Застосування органо-мінеральних систем удобрення збільшувало рівень забезпеченості ґрунтового середовища органічними речовинами. За альтернативної системи удобрення кількість побічної продукції після конюшини лучної була 8,20–9,00 т/га, кукурудзи на зерно – 6,74 т/га, пшениці озимої – 4,63–5,25 т/га, а при її вирощуванні в повторних посівах – 5,06–5,27 т/га. Картопля, вирощена за альтернативної системи удобрення у сівозміні, формувала 2,43–2,56 т/га, а гречка – 2,86 т/га побічної продукції. За традиційної системи удобрення цей показник був найвищим за всіма вирощуваними культурами.

Ключові слова: короткоротаційні сівозміни, пшениця озима, ячмінь ярий, системи удобрення, елементи живлення, рослинні рештки.

Introduction. An important condition for the efficient management of agricultural production, the achievement of the highest possible level of realization of the productive potential of agricultural crops and the obtaining of significant values of ecologically and economically reasonable yields is the provision of high soil fertility during the entire vegetation period of plants, which is determined by a complex of water-physical, agrochemical and microbiological properties [2, 8, 17, 18, 26]. Agrochemical characteristics depend on the intensity of the soil processes of accumulation, destruction, synthesis and transformation of substances and determine the nutrient regime of the soil environment, the main management measures of which are the implementation of scientifically based crop rotations and the use of organo-mineral fertilization systems [3, 10, 14, 30, 33].

In crop rotation, the genetically determined productive capacity of soils and the yield potential of agricultural plants are most fully implemented, it determines the systems of fertilization, mechanical tillage and protection of crops from weeds, pests and pathogens, ensures the natural supply of plant residues, which contribute to the return to the soil environment of significant parts of macro- and microelements, serve as energy material for soil microflora, determine the biogenicity of soils and their humus content [1, 6, 13, 15, 16, 25, 36].

Organo-mineral fertilizer complexes based on both traditional (cattle manure) and alternative (plant by-products, post-harvest siderates) components have the highest effect on optimizing the nutrient regime of soils, the accumulation of water-soluble and exchangeable forms of the main nutrients, and the transformation of the biological substrate [4, 5, 7, 28, 37].

With their use, a special trophic environment is formed in the soil, which stabilizes the organic colloidal complex, and increases the proportion of its saturation with exchangeable forms of nutrients. Mineralization of organic matter introduced into the soil environment by microbial cenosis, and involvement of its decay products in the biological cycles of the

circulation of substances contributes to the improvement of agrochemical indicators, as well as a higher level of supply of plants with nutrients [12, 24, 29, 31, 34, 35].

This is extremely important in the development of fertilization systems, since in conditions of high anthropogenic loads on the soil, with the harvest occurs a significant alienation of part of the created organic matter, and therefore of the nutrients and energy contained in it, which, in turn, leads to less bioproductivity of agrocenosis [27, 32].

Therefore, the management of the nutritional regime of plants involves the introduction of rational, balanced fertilization systems that would meet the needs of crops in nutrients throughout the growing season, contribute to their return to the soil with plant residues, restore soil reserves and ecological balance in agricultural landscapes [9, 11, 18, 19].

Materials and methods. The research was conducted during 2016-2020 at the experimental ground of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region, which is located in the village Stavchany of Lviv district, Lviv region. The study was carried out in the conditions of a two-factor stationary experiment, which has the status of long-term and entered into the Register of stationary experiments of Ukraine (certificate number – 053). The experiment was established in 2001 on grey forestal surface-gleyed soil. The number of researched factors is 2 (areas of the first order – systems of short-rotation crop rotations, second – fertilization systems).

The experiment studies 9 different field crop rotations (3-4-5-field) with saturation with grain crops (s.g.c.) from 50% to 100%, on the options of using traditional (combination of mineral fertilizers and manure) and alternative (combination of mineral fertilizers, straw, harvest siderates) organo-mineral fertilization systems and without fertilization (control). The experimental data covered in this article were obtained from seven crop rotations of the experiment: 1) peas – winter wheat – winter wheat – oats (four-field grain, 100% s.g.c.); 2) peas – winter wheat – corn (grain) – oats (four-field grain, 100% s.g.c.); 3) meadow clover – winter wheat – winter wheat – spring barley + meadow clover (four-field grass-grain, 75% s.g.c.); 4) meadow clover – winter wheat – potato – spring barley + meadow clover (four-field crop rotation, 50% s.g.c.); 5) buckwheat – winter wheat – potato – spring barley (four-field grain-weed removing, 75% s.g.c.); 6) corn (green mass) – winter wheat – buckwheat – soybean – winter wheat (five-field grain-weed removing, 80% s.g.c.); 9) winter wheat – winter wheat – fodder beans (triple-field, 66% s.g.c.). In the traditional system of fertilization on the background of manure (40 tons once per crop rotation under weed removing crops, and in the 1st and 3rd crop rotations – under winter wheat in repeated sowings), mineral fertilizers were applied in the dose: under

winter wheat $N_{60}P_{90}K_{90}$, spring barley – $N_{60}P_{60}K_{60}$, oats – $N_{40}P_{40}K_{40}$, buckwheat – $N_{60}P_{60}K_{60}$, peas – $N_{45}P_{45}K_{45}$, soy – $N_{45}P_{45}K_{45}$, potatoes – $N_{90}P_{90}K_{90}$, corn – $N_{120}P_{100}K_{100}$. In an alternative system with half doses of mineral fertilizers on the background of ploughing all the by-products (bp.) of the cultivated crops once per rotation, oil radish was sown post-harvest as siderate (under the same crops where manure was applied in the traditional system, at the same time, full doses of mineral nutrition were applied). In the three-field crop rotation, one (mineral) fertilizer system was applied with $N_{60}P_{90}K_{90}$ for winter wheat, and $N_{45}P_{45}K_{45}$ for fodder beans. The options were repeated three times, the location was consecutive. The total area of the site according to the crop rotation factor was 864 m² (72 m x 12 m), by fertilizer: total area 96 m² (12 m x 8 m), accounting area – 60 m² (10 m x 6 m). The introduction of crops into the crop rotation was carried out simultaneously on all fields.

The influence of fertilization systems on changes in the nutritional regime was studied under winter wheat of the Poliska 90 variety, spring barley of the Kniazhyi variety.

The soil of the experimental plots – gray forestal surface-gleyed coarse dusty light-loamy with the following agrochemical properties (before the experiment): humus content 1.67-1.71%, the number of absorbed bases 4.4-5.0 mg-eq kg⁻¹ of soil, easily hydrolyzable nitrogen 9.2-9.9, mobile phosphorus and exchangeable potassium 10.8-11.13 and 9.3-9.5 mg kg⁻¹ soil, respectively. The reaction of the soil solution is pH_{KCl} 4.70-4.84, hydrolytic acidity 2.26 mg-eq kg⁻¹ of soil.

The selection of soil samples of experimental variants and their preparation for laboratory and analytical work was carried out in accordance with DSTU 4287:2004 [22] and DSTU ISO 11464-2001 [23]. The following soil samples were determined: easily hydrolyzable nitrogen – according to Kornfield (DSTU 7863:2015) [20]; mobile phosphorus and exchangeable potassium according to Kirsanov (DSTU 4405:2005) [21].

The values of the listed indicators were determined from the arable (0-20 cm) and sub-arable (20-40 cm) layers for five years (2016-2020) in 3 repetitions and in 2 analytical parallels (in general for each of the layers, n = 30).

In the conducted research, general scientific and special research methods were used. With the help of a field experiment, data on the variability of nutrients under the influence of agrotechnological factors were obtained; by the laboratory-analytical methods – quantitative characteristics of the redistribution of mobile compounds of nitrogen, phosphorus and potassium in the soil environment were established; by the calculation-comparative methods – the number of changes in the studied indicators was

substantiated.

Results and discussion. The nutritional regime is an important factor in increasing the production process of agricultural crops and an ecological indicator of maintaining soil fertility [3, 8, 25]. In order to ensure high yields of agricultural crops, it is extremely important to provide them with a sufficient amount of nutrients during the entire growing season. In different periods of life and development, plants need different amounts of them. Conditionally, this need can be represented parabolically: in the initial phenological phases and during ripening, it is smaller, and during the time interval of active growth and development of the plant, it gradually increases, approaching the peak during the formation of fruits, and then gradually decreases as they ripen.

Therefore, it is important to study the impact of agrotechnological factors on the dynamics of mobile compounds of nitrogen, phosphorus and potassium as the main elements of plant nutrition.

The studies conducted under the conditions of a stationary experiment under winter wheat established (Table 1) that at the time of sowing the crop in the arable layer on the control variants, the highest values of easily hydrolyzable nitrogen were in the crop rotation with the predecessor meadow clover (10.38 mg kg⁻¹ soil) and in grain rotation after the predecessor of peas (10.31 mg kg⁻¹ soil). The maximum availability of mobile forms of phosphorus on unfertilized variants was observed in grain-weed removing crop rotations: after buckwheat (10.89 mg kg⁻¹ of soil) and after soybeans (10.72 mg kg⁻¹ of soil). Without the use of fertilizers, a higher level of plant-available forms of potassium was noted in the grain-weed removing rotation after the predecessor of soybeans (9.88 mg kg⁻¹ of soil) and in the grain rotation after peas (9.80 mg kg⁻¹ of soil). In the phase of recovery of winter wheat vegetation on the background (unfertilized) variants, the best nutritional regime was formed in the crop rotation with the precursor of meadow clover culture (the content of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium was 10.81, 10.93 and 9.71 mg kg⁻¹ of soil) and in grain rotation with a predecessor of peas (by the nutrients, 10.72, 11.11 and 10.19 mg kg⁻¹ of soil). The lowest values of the nutritional regime (10.19, 10.86 and 9.79 mg kg⁻¹ of soil) were in grain rotation in repeated sowings of winter wheat.

1. Dynamics of the nutrient regime of the soil under winter wheat by the phases of vegetation, mg/100 g of soil, 2016-2020.

Winter wheat fertilizer	Soil layer, cm	Time of soil sampling																				
		Before sowing					Vegetation recovery					Complete maturity										
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11												
Grains, the predecessor – peas (100 % s.g.c.)																						
control	0-20	10.31	10.65	9.80	10.72	11.11	10.19	9.47	10.25	9.22												
	20-40	9.23	9.90	8.72	9.60	10.29	8.98	8.44	9.54	8.22												
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	11.81	12.49	11.31	12.79	13.42	11.71	10.76	11.55	10.13												
	20-40	10.16	11.41	9.93	11.01	11.95	10.36	9.27	10.54	8.97												
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + bp	0-20	11.05	11.45	10.49	11.87	12.37	10.72	9.90	10.51	9.46												
	20-40	9.89	10.41	9.64	10.61	11.04	10.06	9.05	9.67	8.72												
Grains, the predecessor – winter wheat (100 % s.g.c.)																						
control	0-20	9.67	10.56	9.51	10.19	10.86	9.79	8.88	10.12	8.92												
	20-40	8.56	9.80	8.36	9.30	10.22	8.60	7.76	9.44	7.85												
Manure, 40 t/ha + N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	12.58	13.09	11.73	13.51	14.20	12.00	11.25	12.29	10.58												
	20-40	10.69	11.74	10.36	11.49	12.73	10.60	9.52	11.13	9.38												
Siderate + N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ + bp	0-20	11.87	12.04	11.30	12.96	13.28	11.65	10.59	11.27	10.31												
	20-40	10.41	11.22	10.24	11.28	12.20	10.41	9.45	10.58	9.30												
Crop rotation, the predecessor – clover (50 % s.g.c.)																						
control	0-20	10.38	10.49	9.38	10.81	10.93	9.71	9.74	10.05	8.78												
	20-40	9.27	9.76	8.27	9.67	10.15	8.47	8.48	9.39	7.77												
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	11.93	12.39	11.12	13.09	13.31	11.34	10.88	11.45	9.90												
	20-40	10.25	11.26	9.74	11.12	11.87	10.11	9.34	10.47	8.79												
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	0-20	11.09	11.38	10.40	12.13	12.29	10.55	10.00	10.43	9.33												
	20-40	9.95	10.33	9.50	10.66	11.00	9.71	9.07	9.58	8.61												

Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Grain-weed removing, the predecessor – buckwheat (75 % s.g.c.)										
control	0-20	9.95	10.89	9.67	10.51	11.40	9.98	9.18	10.42	9.13
	20-40	8.83	10.08	8.55	9.43	10.47	8.79	8.09	9.76	8.07
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	11.27	12.71	11.21	12.27	13.70	11.51	10.29	11.84	10.06
	20-40	9.89	11.45	9.85	10.68	12.10	10.19	9.12	10.77	8.90
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + bp.	0-20	10.51	11.62	10.46	11.44	12.58	10.62	9.52	10.77	9.42
	20-40	9.60	10.53	9.56	10.39	11.25	9.80	8.83	9.91	8.70
Grain-weed removing, the predecessor – corn (80 % s.g.c.)										
control	0-20	9.83	10.38	9.28	10.40	10.92	9.63	9.06	10.05	8.67
	20-40	8.69	9.64	8.19	9.36	10.15	8.40	7.97	9.43	7.70
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	11.26	12.30	10.97	12.17	13.17	11.25	10.16	11.47	9.80
	20-40	9.91	11.15	9.63	10.57	11.83	10.00	9.01	10.49	8.70
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	0-20	10.59	11.28	10.30	11.35	12.25	10.45	9.42	10.44	9.26
	20-40	9.64	10.29	9.40	10.30	10.89	9.64	8.73	9.58	8.48
Grain-weed removing, the predecessor – soy (80 % s.g.c.)										
control	0-20	10.18	10.72	9.88	10.60	11.25	10.34	9.35	10.32	9.36
	20-40	9.15	9.90	9.10	9.53	10.38	9.30	8.36	9.64	8.63
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	11.51	12.58	11.35	12.47	13.51	11.78	10.46	11.71	10.25
	20-40	10.01	11.37	10.00	10.79	11.98	10.44	9.19	10.68	9.06
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + bp.	0-20	10.67	11.54	10.58	11.72	12.48	10.83	9.77	10.67	9.54
	20-40	9.69	10.47	9.69	10.49	11.17	10.15	8.94	9.82	8.80
Grains, the predecessor – winter wheat (100 % s.g.c.)										
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	11.17	12.38	11.11	12.07	13.32	11.71	9.76	11.31	9.65
	20-40	9.73	11.20	9.76	10.42	11.86	10.23	8.65	10.39	8.48

Thus, without the imposition of fertilization systems, the highest values of the main indicators of effective fertility are provided by the predecessor of meadow clover in the crop rotation and peas in the grain crop rotation.

The use of fertilization systems ensured a significant increase in the values of the nutritional regime. The highest content of nutrients in the phase of crop vegetation recovery was observed under the conditions of the traditional system when 40 t/ha of manure and mineral fertilizers in a dose of $N_{60}P_{90}K_{90}$ were directly applied under winter wheat. In the arable layer in the grain crop rotation, the concentration of easily hydrolyzable nitrogen compounds was 13.51 mg kg^{-1} of soil, mobile forms of phosphorus and potassium – 14.20 and 12.00 mg kg^{-1} of soil. When combining a complex alternative organic component (green mass of oil radish on the background of by-products of winter wheat) and $N_{60}P_{90}K_{90}$, the content of nutrients available to plants in the soil environment was lower and amounted to 12.96 , 13.28 and 11.65 mg kg^{-1} of the soil, respectively, mobile compounds of nitrogen, phosphorus and potassium (alternative fertilization system).

Applying mineral fertilizers directly under winter wheat, and the organic component under another crop of the crop rotation, i. e. at a distance in time, formed a nutritional regime at a lower concentration level in all studied crop rotations. The range of variability of the content of easily hydrolyzable nitrogen was 12.17 - 13.09 mg kg^{-1} of soil, mobile forms of phosphorus and potassium – 13.17 - 13.70 and 11.25 - 11.78 mg kg^{-1} of soil, respectively.

Before the end of the vegetation season of winter wheat, the content of nutrients decreased and leveled off in terms of absolute intervariant values due to their use by plants for growth, development and crop formation, and in the phase of full maturity of the crop in the control variants of crop rotation, it was 8.88 - 9.74 mg kg^{-1} of easily hydrolyzable soil of nitrogen, 10.05 - 10.42 and 8.67 - 9.36 mg kg^{-1} of soil mobile compounds of phosphorus and potassium, respectively 10.16 - 11.25 , 11.45 - 12.29 and 9.80 on fertilized – 10.58 mg kg^{-1} soil (traditional fertilization system) and 9.42 - 10.59 , 10.43 - 11.27 and 9.26 - 10.31 mg kg^{-1} soil (alternative fertilization system).

Observations of the dynamics of the nutritional regime during the growing season of spring barley grown in two crop rotations showed that the highest content of plant nutrients was at the time of crop emergence (Table 2). On unfertilized variants, the following concentration levels were observed: 9.70 mg kg^{-1} soil of easily hydrolyzable nitrogen, 10.79 mg kg^{-1} mobile forms of phosphorus and 9.81 mg kg^{-1} soil mobile compounds of potassium in the grain-forage crop rotation and, respectively, 9.76 , 10.63

and 9.64 mg kg⁻¹ of soil in the crop rotation. On variants of the traditional fertilization system, when N₆₀P₆₀K₆₀ was applied to the crop during two crop rotations, 12.34-12.40 mg kg⁻¹ of easily hydrolyzable nitrogen was formed, 12.72-12.81 and 11.28-11.44 mg kg⁻¹ of mobile soil forms of phosphorus and potassium. Under the conditions of an alternative fertilization system, when N₃₀P₃₀K₃₀ was applied on the background of by-products of winter wheat in the grain-forage crop rotation and N₃₀P₃₀K₃₀ in the crop rotation, 11.27-11.31 mg kg⁻¹ of easily hydrolyzable nitrogen accumulated in the soil, 11.47-11.64 and 10, 86-11.03 mg kg⁻¹ of the soil of mobile compounds of phosphorus and potassium.

During the vegetation season of spring barley, the content of nutrients in the soil decreased as a result of their use by plants for growth, development and crop formation. The lowest values of plant nutrients were observed in the phase of full maturity of the crop and amounted to 8.83-8.89 mg kg⁻¹ of easily hydrolyzable nitrogen soil, 9.65-9.78 and 8.96-9.06 mg kg⁻¹ of phosphorus and potassium compounds available to plants in the soil on unfertilized backgrounds. In the variants of application of organo-mineral fertilization systems, their amount was 10.04-10.7 mg kg⁻¹, 11.16-11.25 mg kg⁻¹ and 9.59-9.70 mg kg⁻¹ and 9.27-9.40, 10.10-10.18 and 9.27-9.38 mg kg⁻¹ of soil.

Scientific studies have proven that plant residues of agricultural crops are an important factor influencing the nutrient regime and redistribution of organic substances in the soil [29, 27]. During their mineralization, a significant part of nitrogen, phosphorus and potassium, used by plants from fertilizers and soil, is returned to the soil. The amount of plant residues that accumulate in the soil depends on the range of crops grown in crop rotations, their productivity, biological and morphological features, weather conditions and nutrition levels.

As the results of our research showed (Table 3), in the variants without fertilizer application, the highest amount of plant residues accumulated in the soil after meadow clover (7.60-8.00 t/ha), corn for grain (5.15 t/ha) and winter wheat (3.97-4.45 t/ha). When sowing winter wheat in repeated sowings, this indicator was lower – 3.82-3.91 t/ha. The least amount of organic matter entered the soil after potatoes (1.41-1.46 t/ha) and buckwheat (2.55 t/ha).

The use of organo-mineral fertilization systems ensured an increase in the provision of the soil environment with organic substances. Under the alternative fertilization system, the number of by-products after meadow clover was 8.20-9.00 t/ha, corn for grain – 6.74 t/ha, winter wheat – 4.63-5.25 t/ha, and with growing it in repeated crops – 5.06-5.27 t/ha.

2. Dynamics of the nutritional regime under spring barley by the phases of vegetation, mg/100 g of soil, average for 2016–2020.

Spring barley fertilizer	Soil layer, cm	Time of soil sampling												
		Shoots					Earing					Full ripeness		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Grain-fodder, the predecessor – winter wheat (75% s.g.c.)														
control	0-20	9.70	10.79	9.81	9.18	10.14	9.29	8.89	9.78	9.06				
	20-40	8.76	9.77	8.64	8.20	9.45	8.13	7.72	9.10	7.77				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	12.34	12.81	11.44	10.81	11.64	10.21	10.04	11.25	9.70				
	20-40	11.38	11.66	10.47	9.65	10.68	9.24	8.96	10.31	8.65				
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + bp.	0-20	11.27	11.64	11.03	9.77	10.42	9.73	9.40	10.18	9.38				
	20-40	10.60	10.80	10.19	8.93	9.65	9.02	8.77	9.34	8.54				
Crop rotation, the predecessor – potato (50% s.g.c.)														
control	0-20	9.76	10.63	9.64	9.27	10.00	9.22	8.83	9.65	8.96				
	20-40	8.81	9.69	8.54	8.05	9.38	8.07	7.58	8.09	7.64				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	12.40	12.72	11.28	10.90	11.55	10.07	10.07	11.16	9.59				
	20-40	11.42	11.50	10.36	9.61	10.59	9.10	8.91	10.24	8.56				
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0-20	11.31	11.47	10.86	9.94	10.33	9.60	9.27	10.10	9.27				
	20-40	10.65	10.67	10.07	9.18	9.57	8.90	8.64	9.24	8.42				

3. Accumulation of crop residues by crop rotation, t/ha

Crop rotation/fertilizer per 1 ha of crop rotation area	Cultures					Total per rotation, c/ha	Per 1 ha of arable crop rotation
	Peas	Winter wheat	Winter wheat	Winter wheat	Oat		
Grains, 100% s.g.c.							
-							
N _{51,2} P _{56,7} K _{66,3} + manure	2.81	4.25	3.82	3.66	3.66	14.54	3.64
N _{33,1} P _{44,4} K _{44,4} + bp. + siderate	3.14	5.71	5.90	4.41	4.41	19.15	4.80
Grains, 100 % s.g.c.	2.80	4.70	5.06	3.92	3.92	16.47	4.12
-							
N _{66,2} P _{88,7} K _{68,7} + manure	Peas	Winter wheat	Corn for grain	Oat	Oat	Total per rotation, c/ha	Per 1 ha of crop rotation
N _{48,1} P _{46,9} K _{46,9} + bp. + siderate	2.58	4.10	5.15	3.61	3.61	15.44	3.86
Grain-fodder 75 % s.g.c.	3.12	5.78	7.77	4.60	4.60	21.30	5.33
-	2.80	4.90	6.74	4.14	4.14	18.58	4.64
N _{45,0} P _{60,0} K _{60,0} + manure	Clover	Winter wheat	Winter wheat	Spring barley	Spring barley	Total per rotation, c/ha	Per 1 ha of crop rotation
N _{30,0} P _{41,2} K _{41,2} + bp. + siderate	7.60	4.45	3.91	3.40	3.40	19.36	4.84
Crop rotation, 50 % s.g.c.	9.85	5.80	6.27	5.50	5.50	27.41	6.85
-	8.20	4.90	5.27	4.15	4.15	22.52	5.63
N _{53,5} P _{60,0} K _{60,0} + manure	Clover	Winter wheat	Potatoes	Spring barley	Spring barley	Total per rotation, c/ha	Per 1 ha of crop rotation
N _{37,2} P _{41,2} K _{41,2} + bp. + siderate	8.00	4.34	1.46	3.51	3.51	17.31	4.33
Grain-weed removing, 75 % s.g.c.	11.34	5.97	3.00	4.74	4.74	25.05	6.26
-	9.00	5.25	2.56	4.30	4.30	21.11	5.30
N _{67,5} P _{75,0} K _{75,0} + manure	Buckwheat	Winter wheat	Potatoes	Spring barley	Spring barley	Total per rotation, c/ha	Per 1 ha of crop rotation
N _{45,0} P _{48,7} K _{48,7} + bp + siderate	2.55	3.97	1.41	3.88	3.88	11.81	2.95
-	3.40	5.65	2.88	5.07	5.07	17.00	4.25
	2.86	4.63	2.43	4.60	4.60	14.52	3.63

Potatoes grown under an alternative fertilization system in crop rotation formed 2.43-2.56 t/ha, and buckwheat – 2.86 t/ha of by-products. Under the traditional fertilization system, this indicator was the highest among all cultivated crops. In particular, after meadow clover remained 9.85-11.34 t/ha, corn for grain – 7.77 t/ha, winter wheat – 5.65-5.97 t/ha, winter wheat in repeated sowings – 5.90-6.27 t/ha of organic substances. On the background of this fertilization system, the number of by-products in potatoes and buckwheat increased to 2.88-3.00 t/ha and 3.40 t/ha.

The analysis of the accumulation of plant residues by crop rotation showed that, in general, during the rotation, the largest amount of them entered the soil environment in the grain-forage (19.36-27.41 t/ha) and crop (17.31-25.05 t/ha) rotations, the smallest – in grain-weed removing with 75% saturation with grain crops (11.81-17.00 t/ha). Accordingly, based on the calculation per hectare of crop rotation, this indicator was: 4.84-6.85, 4.33-6.26 and 2.95-4.25 t/ha. The amount of accumulation of plant residues in other crop rotations acquired intermediate values.

Conclusions

The formation of the nutrient regime of the soil under grain crops in short-rotation crop rotations is influenced by the fertilization system and precursors.

Without the introduction of fertilizers during the recovery of winter wheat vegetation, the higher values of the indicators of the nutritional regime are formed in the crop rotation with the precursor of the meadow clover culture (the content of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium was 10.81, 10.93 and 9.71 mg kg⁻¹ of soil) and in grain with a predecessor of peas (according by nutrients, 10.72, 11.11 and 10.19 mg kg⁻¹ of soil); the lowest (10.19, 10.86 and 9.79 mg kg⁻¹ soil) – in grain rotation in repeated sowings of winter wheat.

Accumulation of the highest content of nutrients in the soil takes place on variants of the traditional fertilization system with the application of a fertilized complex with 40 t/ha of manure and mineral fertilizers in a dose of N₆₀P₉₀K₉₀ directly under winter wheat, and N₆₀P₆₀K₆₀ under spring barley.

The largest amount of plant residues accumulate in the soil under the traditional fertilization system after meadow clover (9.85-11.34 t/ha), corn for grain (7.77 t/ha), winter wheat – (5.65-5.97 t/ha), the lowest – after potatoes (2.88-3.00 t/ha) and buckwheat (3.40 t/ha).

The highest level of accumulation of plant residues by crop rotations in the soil environment occurs in grain-fodder (19.36-27.41 t/ha) and crop

(17.31-25.05 t/ha) rotations, the lowest – in grain-weed removing crop with 75% saturation with grain crops (11.81-17.00 t/ha).

Список використаної літератури

1. Бойко П. І. Ефективні різноротаційні сівозміни у сучасному землеробстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 20–32.
2. Гамаюнова В. В., Касаткіна Т. О. Вплив оптимізації живлення ячменю ярого на формування якості зерна в умовах Південного Степу України. *Наукові горизонти*. 2019. № 10 (83). С. 3–12. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9345/1/3-12.pdf> (дата звернення: 04.05.2022).
3. Екологічні аспекти удобрення сільськогосподарських культур / за ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграр. наука, 2019. 264 с.
4. Господаренко Г. М. Система застосування добрив. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 376 с.
5. Ефективність застосування побічної продукції зернових культур на добриво за різних способів обробітку сірого лісового ґрунту / Н. М. Тараріко та ін. *Землеробство*. 2012. Вип. 84. С. 56–62.
6. Єщенко В. О. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 23–27.
7. Заришняк А. С., Цвей Я. П., Іваніна В. В. Оптимізація удобрення та родючості ґрунту в сівозмінах. Київ : Аграрна наука, 2015. 208 с.
8. Камінський В. Ф. Наукові основи оптимізації живлення рослин в сучасних системах землеробства. *Землеробство*. 2018. Вип. 2 (95). С. 3–6.
9. Кірілеско О. Л., Корнійчук О. В. Вплив насичення сівозмін багаторічними травами, заорювання соломи та сидератів на баланс гумусу в ґрунтах. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 77–81.
10. Літвінов Д. В., Борис Н. Е. Зміна органічної речовини та біогенних елементів під культурами у сівозмінах. *Землеробство*. 2018. Вип. 2 (95). С. 14–19.

References

1. Boiko P. I. Effective multi-rotation crop rotations in modern agriculture. *Visnyk poltavskoi derzhavnoi akademii*. 2014. No. 3. P. 20–32.
2. Gamaiunova V. V., Kasatkina T. O. The effect of optimization of spring barley nutrition on the formation of grain quality in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific horizons*. 2019. No. 10 (83). P. 3–12. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9345/1/3-12.pdf>. (date of application: 04.05.2022).
3. Ecological aspects of fertilization of agricultural crops / under the editorship V. V. Volkogon. K.: Agrarian. Science. 2019. 264 p.
4. Hospodarenko H.M. Fertilizer application system. Kyiv: LLC "SIK GRUP UKRAINA". 2018. 376 p.
5. Effectiveness of the use of by-products of grain crops as fertilizer by different methods of processing gray forestal soil / N. M. Tarariko., et al. *«Zemlerobstvo»*. 2012. Issue 84. P. 56–62.
6. Yeshchenko V.O. The role of crop rotation in modern agriculture. *Zemlerobstvo*. 2015. Issue 1. P. 23–27.
7. Zaryshniak A. S., Tsvei Y. P., Ivanina V. V. Optimization of fertilization and soil fertility in crop rotations. K.: Agrarian science. 2015. 208 p.
8. Kaminskyi V. F. Scientific basis of optimization of plant nutrition in modern agricultural systems. *Zemlerobstvo*. 2018. Issue 2 (95). P. 3–6.
9. Kirilesko O. L., Korniihchuk O. V. The influence of saturation of crop rotations with perennial grasses, plowing of straw and siderates on the balance of humus in soils. *Zemlerobstvo*. 2015. Issue 1. P. 77–81.
10. Litvinov D. V., Borys N. E. Changes in organic matter and biogenic elements under crops in crop rotations. *Zemlerobstvo*. 2018. Issue 2 (95). P. 14–19.

11. Мирошніченко М. С. Продуктивність короткоротаційних сівозмін за системи удобрення та обробітку ґрунту. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2019. Вип. 3/4. С. 3–14.
11. Myroshnychenko M. S. Productivity of short-rotational crop rotations under fertilization and tillage systems. *Collection of scientific works of the NSC "Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences"*. 2019. Issue 3-4. P. 32–14.
12. Надточій П. П., Ратошнюк В. І., Ратошнюк Т. М. Вплив добрив і обробітку на якісний стан дерново-підзолистого ґрунту та продуктивність польових культур сівозміни в умовах Житомирського Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5 (818). С. 5–15. DOI: 10.31073/agrovisnyk202105-01.
12. Nadtochiiy V.R., Ratoshnyuk V.I., Ratoshnyuk T.M. The influence of fertilizers and tillage on the quality of sod-podzolic soil and the productivity of field crops of crop rotation in the conditions of Zhytomyr Polissia. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2021. No 5 (818). P. 5–15. DOI: 10.31073/agrovisnyk202105-01
13. Польовий В. М. Оптимізація систем удобрення у сучасному землеробстві. Рівне : Волинські обереги, 2007. 320 с.
13. Polovyi V. M. Optimization of fertilization systems in modern agriculture. Rivne: Volynski oberehy. 2007. 320 p.
14. Потапенко Л. В., Горбаченко Н. І. Вплив систем удобрення та мікробних препаратів на формування поживного режиму дерново-підзолистого ґрунту. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021. Т. 34. С. 53–60. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.53-60>.
14. Potapenko L. V., Horbachenko N. I. (2021). The influence of fertilization systems and microbial preparations on the formation of the nutritional regime of sod-podzolic soil. *Silskohospodarska mikrobiolohiia*. 2021. T. 34, P. 53–60. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.53-60>
15. Продуктивність пшениці озимої в короткоротаційній сівозміні Лівобережного Лісостепу на різних рівнях інтенсифікації / Я. С. Цимбал та ін. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2020. Вип. 1/2. С. 32–41.
15. Productivity of winter wheat in short-rotation crop rotation of the Left-Bank Forest-Steppe at different levels of intensification / Ya.S. Tsymbal, et al. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2020. Issue 1/2. P. 32–41.
16. Продуктивність агрофітоценозів різноротаційних сівозмін у Лівобережному Лісостепу / П. І. Бойко та ін. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 32–37.
16. Productivity of agrophytocenoses of different rotational crop rotations in the Left-Bank Forest-Steppe / P. I. Boiko et al. *Zemlerobstvo*. 2015. Issue 1. P. 32-37.
17. Системи удобрення у землеробстві початку ХХІ століття / за ред. С. А. Балюка і М. М. Мірошніченка. Київ : Альфа-стевія, 2016. 400 с.
17. Fertilization systems of agricultural crops in agriculture at the beginning of the 21st century / Ed. S. A. Baliuk and M. M. Myroshnychenko. K.: Alpha-stevia, 2016.400 p.
18. Тараріко О. Г. Охорона родючості ґрунтів у контексті продовольчої безпеки. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 2. С. 5–9.
18. Tarariko O. H. Protection of soil fertility in the context of food security. *Visnyk ahrarnoi nauky*. No. 2. 2003. P. 5–9.
19. Цвей Я. П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін. Київ : КОМПРИНТ, 2014. 416 с.
19. Tsvei Ya.P. Soil fertility and crop rotation productivity. K.: "COMPRYNТ". 2014. 416 p.
20. Якість ґрунту. Визначення легкогідролізного азоту методом Корнфілда: ДСТУ 7863:2015. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2016. 9 с.
20. Soil quality. Determination of easily hydrolyzable nitrogen by the Kornfield method: DSTU 7863:2015. [Valid from 2016-07-01]. Kyiv: UkrNDNC, 2016. 9 p.
21. Якість ґрунту. Визначення азоту мобільних сполук фосфору і калію методом Кірсанова з модифікацією
21. Soil quality. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Kirsanov method in the modification of

- рухомих сполук фосфору і калію за методом Кірсанова в модифікації ННЦ ПА: ДСТУ 4405:2005. [Чинний від 2005-05-30]. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 18 с.
22. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. [Чинний від 2005-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 9 с. (Національні стандарти України).
23. Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків: ДСТУ ISO 11464-2001. [Чинний від 2002-04-02]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 19 с. (Національні стандарти України).
24. Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research / Kim N. et al. *Soil. Biol. Biochem.* 2020. № 142. P. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107701>
25. Effect of fertiliser on changes in labile and water-soluble forms of humus in short-term rotations / Stasiv, O. et al. *Scientific Horizons.* 2022. 25(4). P. 9-17.
26. Effects of long-term organic fertilization on soil microbiologic characteristics, yield and sustainable production of winter wheat / Li, C.X. et al. *Journal of Integrative Agriculture.* 2018. 17. P. 210-219. doi: 10.17221/60/2020-PSE
27. Gura, I.; Mkeni, P.N.S. Crop rotation and residue management effects under no till on the soil quality of a Haplic Cambisol in Alice, Eastern Cape, South Africa. *Geoderma.* 2019. 337. P. 927–934. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.042>
28. Long-Term Effects of the Use of Organic Amendments and Crop Rotation on Soil Properties in Southeast Spain / Sánchez-Navarro, A. et al. *Agronomy.* 2021. 11. P. 2363. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112363>
29. Performance of an optimized nutrient management system for double-cropped wheat-maize rotations in North-Central China. / He, P. et al. *Agron. J.* 2009. 101. P. 1489–1496. doi.org/10.2134/agronj2009.0099
30. Rotation and Fertilization Effects on Soil Quality and Yields in a Long Term Field Experiment. / Giacometti, C. *Agronomy.* 2021. 11. P. 636. <https://doi.org/10.3390/>
- the National Center of IGA: DSTU 4405: 2005. [Valid from 2005-05-30]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. 2006. 18 p.
22. Soil quality. Sampling: DSTU 4287:2004. - [Valid from 2005-07-01]. K.: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2005. 9 p. (National standards of Ukraine).
23. Soil quality. Preliminary processing of samples: DSTU ISO 11464-2001. [Valid from 2002-04-02]. K.: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2003. 19 p. (National standards of Ukraine).
24. Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research / Kim N. et al. *Soil. Biol. Biochem.* 2020. № 142. P. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107701>
25. Effect of fertiliser on changes in labile and water-soluble forms of humus in short-term rotations / Stasiv, O. et al. *Scientific Horizons.* 2022. 25(4). P. 9-17.
26. Effects of long-term organic fertilization on soil microbiologic characteristics, yield and sustainable production of winter wheat / Li, C.X. et al. *Journal of Integrative Agriculture.* 2018. 17. P. 210-219. doi: 10.17221/60/2020-PSE
27. Gura, I.; Mkeni, P.N.S. Crop rotation and residue management effects under no till on the soil quality of a Haplic Cambisol in Alice, Eastern Cape, South Africa. *Geoderma.* 2019. 337. P. 927–934. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.042>
28. Long-Term Effects of the Use of Organic Amendments and Crop Rotation on Soil Properties in Southeast Spain / Sánchez-Navarro, A. et al. *Agronomy.* 2021. 11. P. 2363. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112363>
29. Performance of an optimized nutrient management system for double-cropped wheat-maize rotations in North-Central China. / He, P. et al. *Agron. J.* 2009. 101. P. 1489–1496. doi.org/10.2134/agronj2009.0099
30. Rotation and Fertilization Effects on Soil Quality and Yields in a Long Term Field Experiment. / Giacometti, C. *Agronomy.* 2021. 11. P. 636. <https://doi.org/10.3390/>

2021. 11. P. 636. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040636>

31. The benefits of crop rotation including cereals and green manures on potato yield and nitrogen nutrition and soil properties / N'Dayegamiye, A. et al. *Adv. Crop Sci. Technol.* 2017. 5. P. 279.

32. The effect of mineral fertilisers and farmyard manure on grain and straw yield, quality and economical parameters of winter wheat / Hlisnikovský L. et al. *Plant, Soil and Environment.* 2020. 66. P. 249–256. doi: 10.17221/60/2020-PSE.

33. The influence of AKM Growth Regulator on Photosynthetic Activity of Oilseed Flax Plants in the Conditions of Insufficient Humidification of the Southern Steppe of Ukraine / Eremenko O. et al. *Modern Development Paths of agricultural production.* Ed. V. Nadykto. 2019. P. 703–807. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_78

34. The influence of ecologised fertiliser systems on the elements of fertility and productivity of winter wheat. / Dubytska, A. *Scientific Horizons.* 2021. 24(9). P. 44-54.

35. Triberti, L.; Nastri, A.; Baldoni, G. Long-term effects of crop rotation, manure and mineral fertilisation on carbon sequestration and soil fertility. *Eur. J. Agron.* 2016. 74. P. 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.024>

36. Wozniak, A. Chemical properties and enzyme activity of soil as affected by tillage system and previous crop. *Agriculture.* 2019. 9. P. 262. <https://doi.org/10.3390/agriculture9120262>

37. Yield and quality of winter durum wheat grain depending on the fertiliser system / Hospodarenko, H. et al. *Scientific Horizons.* 2022. 25(3). P. 16-25. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(3\).2022.16-25](https://doi.org/10.48077/scihor.25(3).2022.16-25)

[agronomy11040636](https://doi.org/10.3390/agronomy11040636)

31. The benefits of crop rotation including cereals and green manures on potato yield and nitrogen nutrition and soil properties / N'Dayegamiye, A. et al. *Adv. Crop Sci. Technol.* 2017. 5. P. 279.

32. The effect of mineral fertilisers and farmyard manure on grain and straw yield, quality and economical parameters of winter wheat / Hlisnikovský L. et al. *Plant, Soil and Environment.* 2020. 66. P. 249–256. doi: 10.17221/60/2020-PSE.

33. The influence of AKM Growth Regulator on Photosynthetic Activity of Oilseed Flax Plants in the Conditions of Insufficient Humidification of the Southern Steppe of Ukraine / Eremenko O. et al. *Modern Development Paths of agricultural production.* Ed. V. Nadykto. 2019. P. 703–807. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_78

34. The influence of ecologised fertiliser systems on the elements of fertility and productivity of winter wheat. / Dubytska, A. *Scientific Horizons.* 2021. 24(9). P. 44-54.

35. Triberti, L.; Nastri, A.; Baldoni, G. Long-term effects of crop rotation, manure and mineral fertilisation on carbon sequestration and soil fertility. *Eur. J. Agron.* 2016. 74. P. 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.11.024>

36. Wozniak, A. Chemical properties and enzyme activity of soil as affected by tillage system and previous crop. *Agriculture.* 2019. 9. P. 262. <https://doi.org/10.3390/agriculture9120262>

37. Yield and quality of winter durum wheat grain depending on the fertiliser system / Hospodarenko, H. et al. *Scientific Horizons.* 2022. 25(3). P. 16-25. [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(3\).2022.16-25](https://doi.org/10.48077/scihor.25(3).2022.16-25)

Received: September 1, 2022

Accepted: November 4, 2022

THE INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE DYNAMICS OF THE DEVELOPMENT OF POTATO VARIETIES OF DIFFERENT MATURITY GROUPS

Theoretical substantiation and new solutions to an important scientific problem are given. The research on the issue of improving certain elements of technology for growing potato varieties of different maturity groups in relation to soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine is analyzed and generalized.

The expediency and topicality of using (both individually and in combination) agro-technological methods that increase crop yields were clarified. Namely: basic nutrition, foliar fertilization with microfertilizers and new growth regulators of biological origin containing L-a-amino acids, and different nutrition areas.

The growth of the vegetative mass of plants with the maximum formation of the daily increase in the yield of tubers is of great importance for increasing the productivity of potatoes. The number of stems in a bush is of significant importance for the accumulation of potato yield, where in the future, each stem in the process of growth and development becomes an independent plant with its own root system that forms stolons and forms tubers.

The plant uses carbon dioxide from the air with the help of chlorophyll, which gives plants its characteristic green colour. Chlorophyll is housed in cellular structures called chloroplasts. Solar energy is captured by chlorophyll grains and the plant synthesizes more or less complex substances, which in turn form real reserves of nutrients. The listed factors generally affect the growth of productivity.

It's done because of the possibility of increasing gross potato production, and yield, improving economically valuable indicators of potatoes: the content of dry matter and starch, vitamins, taste improvement, the possibility of better processing into potato products. It is also a solution to the problem of environmental protection - reducing the application of mineral fertilizers and, accordingly, reducing soil contamination with pesticides. This contributes to environmentally friendly production. Solving these problems is a difficult task, as it requires a unified approach with certain priority areas. The greatest effect can be achieved if you implement integrated elements of technology, complementing and enhancing each other's actions

Keywords: potatoes, planting scheme, fertilizer doses, vegetative mass, chlorophyll grain, productivity.

Коваль А. В.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Вплив добрив на динаміку розвитку сортів картоплі різних груп стиглості

Наведено теоретичне обґрунтування і нове вирішення важливого наукового завдання, проаналізовано та узагальнено дослідження щодо питання вдосконалення окремих елементів технології вирощування сортів картоплі різних груп стиглості в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Висвітлено доцільність і актуальність використання агротехнологічних прийомів, які збільшують урожайність культури, а саме: основного живлення та позакореневого підживлення мікродобривами та новими регуляторами росту біологічного походження з вмістом *L-a*-амінокислот, різних площ живлення як окремо, так і в комплексному поєднанні.

Важливе значення для підвищення продуктивності картоплі має наростання вегетативної маси рослин з максимальним формуванням добового приросту врожайності бульб. Для накопичення врожайності картоплі суттєве значення має кількість стебел у кущі, де в подальшому кожне стебло в процесі росту та розвитку стає самостійною рослиною з власною кореневою системою, що утворює столони та формує бульби.

Рослина використовує вуглекислий газ з повітря за допомогою хлорофілу, який надає їй характерний зелений колір. Хлорофіл розміщується в клітинних структурах, які називаються хлоропластами. Сонячна енергія уловлюється зернами хлорофілу та здійснює синтез рослиною більш або менш складних речовин, які в свою чергу формують справжні запаси поживних речовин. Перераховані чинники в загальному впливають на зростання врожайності.

Насамперед це пов'язано з можливістю збільшення валового виробництва картоплі, підвищення її врожайності, поліпшення господарсько цінних показників: збільшення відсотка вмісту сухої речовини та крохмалю, вітамінів, смакових якостей та можливості застосування виробленої продукції в переробці на картоплепродукти, а також вирішення завдання охорони навколишнього середовища шляхом зменшення доз внесення мінеральних добрив і відповідно зниження забруднення ґрунтів пестицидами, що сприяє суттєвому поліпшенню навколишнього середовища й отриманню екологічно безпечної продукції. Вирішення поставлених проблем є складним завданням, оскільки потребує єдиного підходу з відповідними пріоритетними напрямками, де найбільшого ефекту можна досягти, якщо впроваджувати комплексно елементи технології, взаємодоповнюючи та посилюючи дію один одного.

Ключові слова: картопля, схема садіння, дози добрив, позакоренеve підживлення, вегетативна маса, хлорофілове зерно, врожайність.

Introduction. Potatoes are the main source of energy for the population. Potatoes yield per area unit is higher in a shorter time than any

other crop. In addition to carbohydrates, potato tubers contain more protein than other crops, it is rich in vitamin C and contains only 1% fat [3, 17, 18].

Potatoes are a nutrient-demanding crop. Regardless of soil and climatic conditions as well as area of cultivation, fertilization of this crop is a necessary condition for obtaining a high yield of good quality. The effect of fertilizers on plant growth and development depends on the variety and nutrition background; the latter affects the seed, food and quality indices of tubers [1, 2, 4, 5, 8].

Potatoes need a significant amount of nutrients to form a crop. This need depends on the variety, meteorological conditions, nutrient area and availability of nutrients in the soil [9, 10, 11, 12].

Due to the sharp decline in the use of fertilizers, as well as their high cost, potato varieties and seeds are now the main means for obtaining a consistently high yield. Growing high-yielding intensive varieties capable of maximizing the use of fertilizers and high agro-background conditions, dramatically increases the economic efficiency of mineral fertilizers, thereby accelerating cost recovery and will be an affordable and cheap way to increase crop production in general and potatoes in particular [19, 20, 21, 22, 23].

In recent years has become a more relevant issue of using precision farming elements in potato production technology, namely the reduction of pesticides and mineral fertilizers. Its solution is the use of new modern organic and mineral fertilizers, which contain not only the basic nutrients, but also a whole arsenal of trace elements (copper, molybdenum, manganese, zinc, boron, selenium, silicon, etc.) [12, 13, 23, 24, 30].

Microfertilizers are also important for increasing potato yields and improving their quality. They provide the best effect on sandy and loamy sod-podzolic soils. Different groups have the same need for certain micronutrients. It is believed that most soils of the Ukrainian Polissia zone are well supplied with manganese and satisfactorily with copper, but they have little boron, molybdenum and zinc. In some fields, and homesteads, depending on how often and in what quantities apply organic and mineral fertilizers, the content of a trace element in the soil may vary [22, 27, 28].

The application of microfertilizers is an integral part of measures to increase the yield and productivity of potatoes. Trace elements are able to increase germination and enhance plant development [29, 30].

For better growth and development of potato plants, trace elements must be in active form. The most promising and biologically active compounds are metal complexes (chelates). The originality of their action is that they activate enzymes and affect the biochemical processes in cells, stimulate growth and development of potato plants. The composition of

this fertilizer includes water-soluble forms of macro- and microelements in the chelated state, the formula of which has been developed taking into account the biological characteristics of certain crops. Such fertilizers are used to feed plants after determining the optimal phase of growth and development of agricultural plants. Scientists have proven that foliar feeding of plants works better in critical periods of plant growth and development. At this time, plants are undergoing changes in metabolism, ratio and the rate of supply of nutrients. That is why fertilization carried out during this period increases the growth potential of plants and improves the conditions for the formation of generative organs [26, 31].

The Aim was to study the impact of basic nutrition and additional foliar feeding with microfertilizers containing L-a-amino acids using different technological elements to improve biological and morphological characteristics and yield of potato varieties of different maturity groups in relation to soil and climatic conditions of Ukrainian Western Forest-Steppe [32].

Material and Methods. The experiments were conducted on the 4-field crop rotation of the Department of Agricultural Breeding of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS. The predecessors of potatoes were winter cereals with post-harvest sowing of green manure crops.

Mineral fertilizers were applied in the form of nitroammophoska ($N_{16}P_{16}K_{16}$), and potassium deficiency was balanced by potassium magnesium ($K_{28}Mg_8S_{15}$).

Based on the conducted agrochemical analyses, it was found that experimental soils are poor in humus (1.58–1.67%), have an acid reaction of the soil solution (pH 4.80–5.17), the number of absorbed bases 6.20–7, 22, hydrolytic acidity 2.87–3.29 mg-eq. per 100 g of soil.

The research was carried out according to generally accepted methods in potato growing [11, 15, 16] experimental data were processed on a computer using Microsoft Excel and the following methods [14].

Results and discussion. Plant growth and development is a continuous process that is divided into separate phases of plant development, which gradually pass into each other. The main phases of development for potatoes are germination, budding, flowering, tops' dying.

During the evaluation of potato plants, we analyzed the following interphase periods of potato growth: planting – full germination, full germination – budding, budding – flowering, flowering – complete tops' dying, where we observed the development of potato plants and the impact of fertilizers and micronutrients.

Analyzing the duration of interphase periods, we found that in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe, periods of potato plant development, namely: phases of germination, full germination, budding, flowering and complete extinction of tops correspond to their maturity groups to which they belong. That is, the duration of interphase periods of the middle-early variety Aria and the medium-ripe variety Gurman correspond to their morpho-biological characteristics.

The duration from planting to the full germination phase in the Aria variety was 33 days and in the Gurman variety 38 days.

The interphase period from full germination to budding lasted 15 days in the Aria variety and 16 days in the Gurman variety. From the budding phase to the flowering phase, the duration was 14 days in the Aria variety and 20 days in the Gurman variety.

From the flowering phase to the phase of complete tops' extinction, duration was 36 days in the Aria variety and 47 days in the Gurman variety respectively (Figure 1).

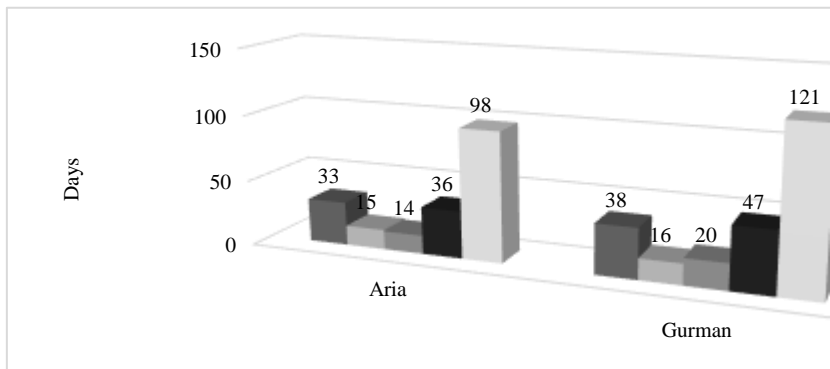


Figure 1. Duration of inter-phase periods by maturity groups of potato varieties (2018-2020)

On average, over the years of study, the growing season of middle-early variety Aria lasted 98 days, and in the medium-ripe variety Gurman 121 days.

One of the important values for increasing the productivity of potatoes is the increase of the vegetative mass of plants with the maximum formation of the daily increase in tuber yield. The number of stems in the bush is essential for the accumulation of potato yield, where in the future each stem in the process of growth and development becomes an

independent plant with its own root system that forms stolons and forms tubers.

There is a direct relationship between the number of stems and the number of tubers, and therefore an increase in the number of stems in the bush leads to an increase in the number of tubers under the bush.

The data of our studies indicate that the stem density of potato plants was influenced by factors such as feeding area, the recommended dose of fertilizers and micronutrient treatment (Table 1).

1. Biological and morphological parameters of potato plants on the 60th day after planting, 2018-2020

Experiment options	Years of research	Number of stems, pcs	Bush height, cm	Number of stems, pcs	Bush height, cm
		v. Aria		v. Gurman	
Control without fertilizers (70x30 cm)	2018	3	74	5	57,5
	2019	2,5	50	5	72,5
	2020	2,8	62	5	65
	Average	2,8	62	5	65
Recommended fertilizer dose N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (70x30 cm)	2018	2	60	3	70
	2019	3,5	55	5	73,5
	2020	2,8	58	4	71,8
	Average	2,8	58	4	71,8
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x20 cm)	2018	3,5	85	3	85
	2019	2,5	63,7	6	67,5
	2020	3	74,4	4,5	76,2
	Average	3	74,4	4,5	76,2
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x25 cm)	2018	3	57,5	4,5	72,5
	2019	3	62,5	3	75
	2020	3	60	3,8	73,8
	Average	3	60	3,8	73,8
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x30 cm)	2018	3	82,5	5	70,5
	2019	3,5	65	3,5	72,5
	2020	3,3	73,8	4,3	71,5
	Average	3,3	73,8	4,3	71,5

Thus, we see that in the control options without fertilizers and with the introduction of the recommended dose of fertilizer N₉₀P₉₀K₁₂₀, the average number of stems over the years of research was 2.8 pieces.

The largest number of stems in the bush, in relation to the middle-early variety Aria, was on the area of 70x30 cm – 3.3 pieces. In the medium-ripe variety Gurman on the area of 70x20 cm – 4.5 pieces. The density of stems of the Aria variety on other feeding areas, namely 70x20 cm and 70x30 cm was 3 pcs. In the Gurman variety, these indicators were observed on the feeding areas of 70x25 cm – 3.8 pieces and 70x30 cm, respectively 4.3 pieces.

According to the research results, it can be stated that the formation of stem density is influenced by both the feeding area, application of recommended dose $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers and additional treatment with microfertilizers.

The largest increase in height of potato plants was observed in both Aria and Gurman varieties in the option with recommended dose of fertilizers and microorganic fertilizer Ecoorganic with a feeding area of 70x20 cm and was respectively 74.4 and 76.2 cm.

In all other variants, the height of Aria variety plants was 60 cm on the feeding area of 70x25 cm, and 73.8 cm on the 70x30 cm area respectively. In the Gurman variety, the height of plants on a feeding area of 70x25 cm was 73.8 cm, on a feeding area of 70x30 cm – 71.5 cm.

The analysis of the obtained data gives grounds to assert that the area of feeding and application of the recommended dose of fertilizers with additional treatment with microfertilizers has a positive effect on both the number of stems formed and height of potato plants.

Scientists believe that in potato crops it is important to form such a leaf surface, and such a leaf index, so that the illumination of the whole plant leaves was sufficient for high intensity and productivity of photosynthesis. They confirm that the optimal average leaf surface size of one plant is 1.15 m², which is equivalent to 35,600 plants per 1 hectare of crops, which is 40 - 41 thousand m² per hectare of crops. This leaf area is achieved mostly before flowering plants, and therefore the leaf surface area was determined on the 60th day after planting for all variants of the experiment (Table 2).

According to the study results, the average potato leaf surface area in the control variant (without fertilizers) was 13.6 thousand m²/ha in the middle-early Aria variety and 21.6 thousand m²/ha in the Gurman variety. In the variant with the application of recommended dose $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers, the leaf surface area was 23.8 thousand m²/ha in the Aria variety and 25.8 thousand m²/ha in the Gurman variety.

2. Leaf surface area on the 60th day after planting, 2018 - 2020

Experiment variants	Years of research	Assimilation surface, thousand m ² /ha	
		v. Aria	v. Gurman
Control without fertilizers (70x30 cm)	2018	16,0	11,5
	2019	11,1	31,6
	2020	13,6	21,6
	Average	13,6	21,6
Recommended fertilizer dose N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (70x30 cm)	2018	18,0	15,5
	2019	29,6	36,0
	2020	23,8	25,8
	Average	23,8	25,8
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x20 cm)	2018	21,5	38,0
	2019	47,1	45,3
	2020	34,3	41,7
	Average	34,3	41,7
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x25 cm)	2018	18,5	21,0
	2019	35,9	38,4
	2020	27,2	29,7
	Average	27,2	29,7
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x30 cm)	2018	22,0	26,5
	2019	55,1	33,1
	2020	38,6	29,8
	Average	38,6	29,8

The highest leaf surface area of potato plants was observed in the variant with the recommended dose of N₉₀P₉₀K₁₂₀ fertilizers and micronutrient treatment. It was 38.6 thousand m²/ha for the middle-early Aria variety at a feeding area of 70x20 cm. The highest leaf area (41.7 thousand m²/ha) for the medium-ripe Gurman variety was observed on a feeding area of 70x20 cm with the application of the recommended dose of fertilizer N₉₀P₉₀K₁₂₀ and treatment of microfertilizers.

In all other variants, the leaf surface area of Aria variety potato plants was on feeding area 70x20 cm – 34.3 thousand m²/ha; 70x25 cm – 27.2 thousand m²/ha. For the Gurman variety on feeding area 70x25 cm it was 29.7 thousand m²/ha; 70x30 cm – 29.8 thousand m²/ha.

During the research period, on the 60th day after planting, the analysis of the potato bush weight was performed. The average weight of the bush in the control variant (without fertilizer) in the variety Aria was 380 g and in the variety Gurman, respectively, 280 g (Figure 2).

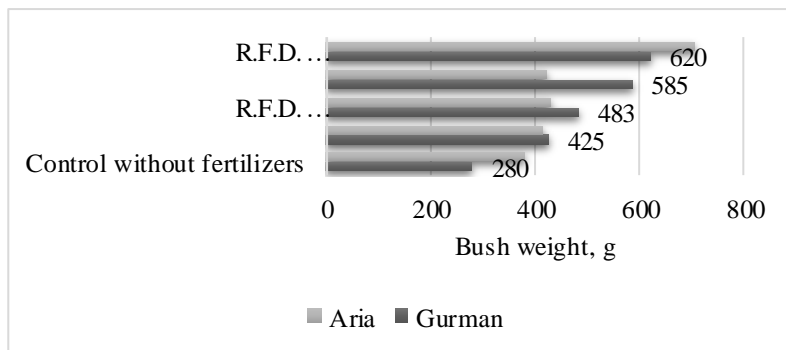


Figure 2. The weight of the potato bush depends on the feeding area and dose of fertilizers

In the variant with a recommended dose of $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers, this figure was 413 g in the Aria variety and 425 g in the Gurman variety respectively. The highest weight of potato bush, both in the variety Aria and in the variety Gourmet was observed in the variant with the recommended dose of fertilizer $N_{90}P_{90}K_{120}$ and treatment with microfertilizers on the area of 70x30 cm and was 705 g and 620 g respectively.

In all other variants of research, these indicators were in the variety Aria on a feeding area of 70x20 cm – 430 g; 70x25 cm – 423 g. Accordingly, in the Gurman variety these indicators were on the feeding area of 70x20 cm – 483 g; 70x25 cm – 585 g.

On the 70th day after planting potatoes, the largest number of stems of the Aria variety was 5.8 in the variant with a feeding area of 70x30 cm, application of recommended dose $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers and micronutrient treatment. In the Gurman variety this indicator was 8.5 pieces on a feeding area of 70x20 cm. In other versions of the experiment these indicators had the following values in the Aria variety on a feeding area of 70x20 cm – 3.3 pieces; 70x30 cm – 5.5 pcs. In the Gurman variety on the feeding area 70x25 – 5.8 pieces; 70x30 cm – 7.3 pcs.

An increase in the growth of potato plants in height, over the years of research, was observed in both medium-early variety Aria and medium-ripe variety Gurman at a feeding area of 70x30 cm with the recommended dose of fertilizer $N_{90}P_{90}K_{120}$ and micronutrient treatment and was 82.5 cm and 97.5 cm.

In all other variants of Aria variety, these indicators were by the feeding area 70x20 cm – 77 cm; 70x25 cm – 69.8 cm. In Gurman variety on the feeding area 70x20 cm it was 96.3 cm, on 70x25 cm – 82.5 cm.

The dynamics of increasing the height of potato plants on the 70th day after planting in varieties Aria and Gurman are shown in Figure 3.

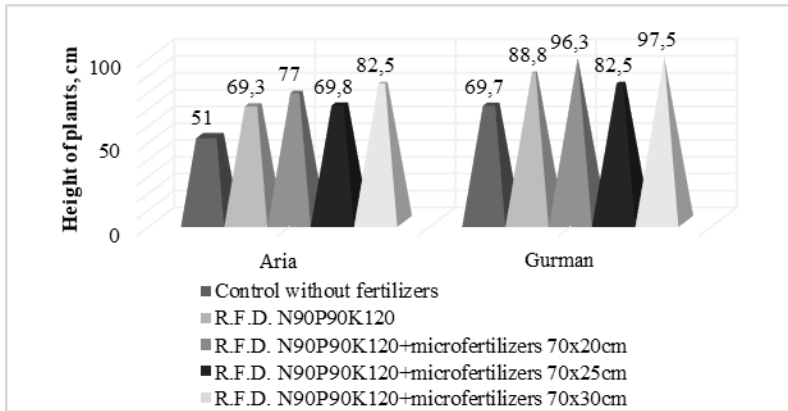


Figure 3. Height of plants depends on the feeding area and fertilizers' dose

Under normal growing conditions to obtain high yields of potatoes leaf surface during the period of maximum development of the photosynthetic apparatus should be at least 35-40 thousand m^2/ha . This area of leaves in potato crops is absorbed 80-90 FAR.

The average leaf area of potatoes is shown in table 3.

The leaf surface area of potato plants on the 70th day after planting on the control variant (without fertilizers) was 31.9 thousand m^2/ha for the Aria variety. In the Gurman variety this figure was 36.4 thousand m^2/ha .

In the variant with application of the recommended dose $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers, these indicators were in the Aria variety – 50.2 thousand m^2/ha , in the Gurman variety – 55.8 thousand m^2/ha .

The highest indicators of leaf surface area over the years of research were in the variety Aria on the variant with a feeding area of 70x30 cm with introduction of recommended dose of fertilizer $N_{90}P_{90}K_{120}$ and treatment with microfertilizers – 71.4 thousand m^2/ha . Accordingly, in the Gurman variety this indicator was 72.3 thousand m^2/ha on a feeding area of 70x25 cm with the application of the recommended dose of $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers and additional treatment with microfertilizers.

3. Leaf area on 70th day after planting, 2018 – 2020

Experiment variants	Years of research	Assimilation surface, thousand m ² /ha	
		v. Aria	v. Gurman
Control without fertilizers (70x30 cm)	2018	23,8	24,1
	2019	39,9	48,6
	2020	31,9	36,4
	Average	31,9	36,4
Recommended fertilizer dose N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (70x30 cm)	2018	38,9	49,6
	2019	61,4	62,0
	2020	50,2	55,8
	Average	50,2	55,8
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x20 cm)	2018	39,9	59,6
	2019	56,9	78,9
	2020	48,4	69,3
	Average	48,4	69,3
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x25 cm)	2018	48,9	72,2
	2019	49,9	72,4
	2020	49,4	72,3
	Average	49,4	72,3
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x30 cm)	2018	49,8	68,9
	2019	93,0	62,2
	2020	71,4	65,6
	Average	71,4	65,6

In all other variants in Aria variety these indicators were: 70x20 cm – 48.4 thousand m²/ha; 70x25 cm – 49.4 thousand m²/ha. Accordingly, in the Gurman variety, these indicators were by 70x25 cm – 69.3 thousand m²/ha; 70x30 cm – 65.6 thousand m²/ha.

On 60th and 70th day, leaf surface area in the control without fertilizers increased 2.3 times in the middle-early variety Aria, in the medium-ripe variety Gurman the increase was 1.7 times.

In the variant with the application of the recommended dose of N₉₀P₉₀K₁₂₀ fertilizers, the increase in the medium-early Aria variety was 2.1 times and in the medium-ripe Gurman variety 2.2 times.

In the variants with application of the recommended dose of N₉₀P₉₀K₁₂₀ fertilizers, treatment with microfertilizers and different feeding areas, an increase was observed in the middle-early variety Aria at a feeding area of 70x20 cm – 1.4 times, 70x25 cm – 1.8 times and by 70x30 cm – 1.8 times. In the medium-ripe Gurman variety the increase in the area

of 70x20 cm was 1.7 times, 70x25 cm – 2.4 times and by 70x30 – 2.2 times.

The productivity of agrophytocenosis is determined by the development of stems and assimilation apparatus of plants, which together form the aboveground vegetative plants' mass.

The dynamics of weight gain of one potato bush on the 70th day after planting is shown in Figure 4.

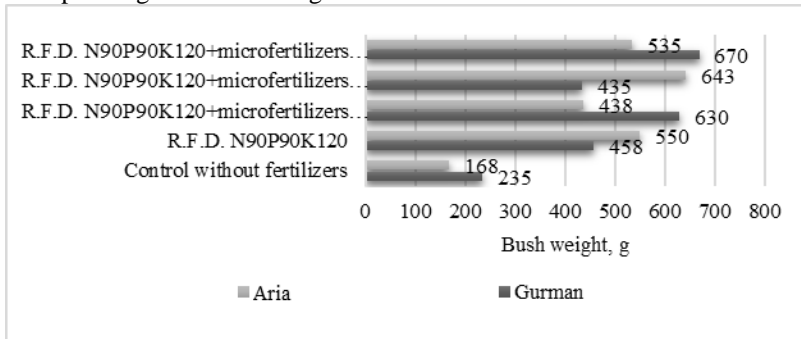


Figure 4. Weight of one potato bush depending on the feeding area and dose of fertilizers on the 70th day after planting

The weight of the bush in the control variant (without fertilizers) for the Aria variety was 168 g, and for the Gurman variety – 235 g. In the variant with the recommended dose of N₉₀P₉₀K₁₂₀ fertilizer this figure was 550 g, respectively in the Gurman variety 458 g.

The highest weight of a potato plant bush in the Aria variety with a feeding area of 70x25 cm and with the recommended dose of N₉₀P₉₀K₁₂₀ fertilizers was 643 g. In the Gurman variety, this figure was 670 g at a feeding area of 70x30 cm with the recommended dose of N₉₀P₉₀K₁₂₀ and microfertilizers' treatment.

For all others, the weight of the potato bush was: in the variety Aria on a feeding area of 70x20 cm – 438 g; 70x30 cm – 535 g. In the Gurman variety these figures were on the feeding area of 70x20 cm – 630 g; 70x25 cm – 485 g.

The plant uses carbon dioxide from the air. Chlorophyll gives plants their characteristic green color and is located in cellular structures called chloroplasts. Solar energy is captured by chlorophyll grains and carries out the plant's synthesis of more or less complex substances, which in turn form real reserves of nutrients.

Studies have shown the content of chlorophyll in all variants of the experiment, which is shown in Figure 5.

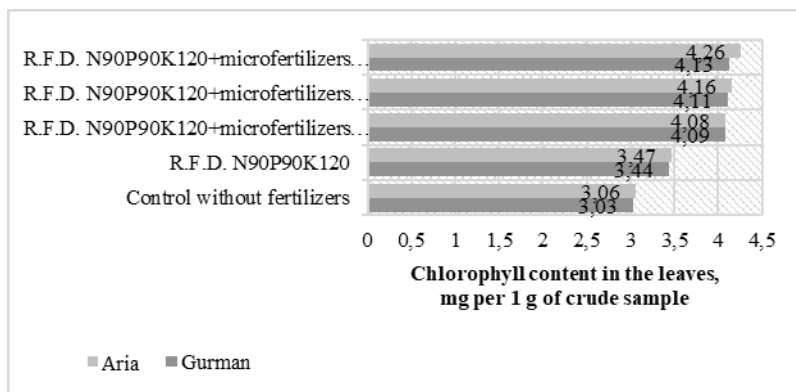


Figure 5. Chlorophyll content depends on the feeding area and dose of fertilizers.

The content of chlorophyll in the leaves of potato plants in the control variant (without fertilizers) were in the variety Aria 3.06 mg, in the Gurman variety – 3.03.

In the variant with application of recommended dose of $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers, chlorophyll content in the leaves of potato plants in the variety Aria was 3.47 mg, and in the variety Gurman – 3.44 mg.

The optimal level of nutrition for the greatest formation of chlorophyll grains in the leaves of potato plants was in the option with recommended dose of fertilizer $N_{90}P_{90}K_{120}$ and micronutrients treatment on the area of 70x30 cm in Aria variety – 4.26 mg. In Gurman variety it was 4.13 mg.

In all other variants, these figures were for the variety Aria on the area of 70x20 cm – 4.08 mg; 70x25 cm – 4.16 mg. Accordingly, in the Gurman variety this figure on feeding area 70x20 cm was 4.09 mg; 70x25 cm – 4.11 mg.

Our research has shown that there is an inverse correlation between the area of plant nutrition and content of chlorophyll grains in potato leaves, namely: with a decrease in nutrition area, the content of chlorophyll decreases, but to a certain extent.

The net productivity of photosynthesis of potato plants is determined by the total assimilative surface of the leaves and the intensity of photosynthetic processes per area unit of the leaf.

The dynamics of the net productivity of photosynthesis per day are shown in Figure 6.

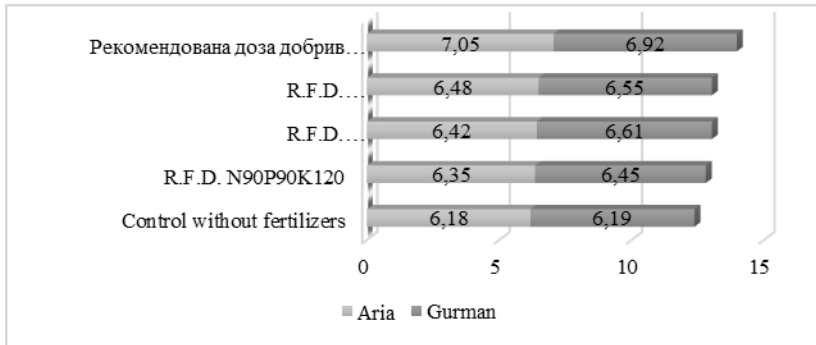


Figure 6. Net productivity of photosynthesis per day

Thus, on average over the years of research, the net productivity of photosynthesis of medium-early potato variety Aria and medium-ripe variety Gurman with the recommended dose of $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizer + micronutrient treatment and different feeding areas changed as follows.

In the flowering-budding phase, the net productivity of photosynthesis in the Aria variety was 6.18 g/m^2 per day in the control variant (without fertilizers). In the Gurman variety this figure was 6.19 g/m^2 per day.

In the variant with the application of the recommended dose of $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers in the flowering-budding phases the net productivity of photosynthesis was 6.35 g/m^2 per day in the Aria variety and 6.35 g/m^2 per day in the Gurman variety.

When to the recommended dose of $N_{90}P_{90}K_{120}$, microfertilizers were added on different areas of nutrition, the net productivity of photosynthesis was in the variety Aria $70 \times 20 \text{ cm}$ – 6.42 g/m^2 per day; $70 \times 25 \text{ cm}$ – 6.48 g/m^2 per day and $70 \times 30 \text{ cm}$ – 6.92 g/m^2 per day.

Accordingly, in the Gurman variety, these figures were on the $70 \times 20 \text{ cm}$ feeding area – 6.60 g/m^2 per day; $70 \times 25 \text{ cm}$ – 6.55 and $70 \times 30 \text{ cm}$ – 6.92 g/m^2 per day.

In our opinion, the increase in net productivity of photosynthesis during the budding-flowering phase is associated with more intensive photosynthesis of young leaves in potato plants.

Obtaining high yields of potatoes is ensured by the high-yielding varieties, high-quality seed material and cultivation technology, which allows realizing the potential of the first two components.

The correct ratio of technological methods helps to establish the optimal effect of individual factors and is the basis for developing the most

effective technology for growing potatoes. Therefore, when developing the technology for growing relatively new varieties of potatoes, it is necessary to study the effect of all agro-technological measures in the complex.

The scheme of the experiment and the method of its implementation provided digging up potatoes on the 60th – 70th day after planting in order to obtain a dynamic accumulation of the crop, as well as for accounting the number of tubers to determine the fractional composition and percentage of marketability.

According to the three-year results of the study, it was established on the control variant (without fertilizers) in the variety Aria with an average tuber weight of 0.29 kg, the yield was 12.3 t/ha. In the Gurman variety the average weight of tubers was 0.34 kg. Respectively, the yield was 14.6 t/ha.

In the variant with the application of the recommended dose of $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers, weight of tubers was 0.35 kg in the Aria variety, 0.49 kg in Gurman variety. The yield was 15.0 t/ha for the Aria variety and 21.0 t/ha for the Gurman variety (Table 4).

The highest yields on the 60th day after planting on the variants with the recommended dose of fertilizer $N_{90}P_{90}K_{120}$ and treatment with microfertilizers of the Aria variety were observed in the feeding area of 70x20 cm, where the weight of tubers was 0.37 kg, yield was 26.2 t/ha. In the Gurman variety this indicator was observed on a feeding area of 70x25 cm with a tuber weight of 0.59 kg and a yield of 33.6 t/ha.

In the variants with other feeding areas and application of the recommended dose of $N_{90}P_{90}K_{120}$ fertilizers + microfertilization treatment in Aria variety on the feeding area 70x25 cm the weight of tubers was 0.35 kg, the yield was 20.5 t/ha, on the feeding area 70x30 cm the tubers' weight was 0.42 kg, yield – 18.1 t/ha.

Yield of potatoes on the 70th day after planting on the control variant (without fertilizers) in the Aria variety at an average weight of tubers of 0.31 kg yield was 13.3 t/ha. In the Gurman variety at a tuber weight of 0.36 kg yield was 15.4 t/ha.

4. Potato yield on the 60th day after planting, depending on the area of nutrition and the dose of fertilizers

Variants of the experiment	Years	Aria		Gurman	
		Weight of tubers, kg	Yield, t/ha	Weight of tubers, kg	Yield, t/ha
Control without fertilizers (70x30 cm)	2018	0,54	23,2	0,53	22,7
	2019	0,02	1,1	0,16	6,9
	2020	0,3	12,9	0,34	14,6
	Average	0,29	12,4	0,34	14,6
Recommended fertilizer dose N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (70x30 cm)	2018	0,59	25,3	0,78	33,5
	2019	0,09	4,3	0,18	7,7
	2020	0,35	15,0	0,49	21,0
	Average	0,35	15,0	0,49	21,0
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x20 cm)	2018	0,65	46,1	0,60	42,6
	2019	0,07	5,3	0,15	10,6
	2020	0,37	26,2	0,38	26,9
	Average	0,37	26,2	0,38	29,9
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x25 cm)	2018	0,63	35,9	1,02	58,1
	2019	0,08	4,8	0,15	8,5
	2020	0,36	20,5	0,59	33,6
	Average	0,35	20,5	0,59	33,6
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x30 cm)	2018	0,69	29,6	0,57	24,5
	2019	0,14	6,0	0,18	7,7
	2020	0,42	18,1	0,38	16,3
	Average	0,42	18,1	0,38	16,3

LSD₀₅ fertilizers 2.1

feeding area 1.2

foliar feeding 0.3

In the variant with the application of the recommended dose of N₉₀P₉₀K₁₂₀ fertilizers in the Aria variety, tuber weight and yield were 0.44 kg and 18.9 t/ha. In the Gurman variety the weight of tubers was 0.45 kg, and the yield was 19.4 t/ha (Table 5).

5. Potato yield on the 70th day after planting, depending on the area of nutrition and the dose of fertilizers

Variants of the experiment	Years	Aria		Gurman	
		Weight of tubers, kg	Yield, t/ha	Weight of tubers, kg	Yield, t/ha
Control without fertilizers (70x30 cm)	2018	0,52	22,3	0,54	23,2
	2019	0,09	3,8	0,16	7,3
	2020	0,31	13,3	0,36	15,4
	Average	0,31	13,3	0,36	15,4
Recommended fertilizer dose N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ (70x30 cm)	2018	0,61	26,3	0,69	29,6
	2019	0,27	11,6	0,19	8,1
	2020	0,44	18,9	0,45	19,4
	Average	0,44	18,9	0,45	19,4
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x20 cm)	2018	0,64	45,4	0,68	48,2
	2019	0,29	26,2	0,6	42,6
	2020	0,47	33,4	0,65	46,1
	Average	0,47	33,4	0,65	46,1
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x25 cm)	2018	0,80	45,6	1,01	57,5
	2019	0,19	10,8	0,41	23,3
	2020	0,50	28,5	0,71	40,4
	Average	0,50	28,5	0,71	40,4
R.F.D. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + microfertilizers (70x30 cm)	2018	0,85	36,5	0,86	36,9
	2019	0,45	19,3	0,19	8,1
	2020	0,67	28,8	0,53	22,8
	Average	0,67	28,8	0,53	22,8

LSD ₀₅ fertilizers	4,1
feeding area	1,9
foliar feeding	0,7

The highest yield on the 70th day after planting, both in the Aria and Gurman variety was observed on a feeding area of 70x20 cm with the introduction of the recommended dose of fertilizer N₉₀P₉₀K₁₂₀ + micronutrient treatment. In the variety Aria by the weight of tubers 0.47 kg the yield was 33.4 t/ha. In the variety Gurman by the weight of tubers 0.65 kg the yield was 46.1 t/ha.

In all other variants by the Aria variety at a feeding area of 70x25 cm with the recommended dose of fertilizer N₉₀P₉₀K₁₂₀ + microfertilizer treatment the weight of tubers was 0.50 kg, yield – 28.5 t/ha. At a feeding area of 70x30 cm the weight of tubers was 0.67 kg, yielding 28.8 t/ha. The Gurman variety weight of tubers was 0.71 kg, yielding 40.4 t/ha. On the

feeding area 70x30 cm the weight of tubers was 0.53 kg and the yield was 22.8 t/ha.

Conclusions

The effect of recommended dose of fertilizers and additional foliar fertilization has a positive effect on the growth and development of potato plants depending on the biological characteristics of the varieties studied. Analyzing the duration of interphase periods, it can be seen that in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe the periods of growth and development of potato plants, namely medium-early Aria and medium-ripe Gurman varieties correspond to morpho-biological data of these varieties. The density and height of the stems were affected by the feeding area's recommended dose of fertilizers as well as micronutrient treatment. On the 60th day after planting, the density of potato stalks was the highest in the Aria variety by the feeding area of 70x30 cm – 3 pieces. In the Gurman variety on the feeding area of 70x30 cm – 4.5 pieces. The stem height of potato bushes was the highest in the feeding area of 70x20 cm with the application of the recommended dose of fertilizers and treatment with Ecoorganic micro fertilizers in the variety Aria it was 74.4 cm, and in the variety Gurman – 76.2 cm. On the 70th day, the highest density of potato stalks in the Aria variety was on the feeding area of 70x25 cm – 5.8 pieces, and in the Gurman variety – 8.5 pieces on the area of nutrition 70x20 cm. The height of the stem on the feeding area of 70x30 cm was in the variety Aria – 82.5 cm, in the Gurman variety – 97.5 cm. The leaf surface of plants which provided the maximum photosynthetic effectiveness on the 60th day was in the Aria variety on the feeding area of 70x30 cm – 38,6 thousand m²/ha, in the Gurman variety – 41,7 thousand m²/ha. On the 70th day the highest indicator of the leaf surface area in the Aria variety was on the area of feeding 70x30 cm – 71,4 thousand m²/ha, in the Gurman variety – 72.3 thousand m²/ha. Our research has shown that there is an inverse correlation between the area of plant nutrition and the content of chlorophyll grains in potato leaves, namely: with a decrease in the nutrition area, the content of chlorophyll decreases, but to a certain extent. The highest yield on the 60th day after planting in the Aria variety was on the background of the recommended dose of fertilizer N₉₀P₉₀K₁₂₀ with micronutrient treatment and feeding area 70x20 cm – 26.7 t/ha and in the Gurman variety – on the feeding area 70x25 cm – 33.6 t/ha. The highest yield on the 70th day after planting was in both the Aria variety and the Gurman variety on the background of the recommended dose of fertilizer N₉₀P₉₀K₁₂₀ with micronutrient treatment on a feeding area of 70x20 cm – 33.4 t/ha and 46.1 t/ha respectively.

Список використаної літератури

1. Вишнеvsька О. Л. Вплив добрив на підвищення врожайності сучасних сортів картоплі в умовах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 11. С. 22–25.
2. Власенко М. Ю., Петренко С. Д. Біохімічний склад та якість бульб картоплі залежно від умов мінерального живлення на чорноземах Центрального Лісостепу. *Аграрні вісті*. 2006. № 3. С. 4–6.
3. Дегодюк С. Е. Вплив добрив у сівозміні на родючість ґрунту і продуктивність культур. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2010. Вип. 4. С. 3–10.
4. Дмитришак М. Я. Економічна ефективність позакореневого підживлення картоплі КВД Акварин-5. *Modern directions of theoretical and applied researches*, 17–29 March 2015. URL: www.sworld.com.ua/konfer38/282.pdf (дата звернення: 23.11.2022).
5. Добрива та їх використання / Марчук І. У. та ін. Київ, 2013.
6. Ермантраут Е. Р. Екологічна стабільність і пластичність сортів картоплі на Поліссі. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2015. № 3/4 (28/29). С. 12–17.
7. Ефективність застосування біологічно ефективних препаратів та добрив при вирощуванні картоплі в умовах Правобережного Лісостепу України / І. С. Поліщук та ін. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 2. С. 18–26.
8. Ефективність застосування добрив при вирощуванні картоплі в умовах Правобережного Лісостепу / Мазур В. А. та ін. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 1. С. 28–36.
9. Ефективність застосування водорозчинних добрив під основні сільськогосподарські культури за умов зміни клімату / Глуценко Л. Д. та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 89–92.
10. Кармазіна Л. Є., Петренко А. М. Ефективність позакореневого підживлення під час вирощування картоплі. *Картоплярство : міжвід. темат. наук. зб.* 2011. Вип. 40. С. 224–232.

References

1. Vyshnevskaya O. L. Influence of fertilizers on increase of productivity of modern grades of potatoes in the conditions of Polissya. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2013. 11. P. 22–25.
2. Vlasenko M. Yu., Petrenko S. D. Biochemical composition and quality of potato tubers depending on the conditions of mineral nutrition in the chernozems of the Central Forest-Steppe. *Ahrarni visti*. 2006. № 3. P. 4–6.
3. Degodiuk S. E. Influence of fertilizers in crop rotation on soil fertility and crop productivity. *Coll. sci. works of NSC "Institute of Agriculture UAAS"*. 2010. Vol. 4. pp. 3-10.
4. Dmytryshak M. Ya. Economic efficiency of foliar fertilization of potatoes KVD Aquaryn-5. *Modern directions of theoretical and applied researches*, 17–29 March 2015. URL: www.sworld.com.ua/konfer38/282.pdf (last accessed: 23.11.2022).
5. Fertilizers and their use. Marchuk I. U. et al. Kyiv, 2013.
6. Ermantraut E. R. Ecological stability and plasticity of potato varieties in Polissya. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*. 2015. № 3/4 (28/29). P. 12–17.
7. The effectiveness of biologically effective drugs and fertilizers in growing potatoes in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine / I. S. Polishchuk et al. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2015. № 2. P. 18–26.
8. The effectiveness in growing potatoes in the right-bank Forest-Steppe / V. A. Mazur et al. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2016. № 1. P. 28–36.
9. Efficiency of water-soluble fertilizers for basic crops under conditions of climate change / Glushchenko L. D. et al. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2013. № 3. P. 89–92.
10. Karmazina L. E., Petrenko A. M. Efficiency of foliar feeding during potato growing. *Potato growing - interdepart. topic. sci. coll.* Vol. 40. NAAS. Inst. of potato growing. Kyiv. 2011. P. 224–232.
11. Potato growing: a method of research

11. Картоплярство: методика / ed. A. A. Bondarchuk, V. A. Koltunov. Дослідної справи / за ред. А. А. Бондарчука, В. А. Колтунова. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 652 с.
12. Коваленко О. Л., Коваленко О. А. Застосування регуляторів та стимуляторів росту рослин при розмноженні оздоровленого насінневого матеріалу картоплі в умовах Полісся України. *Луб'яні та технічні культури*. 2014. Вип. 3. С. 122–126.
13. Мацера А. В., Поліщук І. С. Вплив позакореневих підживлень та добрив на формування врожаю бульб сортів картоплі в умовах Лісостепу Правобережного. *Земля України – потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки держави*. 2014. Т. 2. С. 75–78.
14. Методика наукових досліджень в агрономії / Е. Р. Ермантраут та ін. Біла Церква, 2018. 104 с.
15. Методичні настанови з впровадження вимог стандарту Global g.a.p. у картоплярстві. Проект USAID «Підтримка аграрного та сільського розвитку». Київ, 2018. 80 с.
16. Методологія оцінювання сортосразків картоплі на стійкість проти основних шкідників і збудників хвороб / С. О. Трибель та ін. ; за наук. ред. С. О. Трибеля і А. А. Бондарчука. Київ : Аграрна наука, 2013. 264 с.
17. Мірошниченко М. М. Добрива : довідник / за ред. М. М. Мірошниченко. Харків, 2011.
18. Оптимізація мікроелементного живлення сільськогосподарських культур : рек. / Фатеев А. І. та ін. 2-ге вид., випр. та доп. Харків, 2012. 39 с.
19. Поліщук І. С., Поліщук М. І., Палагнюк О. В. Вплив біопрепаратів азотифіт та фітоцидів на врожайні властивості сортів картоплі. *Наука в інформаційному просторі* : матеріали ІХ Междунар. науч.-практ. Інтернет-конф. (10–11 окт. 2013 г.) / Вінницький національний аграрний університет. URL: http://www.confcontact.com/2013-nauka-v-informatsionnomprostranstve/sh1_polishchuk_vpliv.htm (дата звернення: 20.10.2019).
20. Сайдак Р. В. Формування / ed. A. A. Bondarchuk, V. A. Koltunov. Vinnytsia: LLC "Works". 2019. 652 p.
12. Kovalenko O. L., Kovalenko O. A. Application of plant growth regulators and stimulators in the propagation of healthy potato seed material in the conditions of Polissya of Ukraine. *Lubiani ta tekhnichni kultury*. 2014. Issue. 3. P. 122–126.
13. Matsera A. V., Polishchuk I. S. Influence of foliar fertilizers and fertilizers on the formation of potato tubers in the Forest-Steppe of the Right Bank. *Zemlia Ukrainy – potentsial prodovolchoi, enerhetychnoi ta ekolohichnoi bezpeky derzhavy*. 2014. Vol. 2. P. 75–78.
14. Methods of scientific research in agronomy / E. R. Ermantraut et al. Bila Tserkva. 2018. 104 p.
15. Guidelines for the implementation of the requirements of the standard Global g.a.p. in potato growing. USAID Agricultural and Rural Development Support Project. Kyiv. 2018. 80 p.
16. Methodology of evaluation of potato cultivars for resistance against major pests and pathogens / S. O. Trybel et al. ; sci. ed. S. O. Trybel and A. A. Bondarchuk. Kyiv: Agrarian Science, 2013. 264 p.
17. Miroshnychenko M. M. Fertilizers: handbook / Ed. M. M. Miroshnychenko. Kharkiv. 2011
18. Optimization of microelement nutrition of agricultural crops - recomm. / Fateev A. I. et. al. 2nd ed., corrected and add. Kharkiv 2012. 39 p.
19. Polishchuk I. S., Polishchuk M. I., Palahniuk O. V. Influence of nitrogenous and phytocide biological products on yield properties of potato varieties. *Nauka v ynformatsyonnom prostranstve : materyaly IX Mezhdunar. nauch.-prakt. Ynternet-konf. (10–11 okt. 2013 h.)*. Vinnytskyi natsionalnyi ahraryni universytet. URL: http://www.confcontact.com/2013-nauka-v-informatsionnomprostranstve/sh1_polishchuk_vpliv.htm (last accessed : 20.10.2019).
20. Saidak R. V. Formation of potato yield under different fertilizer systems depending on the hydrothermal conditions of the growing season. *Visnyk ahraryni nauky*. 2014. № 3. P. 74–77.
21. Semenchenko O. L., Danilina A. S.

врожайності картоплі за різних систем удобрення залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 3. С. 74–77.

21. Семенченко О. Л., Даніліна А. С. Вплив доз і способів внесення мінеральних добрив на врожайність картоплі ранньої. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН*. 2012. № 3. С. 78–80.

22. Сідакова О. В. Біохімічна характеристика нових сортів картоплі. *Картоплярство*. 2012. Вип. 41. С. 24–28.

23. Extreme resistance as a host counter-counter defence against viral suppression of RNA silencing / R. Sansregret et al. *PLoS Pathog.* 2013. P. 9. DOI: 10.1371/journal.ppat.1003435.

24. High-throughput sequencing of Potato virus M from tomato in Slovakia reveals a divergent variant of the virus / M. Glasa et al. *Plant Protect. Sci.*, 2019. Vol. 55. P. 159–166.

25. Improving seed potato quality in southwestern Uganda for strengthening food and cash security / U. Priegnitz et al. *In Poster Presentation at the Tropentag, Bridging the Gap Between Increasing Knowledge and Decreasing Resources*. 2014. V. 87, № 4. P. 462–471.

26. Incomplete Infection of Secondarily Infected Potato Plants – an Environment Dependent Underestimated Mechanism in Plant Virology / L. Bertschinger et al. *Front. Plant.* 2017. Vol. 16. P. 32. DOI: 10.3389/fpls.2017.00074.

27. Methods in virus diagnostics: From ELISA to next generation sequencing / N. Boonham et al. *Virus Research*. 2014. Vol. 186. P. 20–31. DOI: 10.1016/j.virusres.2013.12.007.

28. Molecular characterization of domestic and exotic potato virus S isolates and global analysis of genomic sequences. *Archives of Virology* / Y.-H. Lin et al. 2014. Vol. 159. P. 2115–2122. DOI: 10.1007/s00705-014-2022-6.

29. Pallás V., Sánchez-Navarro J. A., James D. Recent advances on the multiplex molecular detection of plant viruses and viroids. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. P. 20–87. DOI: 10.3389/fmicb.2018.

Influence of doses and methods of mineral fertilizers application on early potato yield. *Biuletyn Instytutu silskiego gospodarstwa stepovoi zony NAAAN*. 2012. № 3. P. 78–80.

22. Sidakova O. V. Biochemical characteristics of new varieties of potatoes. *Kartopliarstvo*. 2012. Issue. 41. P. 24–28.

23. Extreme resistance as a host counter-counter defense against viral suppression of RNA silencing / R. Sansregret et al. *PLoS Pathog.* 2013. Issue. 9. DOI: 10.1371/journal.ppat.1003435.

24. High-throughput sequencing of Potato virus M from tomato in Slovakia reveals a divergent variant of the virus / M. Glasa et al. *Plant Protect. Sci.*, 2019. Vol. 55. P. 159–166.

25. Improving seed potato quality in southwestern Uganda for strengthening food and cash security / U. Priegnitz et al. *In Poster Presentation at the Tropentag, Bridging the Gap Between Increasing Knowledge and Decreasing Resources*. 2014. Vol. 87. № 4. P. 462–471.

26. Incomplete Infection of Secondarily Infected Potato Plants – an Environment Dependent Underestimated Mechanism in Plant Virology / L. Bertschinger et al. *Front. Plant.* 2017. Vol. 16. P. 32. DOI : 10.3389/fpls.2017.00074.

27. Methods in virus diagnostics: From ELISA to next generation sequencing / N. Boonham et al. *Virus Research*. 2014. Vol. 186. P. 20–31. DOI: 10.1016/j.virusres.2013.12.007.

28. Molecular characterization of domestic and exotic potato virus S isolates and global analysis of genomic sequences. *Archives of Virology* / Y.-H. Lin et al. 2014. Vol. 159. P. 2115–2122. DOI: 10.1007/s00705-014-2022-6.

29. Pallás V., Sánchez-Navarro J. A., James D. Recent advances on the multiplex molecular detection of plant viruses and viroids. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. P. 20–87. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02087.

30. Rajeevkumar S., Anunanthini P., Sathishkumar R. Epigenetic silencing in transgenic plants. *Front. Plant Sci.* 2015. Vol. 6. P. 693–699. DOI: 10.3389/fpls.2015.00693.

02087.

30. Rajeevkumar S., Anunanthini P., Sathishkumar R. Epigenetic silencing in transgenic plants. *Front. Plant Sci.* 2015. Vol. 6. P. 693–699. DOI: 10.3389/fpls.2015.00693.

31. Seed potato quality improvement through positive selection by smallholder farmers in Kenya / P. R. Gildemacher et al. *Potato Res.* 2011. № 54. P. 253–266. DOI: 10.1007/s11540-011-9190-5.

32. Seed tuber degeneration in potato: the need for a new research and development paradigm to mitigate the problem in developing countries / S. Thomas-Sharma et al. *Plant Pathol.* 2016. Vol. 65. P. 3–16. DOI: 10.1111/ppa.12439.

31. Seed potato quality improvement through positive selection by smallholder farmers in Kenya / P. R. Gildemacher et al. *Potato Res.* 2011. № 54. P. 253–266. DOI: 10.1007/s11540-011-9190-5.

32. Seed tuber degeneration in potato: the need for a new research and development paradigm to mitigate the problem in developing countries / S. Thomas-Sharma et al. *Plant Pathol.* 2016. Vol. 65. P. 3–16. DOI: 10.1111/ppa.12439.

Received: November 23, 2022

Accepted: December 8, 2022

FORMATION OF PRODUCTIVITY OF BINARY AND SINGLE-SPECIES CENOSIS IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE

The effectiveness of certain elements of the technology for growing binary cenosis of grain crops (oat, triticale) and grain-legume (vetch, lupine) crops in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe was evaluated. It was established that mineral fertilization and the rate of seeding of the grain component in mixtures significantly impacted the formation of the crop structure. With the introduction of mineral fertilizer in a dose of $N_{32}P_{32}K_{32}$, an increase in the number of productive stems, the weight of 1000 grains, and the nature of grain both in monospecies and in mixed crops were noted.

Binary cenosis of grain and grain-legume crops were characterized by higher indicators of dry matter. On the background of mineral nutrition ($N_{32}P_{32}K_{32}$) in the XI stage of organogenesis, the maximum values of the dry matter of 100 plants were noted: for lupine-oat mixtures – 1065–1085 g, triticale-lupin mixtures – 1011–1069 g, vetch-oat mixtures – 848–949 g, vetch-triticale mixtures – 811–886 g.

Mineral fertilizer $N_{32}P_{32}K_{32}$ ensured the formation of a greater number of beans, the mass and number of grains in the ear, and plant productivity, but had a negative effect on the process of root nodule formation: in mixtures with vetch, their mass decreased by 0.82–0.84 g/plant (to 0.52–0.66 g), in mixtures with lupine – by 0.07–0.17 g/plant (to 2.29–2.36 g). The same pattern was observed in single-species crops.

Reduction of the seeding rate of the grain component by 1 million germinated seeds/ha in mixtures with legumes contributed to the increase in the number of grains in the ear (panicle) and seeds in the bean pod.

The introduction of mineral fertilizer $N_{32}P_{32}K_{32}$ contributed to the growth of the mass of 1000 grains of grain and grain-legume crops both in monospecies and in mixed crops. In single-species crops, the mass of 1000 grains on fertilized plots increased in oat and triticale by 1.3 and 2.5 g, respectively, in spring vetch – by 5.4, and lupine – by 10.4 g. The growth of this indicator was also noted in mixed crops.

Sowing a mixture of oat and spring vetch (4.0 + 0.8 million of germinated seeds/ha) on the background of mineral fertilizer $N_{32}P_{32}K_{32}$ provided the highest yield – 5.3 t/ha. Reduction of the seeding rate of the grain component by 1 million of germinated seeds/ha caused a decrease in yield by 0.25 t/ha. The yield increase compared to unfertilized crops was 1.07 and 1.15 t/ha, respectively.

Keywords: oat, triticale, spring vetch, narrow-leaved lupine, sowing rates, fertilizer, productivity.

Рудавська Н. М.¹, Коник Г. С.¹, Шувар А. М.², Беген Л. Л.¹,
Тимчишин О. Ф.¹, Дорота Г. М.¹

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

²Західноукраїнський національний університет

Формування продуктивності бінарних і одновидових ценозів в умовах Лісостепу Західного

Проведено оцінку ефективності окремих елементів технології вирошування бінарних ценозів зернових (овес, тритикале) і зернобобових (вика, люпин) культур у ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу Західного. Встановлено, що мінеральне удобрення та норма висіву зернового компонента у сумішах мали значний вплив на формування структури врожаю. За внесення мінеральних добрив у дозі $N_{32}P_{32}K_{32}$ відзначили зростання кількості продуктивних стебел, маси 1000 зерен, натури зерна як в одновидових, так і в сумісних посівах.

Бінарні ценози зернових і зернобобових культур характеризувалися вищими показниками повітряно-сухої маси. На фоні мінерального живлення ($N_{32}P_{32}K_{32}$) у XI етапі органогенезу відзначено максимальні значення повітряно-сухої маси 100 рослин: для люпино-вівсяних сумішок – 1065–1085 г, тритикале-люпинових – 1011–1069 г, вико-вівсяних – 848–949 г, вико-тритикалевих – 811–886 г.

Мінеральне удобрення $N_{32}P_{32}K_{32}$ забезпечувало формування більшої кількості бобів, маси і кількості зерен у колосі, продуктивності рослин, але негативно позначилося на утворенні кореневих бульбочок: у сумішках з викою їх маса зменшилася на 0,82–0,84 г/рослину (до 0,52–0,66 г), з люпином – на 0,07–0,17 г/рослину (до 2,29–2,36 г). В одновидових посівах вики і люпину спостерігали таку ж закономірність.

Зменшення норми висіву зернового компонента на 1 млн сх. нас./га у сумішках з зернобобовими зумовило збільшення кількості зерен у колосі (волоті) та насінин у бобі.

Внесення мінеральних добрив $N_{32}P_{32}K_{32}$ сприяло зростанню маси 1000 зерен зернових і зернобобових культур як в одновидових, так і в змішаних посівах. В одновидових посівах маса 1000 зерен на удобрених ділянках збільшилася у вівса і тритикале відповідно на 1,3 і 2,5 г, у вики ярої – на 5,4, люпину – на 10,4 г. Зростання цього показника відзначено й у змішаних посівах.

Висів суміші вівса та вики ярої (4,0 + 0,8 млн сх. нас./га) на фоні мінерального удобрення $N_{32}P_{32}K_{32}$ забезпечив найвищу врожайність – 5,3 т/га. Зменшення норми висіву зернового компонента на 1 млн сх. нас./га зумовило

зниження врожайності на 0,25 т/га. Приріст урожайності порівняно з неудобреними посівами становив відповідно 1,07 та 1,15 т/га.

Ключові слова: овес, тритикале, вика яра, люпин вузьколистий, норми висіву, удобрення, продуктивність.

Introduction. For the development of agricultural production in modern socio-economic conditions, it is essential to expand the area of grain-legume crops and increase the production of high-protein fodder by increasing their yield. The growth of the share of grain-legume crops to 20% should optimize the structure of the sown areas of agricultural crops in the agriculture of Ukraine, and preserve and increase the level of fertility of the soils.

In the complex of numerous measures aimed at solving this important problem, there is an effective use of the bioclimatic potential of justified climatic zones. Optimal, taking into account climatic conditions, localisation of the production of grain legumes in the regions, because they, as a result of differences in biological properties and morphological traits, are characterized by different requirements for certain soil and climatic conditions [10, 21, 22, 24]. Among the crops suitable for growing in the zone of the Western Forest-Steppe are spring vetch and narrow-leaved lupine.

Narrow-leaved lupine deserves special attention, as it can grow normally, develop and produce high yields on weakly acidic and acidic soils. In addition, it is able to assimilate phosphorus from poorly soluble forms of fertilizers and soil reserves and leaves behind in the soil up to 200 kg/ha of biological nitrogen. Lupine, in particular, is irreplaceable in increasing soil fertility, especially in organic farming. This culture has a fairly short growing season and is a good precursor for winter crops. Contributes to supporting a positive balance of humus in the soil, loosening the arable and sub-arable horizons, returning potassium and other macro- and microelements to the root layer, converting difficult-to-dissolve compounds of phosphorus and potassium into available forms, leaves for the next crop 80–220 kg of nitrogen, 30 kg of phosphorus and 50 kg of potassium [6, 7, 8, 9].

Nitrogen-fixing plants remain a powerful and irreplaceable factor in maintaining the ecological balance in agricultural systems [24, 29, 30]. One of the important indicators for grain-legume crops is the mass of root nodules at different stages of their growth and development, because the issue of soil fertility, increasing the yield of agricultural crops is primarily associated with an increase in the amount of nitrogen in the soil, and the process of nitrogen assimilation is somewhat dependent on nodule bacteria activity [19].

According to a number of researchers [4, 5, 11, 12, 13, 14, 16, 22, 25, 26], in order to obtain fodder, balanced by the content of proteins and carbohydrates, improve nitrogen nutrition of crops and preserve soil fertility, it is advisable to grow mixed agrocenoses of legume-grain crops. When growing binary legume-grain crops, a dense cenosis is formed, the productivity of which is stable over the years and can exceed the yield of components in monoculture.

The fodder value of spring vetch is determined by its high protein content. The green mass contains 18–22%, and the seeds – from 22 to 37%. When grown for grain, vetch plants are prone to lying down. When collecting them for seeds, there are certain difficulties, that is, this culture needs a supporting culture, which will increase ecological plasticity and resistance to stress in agrophytocenoses [1, 24]. The advantage of growing spring vetch in binary crops is especially evident in conditions of rainfall deficit at elevated temperatures. At the same time, single-species crops of vetch sharply reduce the yield, and positive allelopathy is manifested in mixed crops [1], therefore, it is important to determine the best components of the mixtures, and their optimal ratio [4, 24].

Researchers indicate the effectiveness of applying mineral fertilizers in agrocenoses of spring grain and legume-grain crops [2, 3, 15, 17, 18, 19, 27, 30].

Materials and methods. The object of the study was single-species and binary cenoses of grain (oat, triticale) and legume-grain (vetch, lupine) crops. Oat (*Avena sativa L.*) variety Arkan, spring triticale (*Triticosecale*) variety Khibodar Kharkivskiyi, spring vetch (*Vicia sativa L.*) variety Bilotserkivska, narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius L.*) variety Flamingo was sown. The ratio of components in the mixtures was 0.8 million of germinated seeds of lupine or vetch and 3.0 and 4.0 million of germinated seeds/ha of oat or triticale. In single-species crops, oat and spring triticale were sown at the rate of 5.5 million of germinated seeds/ha, vetch and lupine – 1.2 million of germinated seeds/ha. Mineral fertilizers ($N_{32}P_{32}K_{32}$) were applied according to the research scheme in the form of nitrophoska (N:P:K 16:16:16).

The repetition of the study is sixfold. The total area of the site is 19.3 m², and the accounting area – 12 m².

Harvest accounting was carried out by threshing the grain in sections with a "Sampo-130" combine, followed by weighing and conversion to 14% moisture content.

The experimental work was carried out in the fields of IA of the Carpathian region of the National Academy of Sciences on gray forestal surface-glazed soil with the following agrochemical parameters (in the 0–20

cm layer): humus (according to Tyurin) – 1.5–1.6, alkaline-hydrolyzed nitrogen (according to Kornfield) – 105–110 mg, mobile phosphorus (according to Kirsanov) – 111–114 mg, exchangeable potassium (according to Kirsanov) – 101–107 mg per 1 kg of soil. According to the current gradation, such soil has a very low provision of nitrogen, medium – phosphorus and low – potassium. The reaction of the soil solution ($\text{pH}_{\text{salt}} - 5.75$) is weakly acidic.

In general, the years of research significantly differed in terms of the main indicators (heat, moisture) from the multi-year average values. The growing seasons of 2016, 2017, 2019, and 2020 were characterized by increased (by 1.4–2.64 °C) air temperature and lower than-normal precipitation (61.0–91.5% of normal). In 2018, an elevated temperature regime was also observed (by 2.5 °C), but more precipitation fell than normal (104.4%), which contributed to the active growth and development of the grain-legume component.

There are many methods for agronomic assessment of moisture conditions, in which it is noted that the supply of moisture to plants is directly dependent on the amount of productive soil moisture and inversely to evaporation, which depends on temperature, that is, on HTI (hydrothermal index). As a result of HTI calculations, it can be seen that the period of starting, formation and ripening of grain took place mainly under the optimal level of moisture in 2016 and 2017 (HTI – 1.21–1.34) and excessive in 2018–2020 (HTI – 1.66–2.01).

The research aims to develop effective technology elements for growing binary cenosis of grain (oat, triticale) and grain-legume (vetch, lupine) crops and to establish the peculiarities of their productivity in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe. Research methods: in the field (to observe the growth and development of plants during the growing season); laboratory-field (determination of the influence of the studied factors on the dynamics of biometric indicators of plants); laboratory-chemical (determination of seed quality indicators, the content of nutrients in the soil), measuring and weighing (determination of yield and crop structure); mathematical and statistical (determining the reliability of the obtained results); calculation and comparison (determination of economic efficiency).

Results and discussion. During the period of research (2016–2020), the peculiarities of the growth and development of grain and grain-legume crops were established depending on the composition of mixtures, the rate of sowing components and mineral fertilizer.

It was determined that the combined grain and grain-legume crops were characterized by higher indicators of air-dry mass. On the background

of mineral nutrition ($N_{32}P_{32}K_{32}$) in the XI stage of organogenesis, the maximum values of the dry matter of 100 plants were noted: for lupine-oat mixtures – 1065–1085 g, triticale-lupine mixtures – 1011–1069 g, vetch-oat mixtures – 848–949 g, vetch-triticale mixtures – 811–886 g.

On unfertilized plots, the air-dry weight of 100 plants was lower – 737–771 g for triticale-vetch mixtures, 754–815 g for vetch-oat mixtures, 819–859 g for triticale-lupine mixtures and 974–978 g for oat-lupine mixtures.

On the background of mineral fertilizer, the air-dry mass of plants increased. In the areas where vetch-oat mixtures were sown, this indicator in the XI stage of organogenesis increased by 94.0–134 g, when sowing oat-lupine mixtures – by 91.0–107 g, triticale-vetch – by 74.0–115, 0 g, triticale-lupines – by 192.0–210.0 g. In single-species oat crops – by 119.0 g, triticale – 118.0 g, vetch – 13.0 g, lupine – 79.0 g. Overall an increase in the total raw and air-dry mass of the mixtures was observed under the condition of reducing the seeding rate of the grain component from 4.0 to 3.0 million of germinated seeds/ha due to the increase in the mass of the grain-legume component (both lupine and vetch).

The soils of the Western region lack nitrogen compounds available for plants. One of the ways to replenish its reserves is the use of biological nitrogen, which accumulates in the process of the symbiosis of grain-legume plants with nodule bacteria (Table 1). The intensity of the formation of root nodules depends on many factors, including the genetic characteristics of the culture, temperature regime, precipitation, soil moisture, etc.

In the ontogenesis of spring vetch and lupine, regardless of the studied version of the growing technology, the mass of nodules increased until the flowering phase. On unfertilized crops at the beginning of intensive growth of grain legumes, their weight was 0.2–0.25 g/plant in spring vetch and 0.28–0.33 g/plant in lupine. Application of mineral fertilizers $N_{32}P_{32}K_{32}$ somewhat slowed down the processes of formation of root nodules and their weight was lower: in spring vetch by 0.1–0.17, in lupine – by 0.12–0.15 g/plant compared to unfertilized areas.

A significant increase in the mass of root nodules was noted in the simultaneous sowings of grain with spring vetch, while the inverse relationship was observed in lupine. In the flowering phase, the mass of root nodules of spring vetch plants in binary cenoses increased to 1.36–1.49 g/plant in unfertilized variants and by 0.04–0.18 g/plant with the application of $N_{32}P_{32}K_{32}$ (in single-species crops, respectively, 0.94 and 0.48 g/plant).

1. Mass of root nodules, g/plant (average data for 2016–2020)

Options	Start of intensive growth		End of intensive growth		Flowering	
	control (without fertilizers)	N ₃₂ P ₃₂ K ₃	control (without fertilizers)	N ₃₂ P ₃₂ K ₃	control (without fertilizers)	N ₃₂ P ₃₂ K ₃
Oat (5.0 million of germinating seeds/ha)	0.25	0.08	0.46	0.41	0.94	0.48
Spring triticale (5.0 million of germinating seeds/ha)	0.33	0.18	0.71	0.70	2.84	2.50
Spring vetch + Lupine (1.2+1.2 million of germinating seeds/ha)	-	-	-	-	-	-
	0.20	0.08	0.39	0.39	1.48	0.66
Oat + spring vetch (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	-	-	-	-	-	-
	0.20	0.10	0.40	0.41	1.37	0.52
Oat + spring vetch (3.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	-	-	-	-	-	-
	0.29	0.14	0.62	0.63	2.40	2.31
Oat + lupine (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	-	-	-	-	-	-
	0.30	0.17	0.64	0.66	2.36	2.29
Oat + lupine (3.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	-	-	-	-	-	-
	0.20	0.10	0.37	0.38	1.49	0.58
Triticale + vetch (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	-	-	-	-	-	-
	0.22	0.10	0.38	0.39	1.36	0.53
Triticale + vetch (3.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	-	-	-	-	-	-
	0.28	0.16	0.60	0.62	2.53	2.36
Triticale + lupine (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	-	-	-	-	-	-
	0.30	0.17	0.63	0.66	2.49	2.29

In the cenosis of lupine with grains, a decrease in the mass of root nodules was observed compared to single-species crops. In variants without mineral fertilizers, it was 2.36–2.53 g/plant (in the control 2.84 g/plant).

With the introduction of mineral fertilizer – 2.29–2.36 g/plant (in the control 2.5 g/plant).

The yield of crops depended on the composition of the mixtures, the sowing rate of the grain and grain-legume component and fertilizer. On variants of single-species crops without fertilization, the actual yield was: 3.23 (oat), 2.84 (triticale), 1.29 (vetch) and 1.42 t/ha (lupine). With the introduction of mineral fertilizer at the rate of $N_{32}P_{32}K_{32}$, there was an increase in the yield of oat by 0.66 t/ha, spring triticale by 0.87 t/ha, spring vetch by 0.58 t/ha and lupine by 0.44 t/ha.

By the cultivation of grain and grain-legume crops in binary cenosis the yield increased. It was the highest by sowing a mixture of oat and spring vetch (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha) and application of mineral fertilizers in a dose of $N_{32}P_{32}K_{32}$ – 5.3 t/ha. Reduction of the seeding rate of the grain component by 1.0 million of germinating seeds/ha caused a decrease in yield by 0.25 t/ha. The yield increase compared to unfertilized crops in these options was 1.07 and 1.15 t/ha, respectively.

The given productivity indicators were formed on the basis of the relevant indicators of the crop structure. As the data in Table 2 shows, the number of productive stems and plants before harvesting both grain and grain-legume crops directly depended on the rate of sowing. On single-species crop options with sowing grains of 5.0 million of germinating seeds/ha, legumes 1.2 million of germinating seeds/ha were 354 pcs/m² (oat), 321 (spring triticale), 83 (spring vetch), 78 (lupine). In binary cenosis, the norm of 4.0 and 3.0 million of germinating seeds/ha was used for grains, and for legumes – 0.8 million of germinating seeds/ha. The number of productive stems and plants was proportional to the sowing rate and on unfertilized plots was within 267–330 pcs/m² (grains) and 45–57 pcs/m² (legumes) (Table 2).

The number of beans on a plant depended significantly on the application of mineral fertilizers, and if in the control plants of spring vetch it was formed in the range of 6.7–7.7 pcs, then with the application of $N_{32}P_{32}K_{32}$ – 7.5–9.4 pcs, in lupine respectively – 7.5–9.4 pcs and 7.3–8.8 pcs.

In spring vetch in mixed crops, a tendency to increase the number of beans from one plant was observed compared to single-species on the background of mineral nutrition – up to 8.5–9.4 pcs, in lupine on the contrary – in single-species crops their number is greater (8.8 pcs), and in mixed crops it is less (7.5–7.9 g).

2. Formation of the elements of the mixture structure depending on the studied factors (average data for 2016–2020)

Options	Number of productive stems/plants, pcs/m ²		Number of beans per 1 plant, pcs		The number of grains in 1 ear (panicle)/seeds in 1 bean, pcs		Weight of grain from 1 ear/from 1 plant, g	
	control (without fertilizers)	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	control (without fertilizers)	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	control (without fertilizers)	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	control (without fertilizers)	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂
1	354	364	-	-	37.6	40.9	1.10	1.24
2	321	343	-	-	32.1	37.6	1.07	1.31
3	83	85	6.7	7.5	5.7	6.3	1.86	2.53
4	78	82	8.1	8.8	3.4	3.5	3.62	4.09
5*)	330	354	-	-	39.5	42.4	1.18	1.28
	57	57	7.3	8.5	6.3	6.5	2.29	3.13
6*)	267	292	-	-	38.4	43.3	1.20	1.34
	57	59	7.7	9.0	6.4	6.7	2.56	3.50
7*)	327	345	-	-	40.2	42.8	1.19	1.32
	45	48	6.8	7.5	2.9	3.1	2.31	2.90
8*)	269	286	-	-	40.8	43.7	1.25	1.38
	48	48	7.1	7.7	3.1	3.3	2.67	3.28
9*)	286	300	-	-	34.6	39.3	1.16	1.38
	55	55	7.5	8.9	6.3	6.6	2.40	3.29
10*)	222	238	-	-	36.0	39.7	1.21	1.43
	57	58	7.7	9.4	6.6	6.8	2.66	3.64
11*)	278	301	-	-	35.0	40.2	1.23	1.45
	47	48	6.6	7.3	3.1	3.2	2.49	3.22
12*)	221	240	-	-	34.1	41.1	1.27	1.50
	49	49	7.2	7.9	3.2	3.5	2.97	3.58

*) in the numerator – grains, in the denominator – legumes

The number of grains in an ear (panicle) and seeds in a bean pod varied depending on the fertilizer and the rates of mixtures' sowing. If in single-species crops, their number (pieces per plant) in the control (without fertilizers) was: 37.6 (oat); 32.1 (spring triticale); 5.7 (spring vetch); 3.4 pcs (lupine), then with the introduction of N₃₂P₃₂K₃₂, it increased by 3.3, 5.5, 0.6, 0.1 pcs, respectively. The same regularity was noted in mixed crops of grain and grain-legume crops. However, it is worth noting that the number of grains in the ear of spring triticale and the panicle of oat and the number of seeds in the bean pod of spring vetch was greater in mixed crops compared to pure crops, and on the contrary, it decreased in lupine.

Obviously, slight shading of lupine by grain crop, especially by oat, led to such a result.

Research results indicate that a decrease in the seeding rate of the grain component by 1 million of germinating seeds/ha in mixtures with legumes led to an increase in the number of grains in the ear (panicle) and seeds in the bean pod.

The weight of grain from one ear and from one plant depended on the fertilizer and the rate of sowing mixtures. The introduction of mineral fertilizers at the rate of $N_{32}P_{32}K_{32}$ contributed to the growth of this indicator in all agrocenoses.

In the control (without fertilizers), the weight of grain from an ear was within 1.1–1.25 g (oat); 1.07–1.27 g (spring triticale); from one plant – 1.86–2.67 g (spring vetch); 3.62–2.97 g (lupine), and with the introduction of $N_{32}P_{32}K_{32}$ their weight increased to 1.24–1.38, 1.31–1.5; 2.53–3.64 and 4.09–3.58 g, respectively. If we analyze this indicator, we can see that it increases in oat, triticale and vetch in mixed crops.

Mineral fertilizer ($N_{32}P_{32}K_{32}$) contributed to the growth of the mass of 1000 grains of grain and grain-legume crops both in monospecies and in mixed crops. In single-species crops, the weight of 1000 grains on fertilized plots increased by 1.3 and 2.5 g in oat and triticale, by 5.4 g in spring vetch, and by 10.4 g in lupine (Table 3). The growth of this indicator was also noted in mixed crops.

In spring vetch, sown in mixtures with grains, an increase in the mass of 1000 grains was noted by 3.0–5.1 g on unfertilized crops and by 4.1–5.2 g on the $N_{32}P_{32}K_{32}$ background, while in lupine this indicator decreased, respectively, by 1.5–7.9 and 1.5–9.4 g. Moreover, when sowing lupine with oat, a greater decrease in the weight of 1000 grains was observed – by 6.2–9.4 g, while in mixtures with triticale this indicator decreased by 1.5–5.2 g, depending on the fertilizer option.

The nature of the grain was higher on the background of mineral fertilization in all agrocenoses and in single-species crops it was 402 g/l in oat, 707 g/l in spring triticale, 817 g/l in spring vetch, and 793 g/l in lupine, which exceeds the control options without fertilizer by 10.0, 17.0, 9.0 and 10.0 g/l, respectively. In mixed crops, the nature of the grain increased with a decrease in the seeding rate of the grain component. Reduction of the sowing rate by 1 million of germinating seeds/ha in mixtures of oat with spring vetch caused an increase in nature by 47 g/l, with lupine – by 7–23 g/l, triticale with vetch – by 7.0–8.0 g/l, with lupine – by 11 .0 g/l.

3. Individual physical indicators of grain depending on the studied factors (average data for 2016–2020)

Options	Weight of 1000 grains, g		Nature of grain, g/l ²	
	control (without fertilizers)	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	control (without fertilizers)	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂
Oat (5.0 million of germinating seeds/ha)	29.6	30.9	392	402
Spring triticale (5.0 million of germinating seeds/ha)	32.9	35.4	690	707
Spring vetch + Lupine (1,2+1.2 million of germinating seeds/ha)	48.8	54.2	808	817
Lupine (1.2 million of germinating seeds/ha)	125.6	136.0	783	793
Oat + spring vetch (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	30.7	32.0	461	470
	52.0	58.3		
Oat + spring vetch (3.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	31.3	31.9	508	517
	53.5	59.2		
Oat + lupine (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	31.1	31.9	472	478
	117.7	126.6		
Oat + lupine (3.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	31.5	32.3	479	501
	119.4	128.2		
Triticale + vetch (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	34.9	36.3	750	761
	51.8	58.4		
Triticale + vetch (3.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	35.5	36.5	758	767
	53.9	59.4		
Triticale + lupine (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha)	33.4	37.1	739	749
	120.4	131.5		
Oat (5.0 million of germinating seeds/ha)	36.5	37.4	750	760
	124.1	134.5		

Over the years of research, the maximum area of the leaf surface was noted in the VIII stage of organogenesis in all variants of the experiment. On the XI stage of orthogenesis, a decrease in the leaf surface of crops due

to the attenuation of assimilation processes was recorded. According to the research data, the area of the leaf surface of the crops in the control plots in the V stage of organogenesis averaged 13.3 thousand m²/ha, in the VIII stage it increased by 15.5 thousand m²/ha (up to 28.8 thousand m²/ha), in the XI stage – decreased by 5.6 thousand m²/ha (to 23.2 thousand m²/ha). On the variants with the introduction of mineral fertilizer, an increase in the area of leaves was observed in the V stage of organogenesis by an average of 6.0 thousand m²/ha (19.3 thousand m²/ha), in the VIII stage by 5.3 thousand m²/ha (34.2 thousand m²/ha), in the XI stage – by 4.8 thousand m²/ha (up to 28.1 thousand m²/ha) compared to the control without fertilizers.

The maximum values of the leaf surface area at all stages of organogenesis were recorded by the sowing of the oat-vetch mixture (4.0 million of germinating seeds/ha of oat and 0.8 million of germinated seeds/ha of vetch) and the application of mineral fertilizers, respectively 21.1, 34.02, 29.69 thousand m²/ha. The highest rates of net photosynthesis productivity were also noted on these crops – 23.85 and 17.45 g/m² of dry matter per day in the V–VIII and VIII–XI stages of organogenesis, respectively. In the control plots (without fertilizers), the net productivity of photosynthesis was on average 18.84 g/m² of dry matter in the V–VIII stages of orthogenesis and 16.38 g/m² of dry matter per day in the VIII–XI stages. Fertilization contributed to the growth of PPF, respectively by 4.81 and 1.07 g/m² of dry matter per day.

Reduction of the seeding rate of the grain component by 1 million of germinated seeds/ha led to a decrease in this indicator by 1.19–0.89 g/m² of dry matter per day (in the control) and by 0.42–0.29 g/m² of dry matter per day (after application of N₃₂P₃₂K₃₂). For mixtures of grains with lupine situation was similar with slightly lower indicators.

Fertilization of crops contributed to the growth of the net productivity of photosynthesis compared to the unfertilized control in all variants of the experiment. On average, during the years of the study, the PPF on fertilized crops increased compared to the control by 44.76 g/m² of dry matter per day in the V–VIII stages of organogenesis and by 13.12 g/m² of dry matter per day in the VIII–XI stages.

Conclusions

Reduction of the seeding rate of the grain component in binary cenosis by 1 million of germinated seeds/ha influenced the growth of the number of beans on vetch and lupine plants, the number of grains in the ear (panicle) and seeds in the bean pod.

Sowing a mixture of spring vetch with oat (4.0 million of germinating seeds/ha of oat and 0.8 million of germinating seeds/ha of vetch) and application of mineral fertilizers $N_{32}P_{32}K_{32}$ contributed to the formation of the largest leaf surface area (34.02 thousand m^2/ha) and net productivity of photosynthesis (23.85 g/m^2 of dry matter per day). Reduction of the oat sowing rate by 1.0 million of germinating seeds/ha led to a decrease in these indicators by 1.19 thousand m^2/ha and 0.62 g/m^2 of dry matter per day.

Sowing a mixture of oat and spring vetch (4.0 + 0.8 million of germinating seeds/ha) on the background of $N_{32}P_{32}K_{32}$ provided the highest yield – 5.3 t/ha. Reduction of the seeding rate of the grain component by 1 million of germinating seeds/ha caused a decrease in yield by 0.25 t/ha. The yield increase compared to unfertilized crops was 1.07 and 1.15 t/ha.

Список використаної літератури

1. Безгодов А. В., Галимов К. А. Выращивание вики яровой на семена и зернофураж в смешанных посевах с рапсом и горчицей. *The Scientific Heritage*. 2021. № 77. С. 3–8. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-77-2-3-8.

2. Вплив мінеральних добрив на ріст, розвиток та зернову продуктивність сортів люпину вузьколистого в умовах Правобережного Лісостепу / Підпалій І. Ф. та ін. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 104–113.

3. Векленко Ю. А., Ковтун К. П., Матіяш Н. О. Вплив норм висіву та удобрення на кормову продуктивність вівсяно-бобових сумішок в умовах Правобережного Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 57–62.

4. Голодна А. В., Олійник К. М. Продуктивність люпину вузьколистого і пшениці ярої за сумісного вирощування. *Зернобобові культури та соя для сталого розвитку аграрного виробництва України* : матеріали Міжнар. наук. конф., Вінниця, 11–12 серп. 2016 р. Вінниця : Діло, 2016. С. 76–77.

References

1. Bezgodov A. V., Galimov K. A. Cultivation of spring vetch for seeds and grain fodder in mixed crops with rapeseed and mustard. *The Scientific Heritage*. 2021. No 77. P. 3–8. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-77-2-3-8

2. The influence of mineral fertilizers on the growth, development and grain productivity of narrow-leaved lupine varieties in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe / Pidpalyi I. F. ta in. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2013. Issue. 75. P. 104–113.

3. Veklenko Yu. A., Kovtun K. P., Matiiash N. O. The influence of sowing rates and fertilization on the forage productivity of oat-legume mixtures in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2018. Issue. 86. P. 57-62.

4. Holodna A. V., Oliinyk K. M. Productivity of narrow-leaved lupine and spring wheat under joint cultivation: *Zernobobovi kultury ta soia dlia staloho rozvytku ahrarnoho vyrobnytstva Ukrainy* : materialy Mizhnar. nauk. konf. Vinnytsia, 11–12 serp. 2016 r. Vinnytsia : Dilo, 2016.

5. Голодна А. В., Павленко В. Ю. Формування продуктивності агроценозом люпину вузьколистого і вівса голозерного за сумісного вирощування в Північному Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 244–251.
6. Жатова Г. О., Лаврик І. М. Урожайність люпину білого та вузьколистого залежно від агротехнічних прийомів вирощування в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2012. № 9. С. 102–106.
7. Іванюк В. Я., Качмар О. Й., Вавринович О. В. Фітомеліоративний потенціал люпину багатолістого. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (2). С. 63–70.
8. Корнійчук М., Ткаченко Н. Перспективи використання фузаріозостійких сортів люпину в органічному землеробстві. *Пропозиція*. 05/20 (300). С. 56–57.
9. Корнійчук М. С., Ткаченко Н. В. Перспективи використання фузаріозостійких сортів люпину в органічному землеробстві. *Землеробство*. 2018. Вип. 1. С. 45–50.
10. Люпин білий. Генетичний потенціал та його реалізація у сільськогосподарське виробництво : монографія / В. А. Мазур та ін. Вінниця, 2018. 231 с.
11. Олійник К. М., Голодна А. В. Потенційний урожай пшениці ярої та люпину вузьколистого за сумісного вирощування. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 1 (65). С. 1–13.
12. Панчишин В. З. Продуктивність вико-вівсяної сумішки залежно від елементів технології вирощування в умовах Житомирського Полісся. *Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету*. 2013. Вип. 1 (1). С. 308–314.
13. Панчишин В. З., Мойсієнко В. В. Продуктивність вико-вівсяної сумішки та оцінка моделей технологій її вирощування на зелену масу в умовах
- P. 76–77.
5. Holodna A. V., Pavlenko V. Yu. Formation of productivity by the agrocenosis of narrow-leaved lupine and bare-grain oat under joint cultivation in the Northern Forest-Steppe. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2013. Issue. 76. P. 244–251.
6. Zhatova H. O., Lavryk I. M. Productivity of white and narrow-leaved lupine depending on agrotechnical methods of cultivation in the conditions of the northeastern Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2012. No 9. P. 102-106.
7. Ivaniuk V. Ya., Kachmar O. Y., Vavrynovych O. V. Phytomeliorative potential of lupine. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2015. No 58-2. P. 63-70.
8. Korniiichuk M., Tkachenko N. Prospects for the use of fusarium-resistant lupine varieties in organic farming. *Propozytsiia*. 05/20 (300). P. 56–57.
9. Korniiichuk M. S., Tkachenko, N. V. Prospects for the use of fusarium-resistant lupine varieties in organic farming. *Zemlerobstvo*. 2018. Issue. 1. P. 45-50.
10. Mazur V. A., Pansyryeva H. V., Didur I. M., Prokopchuk V. M. White lupine. Genetic potential and its implementation in agricultural production: *Monohrafiia*. Vinnytsia, 2018. 231 p.
11. Oliinyk K. M., Holodna A. V. Potential yield of spring wheat and narrow-leaved lupine under joint cultivation. *Naukovi dopovidi NUBIP Ukrainy*. 2017. No 1 (65). P. 1–13.
12. Panchyshyn V. Z. Productivity of vetch-oat mixture depending on the elements of growing technology in the conditions of Zhytomyr Polissia. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*. 2013. Issue 1 (1). P. 308-314.
13. Panchyshyn V. Z., Moisiienko V. V. Productivity of vetch-oat mixture and assessment of models of its cultivation technologies for green mass in the conditions of Polissia. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2016. Issue 82.

- Полісся. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 163–169.
14. Панчишин В. З., Мойсієнко В. В. Продуктивність та кормова оцінка однорічних вівсяно-бобових сумішок залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся України. *Агробіологія*. 2015. № 2. С. 90–96.
 15. Продуктивність люпину вузьколистого залежно від добрив на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах / Ткачук В. П. та ін. *Науковий горизонт*. 2019. № 1. С. 25–32.
 16. Продуктивність пелюшко-вівсяної сумішки залежно від способів основного обробітку ґрунту та удобрення у польовій сівозміні Полісся / В. В. Мойсієнко та ін. *Вісн. ЖНАЕУ*. 2009. № 1. С. 129–136.
 17. Ратошнюк В. І. Вплив агротехнічних заходів на урожайні показники люпину вузьколистого в умовах Полісся України. Науковий збірник «Вісник Степу». 2015. Вип. 12. С. 51–58.
 18. Ратошнюк В. І. Вплив елементів технології вирощування на насінневу продуктивність люпину вузьколистого. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. № 4 (81). С. 142–150.
 19. Ратошнюк В. І. Вплив технологічних прийомів вирощування на зернову та насінневу продуктивність люпину вузьколистого. Науковий журнал «Біоресурси і природокористування». 2017. Т. 9, № 1/2. С. 54–62.
 20. Ратошнюк В. І., Гаврилюк М. М. Люпин вузьколистий – культура універсального використання у зоні Полісся України. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 8 (809). С. 26–37. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202008-04>.
 21. Ратошнюк В. І. Нарешті визначено, за яких добрив, норм висіву та агротехнологій люпин вузьколистий формує високі намолати й таку ж якість насіння. *Зерно і хліб*. 2015. № 3 (79). С. 80–81.
 22. Ратошнюк В. І. Формування P. 163–169.
 14. Panchyshyn V. Z., Moisiienko V. V. Productivity and fodder assessment of one-year oat-legume mixtures depending on the elements of growing technology in the conditions of the Polissia of Ukraine. *Ahrobiolohiia*. 2015. No 2. P. 90–96.
 15. Productivity of narrow-leaved lupine depending on fertilizers on sod-podzolic sandy soils. Tkachuk V. P., Kotelnyska H. M., Tymoshchuk T. M., Saiuk O. A. *Naukovi horyzonty*. 2019. No 1. P. 25–32.
 16. Productivity of diaper-oat mixture depending on the methods of main soil cultivation and fertilization in the field crop rotation of Polissia / V. V. Moisiienko ta in. *Visn. ZhNAEU*. 2009. No 1. P. 129–136.
 17. Ratoshniuk V. I. The influence of agrotechnical measures on yield indicators of narrow-leaved lupine in the conditions of Polissia of Ukraine. *Naukovyi zbirnyk «Visnyk Stepu»*. 2015. Issue 12. P. 51–58.
 18. Ratoshniuk V. I. The influence of elements of cultivation technology on the seed productivity of narrow-leaved lupine. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia*. 2014. No 4 (81). P. 142–150.
 19. Ratoshniuk V. I. The influence of technological methods of cultivation on grain and seed productivity of narrow-leaved lupine. *Naukovyi zhurnal «Bioresursy i pryrodokorystuvannia». VTs NUBiP Ukrainy*, 2017. Vol. 9, № 1-2. P. 54–62.
 20. Ratoshniuk V. I., Havryliuk M. M. Narrow-leaved lupine is a culture of universal use in the Polissia zone of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. No 8 (809). P. 26–37. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202008-04>
 21. Ratoshniuk V. I. Finally, it has been determined under which fertilizers, sowing rates and agrotechnologies narrow-leaved lupine produces high yield and the same seed quality. *Zerno i khlib*. 2015. No 3 (79). P. 80–81.
 22. Ratoshniuk V. I. Formation of narrow-leaved lupine productivity indicators depending on the complex effect

- показників продуктивності люпину вузьколистого залежно від комплексної дії факторів інтенсифікації вирощування в зоні Полісся України. *Перший незалежний науковий вісник*. 2015. № 5. С. 37–43.
23. Сурменко В. Оптимізація мінерального живлення рослин. *Зерно*. 2011. № 4. С. 57–59.
24. Черенков А. В., Шевченко М. С. Зернобобові культури – стратегічний фактор регулювання білкового балансу та родючості ґрунтів. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 5–11.
25. Шевніков М. Я. Принципи підбору компонентів для змішаних посівів за вирощування їх на зелений корм. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2008. № 4. С. 54–60.
26. Шувар А. М., Рудавська Н. М., Беген Л. Л. Врожайність бінарних ценозів зернових і зернобобових культур. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (1). С. 156–168. DOI: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-1-11](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-11).
27. Шувар А. М., Рудавська Н. М., Беген Л. Л. Особливості формування елементів структури сумішок зернових і зернобобових культур. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69 (2). С. 108–122. DOI: [10.32636/01308521.2021-\(69\)-2-7](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2021-(69)-2-7).
28. Biochemical composition and feed quality of oat-bean mixtures depending on sowing rates and level of mineral nutrition in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. Kovtun K., Veklenko Y., Babich-Poberezhna A., Matiyash N. *Norwegian Journal of development of the International Science*. №63/2021. Vol. 1. P. 3–8. DOI: [10.24412/3453-9875-2021-63-1-3-8](https://www.doi.org/10.24412/3453-9875-2021-63-1-3-8)
29. Bioenergy efficiency of the usage of biopreparations for the growth of white lupine in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Bahmat M. I., Mazur V. A., Didur I. M. et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. V. 8(3). P. 203–208.
30. Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus* of factors of intensification of cultivation in the Polissia zone of Ukraine. *Pershyi nezaleznyi naukovyi visnyk*. 2015. No 5. P. 37–43.
23. Surmenko V. Optimization of mineral nutrition of plants. *Zerno*. 2011. No 4. P. 57–59.
24. Cherenkov A. V., Shevchenko M. S. Legumes are a strategic factor in regulating protein balance and soil fertility. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 2016. No 11. P. 5–11.
25. Shevnikov M. Ya. Principles of selection of components for mixed crops for growing them for green fodder. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2008. No 4. P. 54–60.
26. Shuvar A. M., Rudavska N. M., Behen L. L. Yield of binary cenoses of grain and grain-legume crops. *Peredhirne i hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. 2020. Issue 67 (I). P. 156–168. DOI: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-1-11](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-11)
27. Shuvar A. M., Rudavska N. M., Behen L. L. Peculiarities of the formation of elements of the structure of mixtures of grain and grain-legume crops. *Peredhirne i hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. 2021. Issue 69 (II). P. 108–122. DOI: [10.32636/01308521.2021-\(69\)-2-7](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2021-(69)-2-7)
28. Biochemical composition and feed quality of oat-bean mixtures depending on sowing rates and level of mineral nutrition in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Kovtun K., Veklenko Y., Babich-Poberezhna A., Matiyash N. *Norwegian Journal of development of the International Science*. No 63/2021. Issue 1. P. 3–8. DOI: [10.24412/3453-9875-2021-63-1-3-8](https://www.doi.org/10.24412/3453-9875-2021-63-1-3-8)
29. Bioenergy efficiency of the usage of biopreparations for the growth of white lupine in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Bahmat M. I., Mazur V. A., Didur I. M. et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. V. 8(3). P. 203–208.
30. Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus*

8(3). P. 203–208.

30. Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus albus* L. in Ukraine / Mazur V.A., Mazur K. V., Pantsyreva H. V., Alekseev O. O. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. V. 8(4). P. 148–153.

31. Gamayunova V., Chaikina O. Optimization of nutrition and accumulation of aboveground biomass by triticale plants. *Achievements of Ukraine and the EU in Ecology, Biology, Chemistry, Geography and Agricultural Sciences. Publishing House "Baltija Publishing"*. 2021/7/21. P. 177–194. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-086-5-9>

albus L. in Ukraine / Mazur V.A., Mazur K. V., Pantsyreva H. V., Alekseev O. O. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Issue 8(4). P. 148–153.

31. Gamayunova V., Chaikina O. Optimization of nutrition and accumulation of aboveground biomass by triticale plants. *Achievements of Ukraine and the EU in Ecology, Biology, Chemistry, Geography and Agricultural Sciences. Publishing House "Baltija Publishing"*. 2021/7/21. P. 177–194. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-086-5-9>

Received: September 1, 2022

Accepted: November 4, 2022

DOI: 10.32636/01308521.2022-(72)-2-4

UDC 633.854.78:631.81.095.337

V. M. SENDETSKIY¹, I. A. SHUVAR², doctors of agricultural sciences

T. V. MELNYCHUK³, O. Ya. CHERNYSHENKO⁴,

T. V. SHEVCHENKO⁵, candidates of agricultural sciences

¹Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Hrushevskoho street, 5, v. Obroshyne, Lviv region, Lviv district, Ukraine, 81115,

e-mail: vermos2011@ukr.net

²Lviv National University of Nature Management

Volodymyra Velykoho Str., 1, Dubliany, Lviv District, Lviv Region, Ukraine,

80381, e-mail: ShuvarIA@ukr.net

³Carpathian State Agricultural Research Station of the IACR NAAS

Stepana Bandery Str., 21a, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76014

⁴West Ukrainian National University

Lvivska Str., 11, Ternopil, Ukraine, 46009,

e-mail: olena_chern@ukr.net

⁵Office of the Presidium of National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine

Mikhail Omelyanovich-Pavlenko Str, 9, Kyiv, 01010,

e-mail: toma.agrovet@gmail.com

PRODUCTIVITY FORMATION OF SUNFLOWER HYBRIDS WITH THE USE OF PLANT GROWTH REGULATORS

Sunflower is the main oil crop in Ukraine, which provides almost 90 % of oil production, the volume of which increases annually, mainly due to the expansion of cultivated areas. Crop yield during 2013–2017 was 1.9–2.2 t/ha for varieties suitable for distribution in Ukraine included in the State Register of Plants suitable for distribution in Ukraine with a productivity of 3.5–5.0 t/ha. Therefore, it is actually to search for reserves to further increase the yield of crops under the conditions of global climate change, improve the quality of products and reduce the negative impact on soil fertility and the surrounding natural environment. The solution to this problem is possible by improving the elements of sunflower cultivation technology, including the use of plant growth regulators.

The research was carried out during 2013–2017 in the experimental field of PF "Bohdan and K" of Sniatynskiy district, Ivano-Frankivsk region. The placement of options in the experiment is systematic with four repetitions. The predecessor of the sunflower is winter wheat. Agrotechnical measures of cultivation in experimental variants are generally accepted for the conditions of the western part of the Forest-Steppe of Ukraine.

During the years of research, it was established that plant growth regulators Vermymah and Vermiodis influenced the intensity of growth processes of sunflower plants, in particular, an increase in the leaf surface by 27–29 % and the

© Sendetskiy V. M., Shuvar I. A.,
Melnychuk T. V., Chernyshenko O. Ya.,
Shevchenko T. V., 2022

net productivity of photosynthesis by 1.2–1.9 g/m² per day, or by 16–25 % compared to the control.

A similar effect of the researched growth regulators on the formation of indicators of the structure of reproductive organs (basket diameter, number and weight of 1000 seeds) was established. Based on the mathematical and statistical analysis of the influencing factors and the proposed models, the structural indicators were directly correlated with the yield and provided 8–15 % higher yield increases than the control.

The highest seed yield of hybrids NK Brio and NK Rokki was obtained in the variants of two-time foliar application of the plant growth regulator Vermymah at the rate of 6 l/ha, respectively 3.64 and 3.51 t/ha, and Vermiodis at the rate of 4 l/ha, respectively 3.66 and 3.52 t/ha.

The researched preparations provided a significant improvement in the quality of sunflower hybrids, in particular, the oil content increased by 1.2–2.4 %, oil yield – by 0.22–0.58 t/ha and acid number indicator decreased by 0.04–0.1 %.

In all options with the use of Vermymah and Vermiodis growth regulators by one-time and two-time application of NK Brio and NK Rokki hybrids to growing sunflower plants compared to the control, conditional net income increased by UAH 2193–4014/ha, the level of profitability – by 12.7–22.7 %, and the cost price of sunflower seeds decreased by UAH 303–518/ton.

Keywords: sunflower hybrids, leaf surface area, productivity, plant growth regulators, photosynthesis, seed quality.

Сендецький В. М.¹, Шувар І. А.², Мельничук Т. В.³, Чернищенко О. Я.⁴, Шевченко Т. В.⁵

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

²Львівський національний університет природокористування

³Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція ІСГ Карпатського регіону НААН

⁴Західноукраїнський національний університет

⁵Апарат Президії Національної академії аграрних наук України

Формування продуктивності гібридів соняшнику за застосування регуляторів росту рослин

Соняшник – основна олійна культура в Україні, яка забезпечує майже 90 % виробництва олії, обсяги якої щорічно збільшуються в основному за рахунок розширення посівних площ. Урожайність культури впродовж 2013–2017 рр. становила 1,9–2,2 т/га за внесених до Державного реєстру рослин сортів, придатних для поширення в Україні, з продуктивністю 3,5–5,0 т/га. Тому актуальним є пошук резервів подальшого збільшення врожайності культури за умов глобальних змін клімату, поліпшення якості продукції та зменшення негативного впливу на родючість ґрунтів і навколишнє природне середовище. Розв’язання цієї проблеми можливе за вдосконалення елементів технології вирощування соняшнику, зокрема й застосування регуляторів росту рослин.

Експериментальну роботу виконано впродовж 2013–2017 рр. на дослідному полі ПФ «Богдан і К» Снятинського району Івано-Франківської

області. Розміщення варіантів у досліді систематичне за чотириразового повторення. Попередник соняшнику – пшениця озима. Агротехнічні заходи вирощування культури у варіантах досліді – загальноприйняті для умов західної частини Лісостепу України.

За роки дослідження встановлено, що регулятори росту рослин вермимаг і вермийодіс впливали на інтенсивність ростових процесів рослин соняшнику, зокрема спостерігали збільшення листкової поверхні на 27–29 % та чистої продуктивності фотосинтезу на 1,2–1,9 г/м² за добу, або на 16–25 % порівняно з контролем.

Встановлено аналогічний вплив досліджуваних регуляторів росту на формування показників структури репродуктивних органів (діаметр кошика, кількість та маса 1000 насінин). На основі математично-статистичного аналізу за факторами впливу і запропонованими моделями структурні показники були в прямій кореляційній залежності з урожайністю і забезпечили вищі на 8–15 % прирости врожайності до контролю.

Найвищу врожайність насіння гібридів НК Брію і НК Роккі отримано у варіантах дворазового позакореневого внесення регулятора росту рослин вермимаг у нормі по 6 л/га (відповідно 3,64 і 3,51 т/га) та вермийодіс у нормі по 4 л/га (відповідно 3,66 і 3,52 т/га).

Досліджувані препарати забезпечили істотне поліпшення якості зерна гібридів соняшнику, зокрема вміст олії зростав на 1,2–2,4 %, вихід олії – на 0,22–0,58 т/га та на 0,04–0,1 % зменшувався показник кислотного числа.

У всіх варіантах застосування регуляторів росту вермимаг і вермийодіс для одно- і дворазового внесення по вегетуючих рослинах соняшнику гібридів НК Брію і НК Роккі порівняно до контролю умовно чистий дохід збільшувався на 2193–4014 грн/га, рівень рентабельності – на 12,7–22,7 %, а собівартість насіння соняшнику зменшувалася на 303–518 грн/т.

Ключові слова: гібриди соняшнику, площа листкової поверхні, продуктивність, регулятори росту рослин, фотосинтез, якість насіння.

Introduction. The development and implementation of new or improved technologies of sunflowers cultivation in agricultural production are one of the main conditions for increasing production efficiency and increasing the gross harvest of this crop. Currently, the level of use of the biological potential of sunflowers is only 50 %. Among the reasons for this is non-compliance with the basic requirements of crop rotation and crop cultivation technology [6, 14, 30].

In the scientific publications of many authors (S. M. Kalenska, I. I. Klymenko, V. V. Moisienko, V. O. Skydan, S. P. Tanchyk, Yu. I. Tkalic, etc.) the main aspects of increasing sunflower productivity are quite widely disclosed. They represent a wide range of positive effects of plant growth regulators, and it has been proven that new preparations of domestic production correspond to the best world samples in terms of

technical indicators and cost level and their effectiveness [7, 9, 10, 12, 15, 17, 18, 20].

The use of plant growth regulators and microfertilizers in hybrid sunflower seed production is economically justified has been established so long as the cost of the obtained increase in seeds of parental lines and hybrids of sunflower exceeds the cost of preparations and the cost of protecting plants from diseases [2, 16, 22]. It is important to take this component into account during their application at the same time as treating seeds or spraying plants with herbicides, as an integral element of modern technologies for growing high-quality sunflower seeds [11, 13, 24].

Growth regulators increase the resistance of plants to adverse factors of natural or anthropogenic origin (critical temperature drops, moisture deficiency, toxic effects of pesticides, damage by diseases and damage by pests). Their use makes it possible to fully realize the potential of plants embedded in the genome by nature and selection, to regulate the ripening period, to improve the quality and increase the productivity of agricultural crops [1, 28, 30].

Plant growth regulators influence the processes of adaptation to adverse conditions due to their ability to intensify the activity of the cellular apparatus and change the structure of plants, which is manifested in the strengthening of frost resistance and the weakening of the phytotoxicity of plant protection agents, etc. [3, 21, 26].

The mechanism of these phenomena was made possible by research at the cellular and molecular levels. In particular, it was established that the increase in frost resistance is caused by an increase in the proportion of bound water under the influence of plant growth regulators and an increase in the content of proteins and carbohydrates, which support the structural and functional organization of the plant, reduce the temperature of the transition of the cytoplasm from a liquid to a solid state [5, 25, 29].

An analytical review of the results of experimental studies on the effectiveness of plant growth regulators indicates their importance in the technology of sunflower cultivation. However, in the conditions of the western part of the Forest-Steppe, the effectiveness of the use of plant growth regulators Vermymah and Vermyiodis in sunflower cultivation technology has not yet been studied sufficiently [4, 8, 23].

Materials and methods. Experimental research was carried out during 2013–2017 in the experimental field of PF "Bohdan and K" of Snyatynskyi district, Ivano-Frankivsk region. According to the "Agreement on scientific cooperation" with HEI "Podilskyi State University" and the association "Bioconversion", is a basic enterprise for carrying out scientific

research, testing and introducing plant growth regulators, destructors, new organic fertilizers produced by the association's enterprises into production.

The total experimental area – 70 m², the accounting area – 50 m². The placement of options in the experiment is systematic with four repetitions. The predecessor of the sunflower is winter wheat. Agrotechnical measures of crop cultivation in the experimental variants are generally accepted for the conditions of the western part of the Forest-Steppe of Ukraine, except for the factors that were studied.

Scheme of the experiment: *factor A* – frequency of spraying (single, double); *factor B* – preparations Vermymah (5 l/ha), Vermymah (6 l/ha), Vermiyodis (3 l/ha), Vermiyodis (4 l/ha); *factor C* – sunflower hybrids NK Brio, NK Rokki.

Biopreparations Vermymah and Vermiyodis contain macro- and microelements, including magnesium (4 %) and iodine (2 %), vitamins, phytohormones and useful microorganisms, which ensured optimal physiological processes of the development of the agrocenosis of the culture [8].

The research was carried out in accordance with the principle of a single logical deduction, the rules of expediency, accuracy and reliability of the results of the experiment with the necessary documentation. State standards and technical conditions were used during crop yield accounting and in the process of determining grain quality indicators.

During the years of the research, the meteorological conditions were typical and fully reflected the agro-ecological and climatic resources of the Western Forest-Steppe of Ukraine, which makes it possible to use experimental data in production conditions.

The soil of the experimental plots – sod-podzolic, medium-loamy, superficially glazed and characterized by the following agrochemical parameters: humus content according to Tyurin – 3.05–3.39 %; the content of easily hydrolyzable nitrogen according to Kornfield – 67–76 mg/kg; mobile phosphorus and exchangeable potassium according to Chyrikov – 118–124 and 108–113 mg/kg, respectively; pH_{salt} by the potentiometric method) – 4.54–5.20.

The main cultivation of the soil after harvesting the predecessor, winter wheat, included husking of stubble and ploughing, pre-sowing – early spring harrowing and pre-sowing cultivation with the application of mineral fertilizers N₄₀P₆₀.

The sunflower was sown after constant warming of the soil at a depth of 10 cm to 10–12 °C. The method of sowing is of wide-row type (70 cm), and the depth of seed wrapping is 5–6 cm. The seed sowing rate is 70,000 germinated seeds/ha.

Spraying sunflower plants with Vermymah and Vermyioidis plant growth regulators during the growing season was carried out twice: the first – VVSN 14–19, the second – VVSN 28–35.

Mathematical analysis of yield indicators was performed using dispersion and correlation-regression methods on a computer using modern packages of application programs Excel, Statistica 6.0 [19].

Results and discussion. Formation of productivity of agricultural crops in agrocenosis is a set of processes of nutrition, growth and development of plants, transformation of matter and energy. It was established that the use of plant growth regulators Vermymah and Vermyioidis for foliar fertilization contributed to the activation of linear growth of crop plants.

One-time spraying of sunflower hybrid plants with Vermymah growth regulator (6 l/ha) in the flowering phase ensured a linear increase of 10–12 cm in crop plants, two-time spraying of 6 l/ha – 12–13 cm compared to the control.

The productivity of the agrocenosis of sunflower hybrids, different in origin, is formed by the effective use of sunlight energy, the level of providing them with carbon dioxide, nutrients and hydrothermal conditions of plant life.

Technological measures of crop cultivation, in particular, the use of plant growth regulators in technologies, must be considered as methods of optimizing the conditions for the formation of the productivity of the leaf apparatus, and the process of accumulation of the mass of dry matter, which is determined, first of all, by the size of the area of the leaf surface of the crop, which is formed by plants per unit area and its photosynthetic potential.

It was investigated that the growth regulators Vermymah and Vermyioidis significantly influenced the size of the sunflower assimilation surface of hybrids NK Brio and NK Rokki. The dynamics of changes in the leaf surface area in the phases of the growing season are shown in Figure 1.

It was established that in the case of one-time spraying of plants with a Vermymah growth regulator (6 l/ha) in the flowering phase (VVSN 61–69), the area of the assimilation surface of the hybrid NK Brio sunflower was 11.6 thousand m²/ha (+27 %) greater compared to control. With the application of Vermyioidis (4 l/ha), the area of the assimilation surface increased by 11.8 thousand m²/ha (+29 %). In the variants of growing the NK Rokki hybrid with the application of the mentioned preparations, the area of the assimilation surface was larger by 11.4 thousand m²/ha (+29 %) and 11.7 thousand m²/ha (+27 %), respectively.

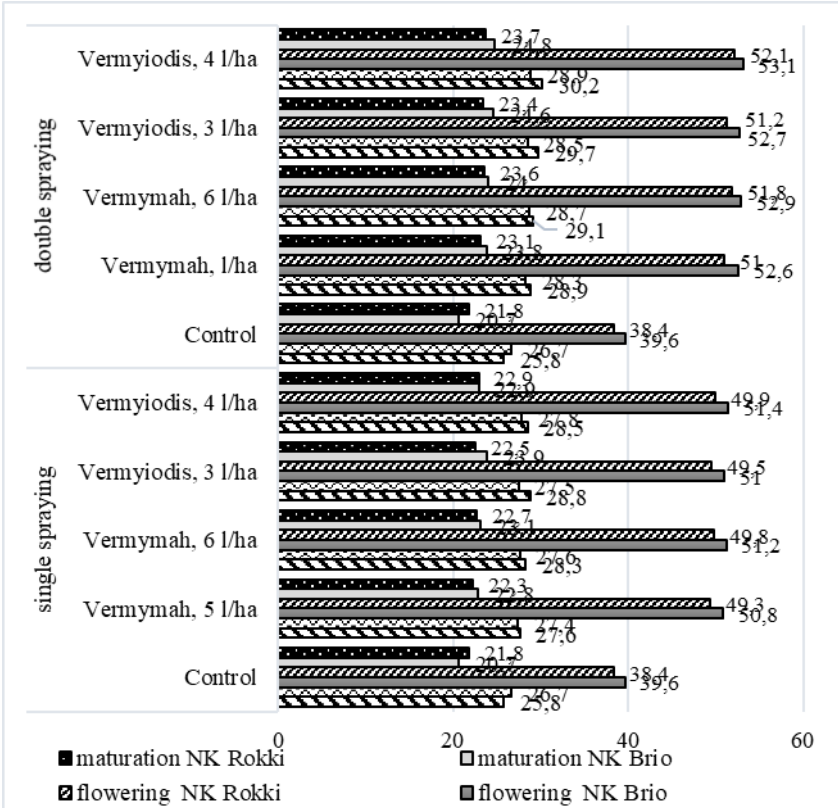


Fig. 1. Dynamics of the formation of the leaf surface area of sunflower plants hybrids NK Brio and NK Rokki depending on the application of growth regulators (average for 2013–2017), thousand m²/ha

During two sprays of sunflower plants of the NK Brio hybrid in the flowering phase (VVSN 61–69) with Vermymah growth regulator (6 l/ha each), the leaf surface area was 51.8 thousand m²/ha or increased by 34%, and in the application variant of the Vermyioidis preparation (4 l/ha), respectively – 52.1 thousand m²/ha, which is 35 % more compared to the control.

Researches has established the effect of spraying plants during the growing season with Vermymah and Vermyioidis growth regulators on increasing the photosynthetic potential and net productivity of sunflower agrocenosis of NK Brio and NK Rokki hybrids (Table 1).

1. Photosynthetic productivity of sunflower hybrids depending on the use of plant growth regulators (average for 2013–2017)

Factor A (multiplicity of treatments)	Norm of growth regulator (factor B)	Photosynthetic potential of sowing (seedling period-wax ripeness, VVSN 10–83), million m ² d/ha	Net photosynthesis productivity (flowering phase, VVSN 61–69), g/m ² per day
Hybrid NK Brio (factor C - C ₁)			
	Control	2,178	6,5
Single (A ₁)	Vermymah, 5 l/ha (B ₁)	2,594	7,7
	Vermymah, 6 l/ha (B ₂)	2,603	7,8
	Vermiyodis, 3 l/ha (B ₃)	2,587	7,7
	Vermiyodis, 4 l/ha (B ₄)	2,612	7,8
Two-time (A ₂)	Vermymah, 5 l/ha (B ₁)	2,785	7,9
	Vermymah, 6 l/ha (B ₂)	2,834	8,1
	Vermiyodis, 3 l/ha (B ₃)	2,796	8,0
	Vermiyodis, 4 l/ha (B ₄)	2,840	8,3
Hybrid NK Rokki (factor C - C ₂)			
	Control	2,087	6,3
Single (A ₁)	Vermymah, 5 l/ha (B ₁)	2,527	7,6
	Vermymah, 6 l/ha (B ₂)	2,575	7,8
	Vermiyodis, 3 l/ha (B ₃)	2,516	7,7
	Vermiyodis, 4 l/ha (B ₄)	2,584	7,9
Two-time (A ₂)	Vermymah, 5 l/ha (B ₁)	2,683	8,1
	Vermymah, 6 l/ha (B ₂)	2,742	8,0
	Vermiyodis, 3 l/ha (B ₃)	2,690	7,9
	Vermiyodis, 4 l/ha (B ₄)	2,785	8,2

LSD _{0,5} factor A	0,35	1,79
LSD _{0,5} factor B	0,25	2,15
LSD _{0,5} factor C	0,14	0,45
LSD _{0,5} interaction AB	0,02	0,22
LSD _{0,5} interaction AC	0,05	0,35
LSD _{0,5} interaction BC	0,02	0,50
LSD _{0,5} interaction ABC	0,01	0,07

Note: factor A is the frequency of spraying (single, double); factor B – preparations Vermymah, 5 l/ha, Vermymah, 6 l/ha, Vermiyodis, 3 l/ha, Vermiyodis, 4 l/ha; factor C – sunflower hybrids NK Brio, NK Rokki.

According to the results of the dispersion analysis, the nature of the influence of the factor characteristics during one- and two-time spraying of sunflower hybrid plants with Vermymah and Vermiyodis growth regulators on the level of photosynthetic potential of the agroecosystem was established

(Figs. 2, 3).

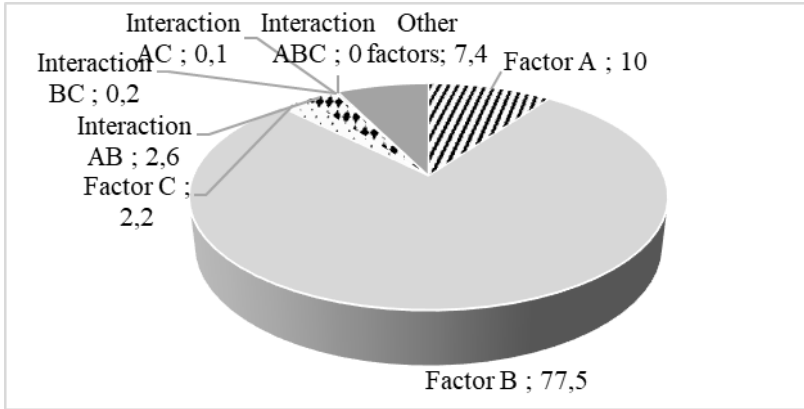


Fig. 2. The influence of plant growth regulators on the photosynthetic potential of the agroecosis of sunflower hybrids during the period "seedlings – wax maturity" (average for 2013–2017), %

Over the years of research, it was established that factor B (plant growth regulators) has the largest specific weight among influencing factors – 77.5 %, factor A (spray frequency) – 10 %, and factor C (sunflower hybrid) – 2.2 %, the interaction of AB factors – 2.6 %, the rest – do not have a significant impact on the result.

Similar results of the significant influence of factor B (plant growth regulators) on the net productivity of photosynthesis of sunflower agroecosis were obtained in the flowering phase (VVSN 61-69) (Fig. 3).

Factor B (plant growth regulators) had the greatest impact on the resulting trait - 85.2%, factor A (spraying frequency) – 3.6% less, the rest of the research factors had no significant impact.

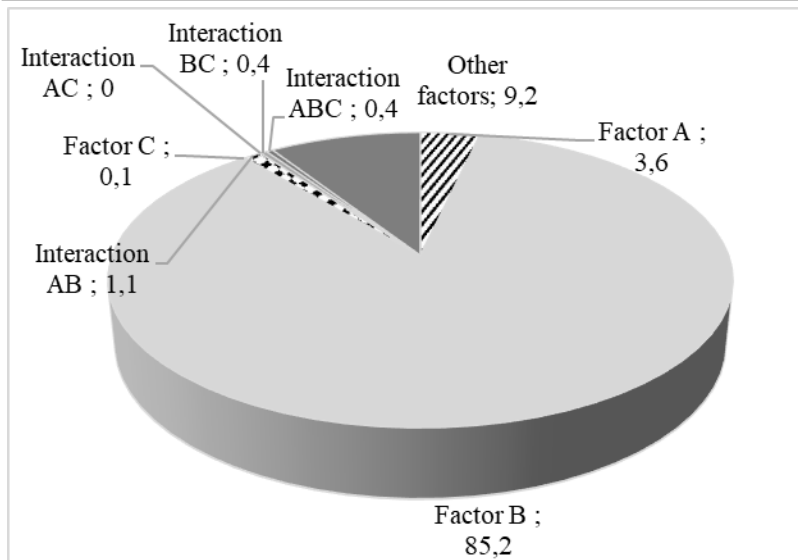


Fig. 3. The influence of plant growth regulators on the net productivity of photosynthesis of the agrocenosis of sunflower hybrids in the flowering phase (average for 2013–2017), %

The elements of the crop structure are an integral part of forming the productivity of agricultural crops. Over the years of research, the influence of plant growth regulators of the new generation – Vermymah and Vermiyodis on the formation of individual productivity of sunflower hybrids has been established. According to the results of the dispersion analysis of the research results, the influence of factors on the formation of elements of the structure of the sunflower crop (diameter of the basket and weight of 1000 seeds) was determined. (Fig. 4).

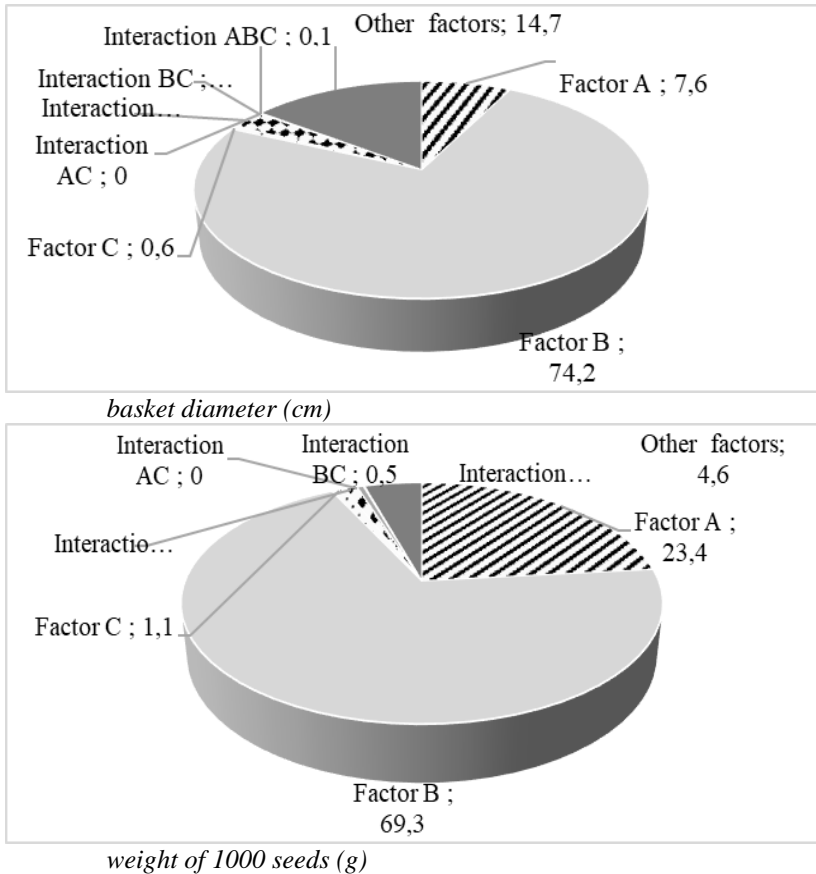


Fig. 4. The influence of plant growth regulators on the diameter of the basket and the weight of 1000 seeds of sunflower hybrids (average for 2013–2017), %

It was established that the share of influence of the plant growth regulator (factor B) was 74.2 %, spraying (factor A) – 7.6 %, and sunflower hybrid (factor C) – only 0.6 %, the interaction of factors A and B – 2.7 %.

According to the effect of plant growth regulators Vermymah and Vermiyodis on the mass of 1000 seeds, it was established that the share of influence (factor B) was the largest - 69.3 %, the frequency of spraying (factor A) – 23.4 %, and sunflower hybrid – only 1.1 %.

According to the results of the study, it was established that in the options for one-time spraying of sunflower plants of the NK Brio hybrid with Vermymah and Vermyioidis growth regulators, the seed yield was higher by 8.09-11.41%, in the case of two-time spraying – by 12.35–14.86 %, respectively, compared to control (Table 2).

The highest seed yield of the NK Brio hybrid was obtained under the most favorable climatic conditions for culture in 2017 – 3.96 t/ha, or 0.53 t/ha more compared to the control, and the lowest – in the less favorable – 2014 and 2015 – on average 3.31 and 3.40 t/ha, respectively. In the variant with two-time application of Vermyioidis (4 l/ha each), the yield on average over the years of the study was the highest and amounted to 3.66 t/ha, which is 14.86 % more compared to the control.

The use of correlation-regression analysis made it possible to calculate the model of the influence of experimental factors on the grain yield of the NK Brio hybrid according to the formula $U = 1.146x + 0.0081$, while the coefficient of determination $R^2 = 0.9449$, which indicates the high reliability of the result.

The results of the study of the effect of spraying with plant growth regulators on the formation of the crop of the NK Rokki hybrid showed that the highest crop yield was obtained in the variant of two-time spraying with the preparation Vermyioidis (4 l/ha each) (Table 3).

The effect of a two-time application of the plant growth regulator Vermyioidis (4 l/ha) for spraying plants of the NK Rokki hybrid on its yield is shown in the form of a linear function $U = 1.1834x - 0.1091$. The coefficient of determination $R^2 = 0.9638$ indicates a high level of influence of the experimental factor on the resulting characteristic. In both cases, a very close correlation was established between the effective and factor characteristics, as evidenced by correlation coefficients close to 1.

2. The yield of sunflower seeds of the NK Brio hybrid depending on the use of plant growth regulators (average for 2013-2017), t/ha

Factor A (multiplicity of treatments)	Norm of growth regulator (factor B)	Year					Average	± to control	
		2013	2014	2015	2016	2017		t/ha	%
Single (A ₁)	Control	3,21	2,91	2,97	3,43	3,43	3,19	-	-
	Vermymah, 5 l/ha (B ₁)	3,45	3,15	3,24	3,68	3,72	3,45	0,26	8,09
	Vermymah, 6 l/ha (B ₂)	3,52	3,17	3,26	3,70	3,78	3,49	0,30	9,34
	Vermiyodis, 3 l/ha (B ₃)	3,56	3,16	3,25	3,69	3,74	3,48	0,29	9,09
Two-time (A ₂)	Vermiyodis, 4 l/ha (B ₄)	3,63	3,24	3,33	3,77	3,80	3,55	0,36	11,41
	Vermymah, 5 l/ha (B ₁)	3,67	3,23	3,38	3,79	3,85	3,58	0,39	12,35
	Vermymah, 6 l/ha (B ₂)	3,78	3,27	3,42	3,84	3,90	3,64	0,45	14,17
	Vermiyodis, 3 l/ha (B ₃)	3,70	3,28	3,40	3,81	3,89	3,62	0,43	13,35
	Vermiyodis, 4 l/ha (B ₄)	3,79	3,31	3,40	3,86	3,96	3,66	0,47	14,86
	LSD _{0,5} factor A	-	-	-	-	-	0,06	-	-
	LSD _{0,5} factor B	-	-	-	-	-	0,04	-	-
	LSD _{0,5} interaction AB	-	-	-	-	-	0,008	-	-

Note: factor A is the frequency of spraying (single, double); factor B – preparations Vermymah, 5 l/ha, Vermymah, 6 l/ha, Vermiyodis, 3 l/ha, Vermiyodis, 4 l/ha.

3. Sunflower yield of NK Rokki hybrid with the use of growth regulators (2013-2017), t/ha

Factor A (multiplicity of treatments)	Norm of growth regulator (factor B)	Year					Average	± to control	+ %
		2013	2014	2015	2016	2017			
Single (A ₁)	Control	3,07	2,84	2,88	3,21	3,35	3,07	-	-
	Vermymah, 5 l/ha (B ₁)	3,29	3,10	3,14	3,49	3,62	3,33	0,26	8,40
	Vermymah, 6 l/ha (B ₂)	3,41	3,13	3,16	3,54	3,65	3,38	0,31	10,03
	Vermiyodis, 3 l/ha (B ₃)	3,45	3,12	3,15	3,50	3,63	3,37	0,30	9,77
Two-time (A ₂)	Vermiyodis, 4 l/ha (B ₄)	3,53	3,14	3,17	3,56	3,66	3,41	0,34	11,14
	Vermymah, 5 l/ha (B ₁)	3,58	3,18	3,28	3,65	3,71	3,48	0,41	13,36
	Vermymah, 6 l/ha (B ₂)	3,60	3,20	3,30	3,67	3,80	3,51	0,44	14,46
	Vermiyodis, 3 l/ha (B ₃)	3,59	3,17	3,26	3,66	3,73	3,48	0,41	13,42
	Vermiyodis, 4 l/ha (B ₄)	3,60	3,20	3,31	3,69	3,82	3,52	0,45	14,79
	LSD _{0,5} factor A	-	-	-	-	-	0,008	-	-
	LSD _{0,5} factor B	-	-	-	-	-	0,006	-	-
	LSD _{0,5} interaction AB	-	-	-	-	-	0,001	-	-

Note: factor A is the frequency of spraying (single, double); factor B – is preparation Vermymah, 5 l/ha, Vermymah, 6 l/ha, Vermiyodis, 3 l/ha, Vermiyodis, 4 l/ha.

According to the results of the study, it was established that the plant growth regulators we studied had a positive effect on the quality indicators of sunflower seeds (Fig. 5).

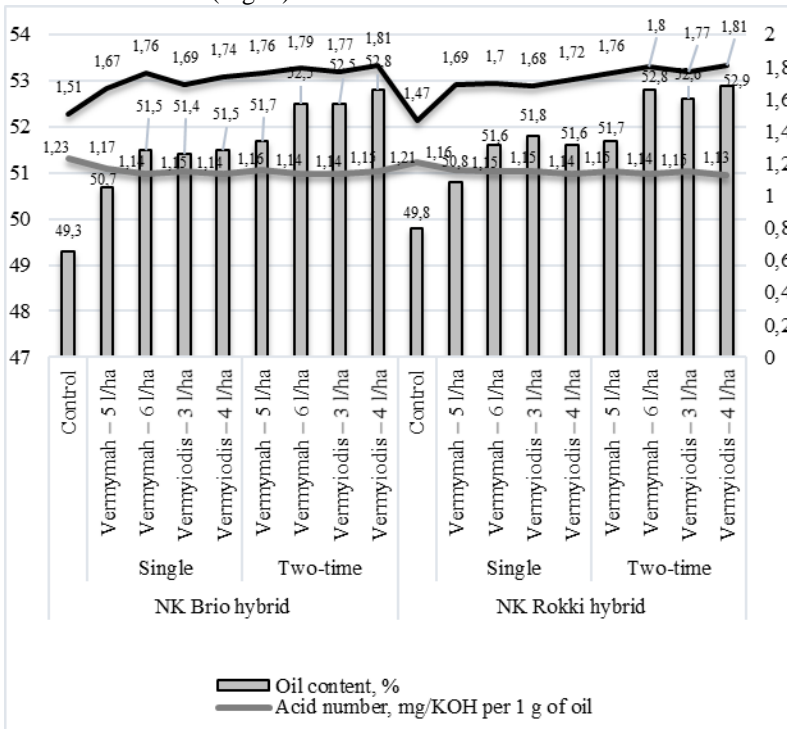


Fig. 5. The effect of spraying plants with growth regulators on quality indicators of sunflower seeds (average for 2013–2017)

It was found that the application of different rates of plant growth regulators Vermymah and Vermiyodis during a single spraying of sunflower plants had an effect on increasing the oil content in sunflower seeds of the NK Brio hybrid by 1.6 and 1.7 %, respectively, compared to the control, the yield of oil – up to 0.25 and 0.23 t/ha; in the NK Rokki hybrid – 2.1 and 2.3 %, 0.23 and 0.25 t/ha, respectively.

In the case of two-time spraying of sunflower crops with plant growth regulators Vermymah and Vermiyodis, the oil content in the seeds of the NK Brio hybrid increased to 1.9 and 2.0 %, respectively, the oil yield was up to 0.28 and 0.30 t/ha, and in the hybrid NK Rokki – respectively 3.2 and 3.3% and 0.33 and 0.34 t/ha.

The decrease in acid number was established in all variants of the experiment within the range of 0.04–0.1 mg/KOH per 1 g of oil.

In all variants of the experiment, the use of plant growth regulators for one-time and two-time spraying of sunflower hybrids NK Brio and NK Rokki conditionally net income increased by UAH 2193–4014/ha, the level of profitability – by 12.7–22.7 % compared to the control. At the same time, the cost price of sunflower seeds decreased on average by 303–518 UAH/t compared to the control.

Conclusions

Growth regulators Vermymah and Vermiyodis contributed to the activation of sunflower growth processes of NK Brio and NK Rokki hybrids, which ensured a 27–29 % increase in the formation of the leaf area apparatus and the value of the net productivity of photosynthesis by 7.7–8.3 g/m² per day, or 20–25 % more compared to the control.

The highest seed yield of hybrids NK Brio and NK Rokki was obtained in variants of two-time application of the plant growth regulator Vermymah (6 l/ha each) respectively – 3.64 and 3.51 t/ha and Vermiyodis (4 l/ha each) – respectively 3.66 and 3.52 t/ha.

The use of growth regulators ensured a significant improvement in the quality of sunflower hybrids, in particular, the oil content increased by an average of 1.2–2.4 %, oil yield – by an average of 0.22–0.58 t/ha, and by 0.04–0.1 % decreased acid number value.

In all variants of the experiment, conditional net income increased by 2193–4014 UAH/ha, the level of profitability – by 12.7–22.7 %, and the cost of sunflower seeds decreased by 303–518 UAH/ton compared to the control.

Список використаної літератури

1. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / В. П. Карпенко та ін. ; за ред. В. П. Карпенка. Умань : Соцінський, 2012. 357 с.
2. Буряк Ю. В., Колісник Н. М., Сендецький В. М., Огурцов Ю. Є., Чернобаб О. В., Шувар І. А. Спосіб підвищення врожайності та посівних якостей насіння батьківських ліній та гібридів соняшнику. Патент на корисну модель №107576. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.06.2016.
3. Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. *Вісник*

References

1. Biological bases of the integrated action of herbicides and plant growth regulators / V. P. Karpenko et al. ; ed. by V. P. Karpenko. Uman : Sochinskyi, 2012. 357 p.
2. A method of increasing the yield and sowing quality of seeds of parental lines and hybrids of sunflower : patent na korysnu model' №107576 / Buriak Yu. V. et al. ; zareiestrovano v Derzhavnomu reiestri patentiv Ukrainy na korysni modeli 10.06.2016.
3. Hamaiunova V. V., Kudrina V. S. Formation of aboveground mass and yield of sunflower under the influence of individual elements of cultivation technology. *Visnyk ahraryoi nauky Prychornomia*. 2020.

- аграрної науки *Причорномор'я*. 2020. Вип. 1. С. 50–57.
4. Гамаюнова В., Хоненко Л., Москва І. та ін. Вплив оптимізації живлення на продуктивність ярих олійних культур на чорноземі південному в зоні Степу України під впливом біопрепаратів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агронімія*. 2019. № 23. С. 112–118.
 5. Домарацький Є. О., Добровольський А. В. Особливості водоспоживання соняшника за різних умов мінерального живлення. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 1 (65). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8117> (дата звернення: 21.11.2022).
 6. Ефективність застосування біопрепаратів у технології вирощування сільськогосподарських культур у Західному регіоні України / М. Кожушко та ін. *Техніка і технології*. 2016. № 5 (80). С. 37–42.
 7. Ефективність застосування регуляторів росту рослин та мікродобрива в насінництві соняшнику / Буряк Ю. І. та ін. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 20–25.
 8. Застосування регуляторів росту в адаптивній технології вирощування соняшнику : наук.-практ. рек. / Іванишин В. В. та ін. Івано-Франківськ : Симфонія-форте, 2018. 72 с.
 9. Каленська С. М., Гарбар Л. А., Горбатиук Е. М. Роль регламентів сівби у формуванні фітометричних показників соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 49–55. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.113.7.
 10. Клименко І. І. Вплив регуляторів росту рослин і мікродобрива на урожайність насіння ліній та гібридів соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 183–188.
 11. Коковіхін С. В., Нестерчук В. В., Носенко Ю. М. Продуктивність та якість насіння гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та уdobрення. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 94. С. 37–42.
 12. Мойсієнко В. В., Шувар І. А. Issue 1. P. 50–57.
 4. V. Hamaiunova, L. Khonenko, I. Moskva et al. Influence of nutrition optimization on productivity of spring oil crops on southern chernozem in the steppe zone of Ukraine under the influence of biopreparations. *Visnyk Lvivskoho natsionalno ahrranoho universytetu*. 2019. Ahronomia. No 23. P. 112-118.
 5. Domaratskyi Ye. O., Dobrovolskyi A. V. Features of sunflower water consumption under different conditions of mineral nutrition. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2017. No 1 (65). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8117> (last accessed: 21.11.2022).
 6. Efficiency of application of biopreparations in the technology of cultivation of crops in the Western region of Ukraine / M. Kozhushko et al. *Tekhnika i tekhnologii*. 2016. No 5 (80). P. 37–42.
 7. Efficiency of application of plant growth regulators and microfertilizers in sunflower seeds / Yu. I. Buriak et al. *Visnyk CNZ APV Kharkivskoi oblasti*. 2014. Issue 16. P. 20–25.
 8. Application of growth regulators in the adaptive technology of sunflower cultivation : nauk.-prakt. rek. / Ivanyshyn V. V. et al. Івано-Франківськ : Symfoniia-forte, 2018. 72 p.
 9. Kalenska S. M., Harbar L. A., Horbatiuk E. M. The role of sowing regulations in the formation of phytometric parameters of sunflower. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2020. No 113. P. 49–55. DOI: 10.32851/2226-0099.2020.113.7.
 10. Klymenko I. I. Influence of plant growth regulators and microfertilizers on seed yields of sunflower lines and hybrids. *Selektsiia i nasimnytstvo*. 2015. Issue 107. P. 183–188.
 11. Kokovikhin S. V., Nesterchuk V. V., Nosenko Yu. M. Productivity and seed quality of sunflower hybrids depending on plant density and fertilizers. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2015. Issue 94. P. 37–42.
 12. Moysiienko V. V., Shubar I. A. Yield and seed quality of sunflower hybrids of varying maturity depending on the width of the rows in the conditions of the Right-

Врожайність та якість насіння різностиглих гібридів соняшника залежно від ширини міжряд в умовах Лісостепу Правобережного. *Інноваційні технології у рослинництві: проблеми та їх вирішення* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 100-річчю від дня заснування агрономічного факультету (2–3 черв. 2022 р.). Житомир : Поліський нац. університет, 2022. С. 105–109.

13. Найдьорова О. Є. Застосування гумінового препарату Humin plus в органічному землеробстві. *Вісник ХНАУ*. Серія: Грунтознавство, агрохімія, землеробство. Лісове господарство. 2015. Вип. 2. С. 39–50.

14. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. 4-те вид., випр., допов. Львів : НВФ «Українські технології», 2014. 492 с.

15. Пінковський Г. В., Машенко Ю. В., Танчик С. П. Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 107. С. 145–150. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.19>.

16. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Вахненко С. В. Формування продуктивності гібрида соняшнику Каменяря в залежності від агроприйомів вирощування. *Науково-технічний бюл. ІОУ НААН*. 2014. Вип. 21. С. 97–104.

17. Скидан М. С., Скидан В. О., Костромітін В. М. Особливості наливу насіння гібридів соняшнику в умовах східної частини Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2013. Вип. 85. С. 79–83.

18. Соняшник у різних умовах / Ткаліч І. та ін. *Агробізнес сьогодні*. 2016. № 4. С. 68–74.

19. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2013. 378 с.

20. Ткаліч Ю. Оцінка біологічної та господарської ефективності гербіцидів в посівах соняшнику. *Науково-технічний*

Bank Forest Steppe. *Innovatsiini tekhnolohii u roslinnystvii: problemy ta yikh vyrishennia* : materialy III Mizhnar. nauk.-prakt. konf., prysvyach. 100-richchiu vid dnia zasnuvannia ahronomichnoho fakul'tetu (2–3 cherv. 2022 r.). Zhytomyr : Polis'kyi nat. universytet, 2022. P. 105–109.

13. Naidionova O. Ye. Application of the humic preparation Humin plus in organic farming. *Visnyk KhNAU*. Seria: Hruntoznavstvo, ahrokhimiiia, zemlerobstvo. Lisove gospodarstvo. 2015. Issue 2. P. 39–50.

14. Petrychenko V. F., Lyhochvor V. V. Plant growing. Technologies for growing crops : navch. posib. 4-te vyd., vypr., dopov. Lviv : NVF "Ukrainski tekhnolohii, 2014. 492 p.

31. Pinkovskiy H. V., Mashchenko Yu. V., Tanchyk S. P. Influence of elements of nutrition on the fertility of soil and productivity of sunflower in the Right-Bank Steppe of Ukraine. *Tavriyskiy naukoviy visnyk*. 2019. Issue 107. P. 145–150. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.19>.

15. Poliakov O. I., Nikitenko O. V., Vakhnenko S. V. Productivity formation of sunflower hybrid Kameniar depending on methods of growing. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2014. Issue 21. P. 97–104.

16. Skydan M. S., Skydan V. O., Kostromitin V. M. Features of pouring seeds of sunflower hybrids in the conditions of the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *Tavriyskiy naukoviy visnyk*. 2013. Issue 85. P. 79–83.

17. Sunflower in different conditions / Tkalic I. et al. *Ahrobiznes siohodni*. 2016. No 4. P. 68–74.

18. Statistical analysis of the results of field experiments in agriculture / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Ailant, 2013. 378 p.

19. Tkalic Ju. Evaluation of the biological and economic efficiency of herbicides in sunflower crops. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2018. Issue 26. P. 98–107.

20. Totskiy V. M. Influence of fertilizer system and basic tillage on the formation of sunflower productivity.

- білетень Інституту олійних культур НААН. 2018. Вип. 26. С. 98–107.
21. Тоцький В. М. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на формування продуктивності соняшнику. *Науково-технічний білетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 20. С. 204–209.
22. Шакалій С. М. Формування врожайності та якості насіння соняшнику залежно від позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2017. Т. 1, № 1. С. 69–74.
23. Шувар І. А. Соняшник: сімба та догляд за посівами. *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 8 (303). С. 37–39.
24. Characteristics of crop strawdecayed products and their ameliorating effects on an acidic ultisol / X. Y. Pan et al. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2020. Vol. 67. Issue 12. P. 1708–1721.
25. Hauer-Jakli M., Tränkner M. Critical leaf magnesium thresholds and the impact of magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: a systematic review and meta-analysis on 70 years of research. *Front. Plant Sci*. 2019. Vol. 10. P. 766–780.
26. Rout G. R., Sahoo S. Role of iron in plant growth and metabolism. *Rev. Agric. Sci*. 2015. Vol. 3. P. 1–24.
27. Tanoi K., Kobayashi N. I. Leaf senescence by magnesium deficiency. *Plants*. 2015. Vol. 4. No 4. P. 756–772.
28. Bailly C., Benamar A., Corbineau F., Come D. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus L.*) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*. 2020. Vol. 10. P. 35–42.
29. Miao Y. F., Wang Z. H., Li S. X. (2015). Relation of nitrate N accumulation in dryland soil with wheat response to N fertilizer. *Field Crops Res*. 2015. Vol. 170. P. 119–130. doi: 10.1016/j.fcr.2014.09.016.
30. Carvalho M. E. A., Castro P. R. de C. E., Ferraz Junior M. V. de C., Mendes A. C. C. M. Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower? *Communicata Scientiae*. 2016. Vol. 7 (1). P. 154–159. doi: 10.14295/CS.v7i1.1286.
- Naukovo-tekhnichnyi biuletен Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2014. No 20. P. 204–209.
21. Shakalii S. M. Formation of crop yield and quality of sunflower seeds depending on foliar feeding. *Zernovi kulturny*. 2017. Vol. 1, No 1. P. 69–74.
22. Shuvar I. A. Sunflower: sowing and crop care. *Ahrobiznes siohodni*. 2015. No 8 (303). P. 37–39.
23. Characteristics of crop strawdecayed products and their ameliorating effects on an acidic ultisol / X. Y. Pan et al. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2020. Vol. 67, Issue 12. P. 1708–1721.
24. Hauer-Jakli M., Tränkner M. Critical leaf magnesium thresholds and the impact of magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: a systematic review and meta-analysis on 70 years of research. *Front. Plant Sci*. 2019. Vol. 10. P. 766–780.
25. Rout G. R., Sahoo S. Role of iron in plant growth and metabolism. *Rev. Agric. Sci*. 2015. Vol. 3. P. 1–24
26. Tanoi K., Kobayashi N. I. Leaf senescence by magnesium deficiency. *Plants*. 2015. Vol. 4. No 4. P. 756–772.
27. Bailly C., Benamar A., Corbineau F., Come D. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus L.*) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*. 2020. Vol. 10. P. 35–42.
28. Miao Y. F., Wang Z. H., Li S. X. (2015). Relation of nitrate N accumulation in dryland soil with wheat response to N fertilizer. *Field Crops Res*. Vol. 170. P. 119–130. doi: 10.1016/j.fcr.2014.09.016.
29. Carvalho M. E. A., Castro P. R. de C. E., Ferraz Junior M. V. de C., Mendes A. C. C. M. Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower? *Communicata Scientiae*. 2016. Vol. 7 (1) P. 154–159. doi: 10.14295/CS.v7i1.1286.

Received: November 21, 2022

Accepted: December 19, 2022

РОЗВИТОК АНТРАКНОЗУ ЛЬОНУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ЗА ЗМІНИ КЛІМАТУ

Глобальна зміна клімату в бік потепління впливає на агрокліматичні умови росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Вона супроводжується підвищенням температури повітря, порушенням природних процесів розвитку, змінами тривалості сезонів року, вегетаційного періоду культур.

Сільське господарство є найбільш вразливим сектором економіки до кліматичних змін, оскільки розвиток галузей рослинництва, їхню спеціалізацію, урожайність сільськогосподарських культур визначають саме кліматичні умови території, зокрема тепло- та вологозабезпечення.

З групи технічних культур льон є одним із найбільш вологолюбних представників, який не переносить спеки, оскільки в умовах жаркої погоди понад 22 °С проявляється негативний вплив на ріст стебла, погіршується якість волокна.

Для підвищення продуктивності льону потрібне вдосконалення методів селекції, поповнення та вивчення національної колекції, виявлення зразків з високою комбінаційною здатністю та залучення їх до селекційного процесу.

Метою наших досліджень було вивчення та виявлення колекційних зразків льону, стійких до антракнозу в умовах зміни клімату, які будуть використані як вихідний матеріал у селекційному процесі для створення стійких сортів.

Наведено результати досліджень за період 2011–2020 рр. розвитку антракнозу *Colletotrichum lini Bolley* в умовах Західного Лісостепу України. Встановлено вплив стійкості сортів та абіотичних факторів (температури та вологості повітря) на ступінь ураження льону хворобою. Виділено колекційні зразки, які можуть бути використані в селекційному процесі як вихідний матеріал для створення стійких сортів.

В умовах Західного Лісостепу України найвищий розвиток антракнозу за досліджуваній період 2011–2020 рр. у фазі ранньої жовтої стиглості відзначено в 2018 і 2019 рр. – відповідно 32,0–70,0 і 16,0–72,0 %. Найнижчий розвиток антракнозу спостерігали в 2016 і 2017 рр. – 2,7–15,0 і 8,0–23,0 %.

Всі досліджувані колекційні зразки уразилися антракнозом, у фазі бутонізації у слабкому ступені (бал 1), у фазі початку ранньої жовтої стиглості – середньому (бал 2) та сильному (бал 3).

Класифікація колекційних зразків льону за стійкістю до антракнозу показала, що в 2016 і 2017 рр. всі досліджувані зразки були стійкими до хвороби.

Найбільшу частку серед досліджуваних зразків становили середньостійкі: в 2011 р. – 87,5 %, 2020 р. – 65,4 %, сприйнятливі зразки переважали в 2018 р. – 69,7 % і 2019 р. – 59,6 %.

За період досліджень у колекційному розсаднику виявлено стійкі зразки до антракнозу, які можуть бути використані в селекційному процесі як вихідний матеріал: Зоря-87 (St2), Київський, Світанок, Рушничок, Львівський-8, Дебют, Золотистий, Вручий, Гладіатор, Ірма, Кримський-250, Байкал, Славний, Староместный, Хейя-14, Хейя-15, Форт, Лінія ЛЗУ-2, Лінія ЛЗУ-3, Лінія ЛЗУ-4, Лінія ЛЗУ-5, Atena, Artemida, Emilen, Berber, g7 Astelle, Rust Resistant sum № 6, Taurneus, Verin, Achay, Lintex, Milenium, Arsen, Daros I, Luna, Alba, Reina, Tammes T-17, Abissinian.

Ключові слова: льон, сорт, антракноз, стійкість, вихідний матеріал, селекційний процес.

Oksana Vashchyshyn, Halyna Bilovus, Kateryna Yatsukh, Oksana Prystatska

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Development of flax anthracnose in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine at climate changes

The global climate change towards warming affects the change in agroclimatic conditions for the growth, development and formation of the productivity of agricultural crops. It is accompanied by an increase in air temperature, changes in the length of the seasons, disruption of natural development processes, and the duration of the growing season of crops.

Agriculture is the most vulnerable sector of the economy to climate change, since the development of crop production industries, their specialization, and the yield of agricultural crops are determined by the climatic conditions of the territory, in particular, heat and moisture supply.

From the group of technical fibrous crops, flax is one of the most moisture-loving representatives, which does not tolerate heat, because in hot weather conditions above 22 °C, a negative effect on the growth of the stem is manifested, and the quality of the fiber deteriorates.

To increase the productivity of flax, it is necessary to improve selection methods, to replenish and study the national collection of flax, to identify samples with high combining ability and to involve them in the selection process.

The purpose of our research was to study and identify collection samples of flax resistant to anthracnose under conditions of climate change, which will be used as a starting material in the selection process when creating resistant varieties.

The results of research for the period 2011–2020 on the development of anthracnose *Colletotrichum lini* Bolley in the conditions of the Western Forest-

Steppe of Ukraine due to climate change are presented. The impact of resistance of varieties and abiotic factors (air temperature and humidity) on the degree of disease damage to flax was established. Collected samples were selected, which are recommended for use in the selection process as a starting material for creating resistant varieties.

In the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine, the highest development of anthracnose during the studied period of 2011–2020 in the phase of early yellow maturity was in 2018 and 2019 – 32.0–70.0 and 16.0–72.0 %, respectively. The lowest development of anthracnose was observed in 2016 and 2017 – 2.7–15.0 and 8.0–23.0 %.

All studied collection samples were affected by anthracnose in the budding phase and had a weak degree of damage (score 1), in the phase of the beginning of early yellow ripeness – medium (score 2) and strong (score 3).

The classification of collection samples of flax according to resistance to anthracnose showed that in 2016 and 2017 all studied samples were resistant to anthracnose.

The largest share among the studied samples was moderately resistant samples: in 2011 – 87.5 %, in 2020 – 65.4 %, susceptible samples prevailed in 2018 – 69.7 % and in 2019 – 59.6 %.

During the research period, samples resistant to anthracnose were found in the collection nursery, which may be used in the selection process as source material: Zoria-87 (St₂), Kyivskiy, Svitanok, Rushnychok, Lvivskiy-8, Debiut, Zolotystyi, Vruchyi, Hladiator, Irma, Krymskiy-250, Baikal, Slavnyi, Staromestnyi, Kheia-14, Kheia-15, Fort, Liniia LZU-2, Liniia LZU-3, Liniia LZU-4, Liniia LZU-5, Atena, Artemida, Emilen, Berber, g7 Astelle, Rust Resistant sum № 6, Taurus, Verin, Achay, Lintex, Milenium, Arsen, Daros I, Luna, Alba, Reina, Tammes T-17, Abissinian.

Keywords: flax, variety, anthracnose, resistance, source material, selection process.

Вступ. Сільське господарство належить до галузей, особливо чутливих до впливу кліматичних змін, яке пов'язане з інтенсивним використанням основних природних ресурсів – ґрунту, повітря і води.

Розвиток галузей рослинництва, їхню спеціалізацію, урожайність сільськогосподарських культур визначають кліматичні умови території, а зокрема тепло- та вологозабезпечення [3, 5].

У зв'язку із зміною клімату, що супроводжується підвищенням температури повітря, змінилися умови росту, розвитку та формування врожайності культур. Внаслідок потепління відбулися зміни тривалості сезонів року і вегетаційного періоду культур, порушення розвитку природних процесів.

Особливу увагу сільському господарству України, яке вже несе збитки внаслідок зміни клімату, приділяє ФАО, формуючи «Пріоритети з запобігання зміні клімату та адаптації до змін клімату у

сільському, лісовому та рибному господарствах України до 2030 року». Питання адаптації до несприятливих наслідків, зниження кліматичних ризиків, а також отримання потенційних переваг є сьогодні на порядку денному [11].

Впродовж останнього десятиліття людство все більше занепокоєне інтенсивністю кліматичних змін, що загрожують глобальній продовольчій безпеці. Останні роки у світі визнано найспекотнішими за всю історію метеорологічних спостережень, а зокрема відбувається підвищення температури повітря в усі сезони року.

Наслідки зміни клімату для сільського господарства країни досить складні та неоднозначні. Деякі дослідники вважають, що зміна клімату має деякі позитивні прояви: потепління до 2–2,5 °C може сприяти збільшенню врожайності багатьох сільськогосподарських культур, але за межами цього потепління врожайність усіх культур буде зменшуватися. Водночас стрімке та надмірне накопичення тепла скорочує вегетаційний період. На сьогоднішній час підвищення температури в Україні вже становить 1–1,5 °C й наближається до 2 °C [4].

Льон, ботанічна назва якого *Linum usitatissimum L.*, – стародавня культура, за історичними довідками їй приблизно 6000 років. Перевагами вирощування льону олійного над соняшником та ріпаком ярим є його посухостійкість, скоростиглість та врожайність, що дає можливість отримувати врожай від 12 до 25 ц/га [7, 14].

Посухостійкість льону пояснюється розвитком кореневої системи, її безперервним ростом у глибину майже до кінця вегетації. Завдяки цьому рослини засвоюють вологу із глибших шарів ґрунту після цвітіння і краще витримують посуху порівняно з іншими яриями культурами.

У давнину льон вирощували як технічну культуру для виробництва тканин, а також як харчову й лікарську рослину в країнах Європи, Азії, Африки та Америки.

Льон-довгунець є традиційною технічною культурою західних регіонів України, яка славилася як постачальник льоноволокна на світових ринках. Стебла льону містять 25–31 % волокна з найціннішими технологічними властивостями – гнучкістю, тонкістю, високою міцністю [12].

Серед технічних культур льон-довгунець є одним із найбільш вологолюбних представників, який не переносить спеки. Негативний вплив на ріст стебла у висоту та погіршення якості волокна має температура повітря понад 22 °C. Збільшення різниці між денними та

нічними температурами призводить до того, що вдень культура не розвивається та витрачає багато вологи [25, 29].

Однак останніми роками посівні площі льону-довгунцю в Україні скоротилися в десятки разів. У загальній структурі посіви льону в Україні займають незначні площі: льон олійний – менше 1 %, льон-довгунець – 0,02 % [10].

В умовах ринкової економіки є попит на насіння льону-довгунцю. Через високу ринкову ціну його насіння є предметом експорту. При застосуванні високоефективної технології вирощування культури льонарство здатне перетворитися у високоприбуткову галузь. Основним завданням селекціонерів є створення нових сортів льону-довгунцю з високою насінневою продуктивністю [15, 22, 23, 31].

Насіння льону олійного містить 42–50 % олії та є важливим джерелом для виробництва технічної олії, яка швидко висихає, і її використовують у багатьох галузях промисловості [6, 9, 24].

Льон широко застосовують у медицині. Олія з нього містить ненасичені жирні кислоти, а тому запобігає виникненню судинних захворювань. Насіння льону, крім жиру, містить білок, вуглеводи, органічні кислоти, вітамін А, ферменти.

Ляну олію використовують у дієтичному харчуванні, вона містить велику кількість ненасичених жирних кислот та вітаміну Е. В олії є поліненасичена α -ліноленова кислота, яка входить до складу практично всіх клітинних мембран і бере участь у регенерації серцево-судинної системи, в рості і розвитку мозку [9, 16, 17, 26].

Зараз Україна перебуває в умовах війни, що сильно позначається на сільському господарстві, зокрема на галузі льонарства. Тому організація системи насінництва має передбачати поширення високопродуктивних сортів льону з високими прядильними властивостями волокна та високим вмістом олії, а також стійких до шкідливих організмів, що в свою чергу дозволить зменшити затрати на систему захисту [2, 3, 21, 30, 32].

Створення сортів, стійких до шкідливих організмів, є одним із економічно і екологічно вигідних шляхів підвищення врожайності культури, оскільки зводить до мінімуму використання пестицидів. Потреба зміни сортів пов'язана з тим, що їх стійкість з часом зменшується, а згодом втрачається зовсім. Причиною є властива патогенним мікроорганізмам здатність пристосовуватися до рослин-живителів [8, 33].

Кожен вид патогена на території представлений багатьма популяціями, які з генетичного погляду є гетерогенними, тобто складаються з різних за вірулентністю рас, штамів, патотипів. У

популяціях мікроорганізмів спостерігається швидке утворення нових за вірулентністю й агресивністю форм внаслідок їх мінливості.

Завдяки значній швидкості розмноження, нові раси патогена впродовж кількох років здатні поширитися на великій території, витісняючи інші, менш вірулентні та агресивні раси збудників, уражуючи раніше стійкі сорти.

Створення нових сортів є надзвичайно складним завданням для селекції, оскільки в одному сорті потрібно поєднати гени високої продуктивності та стійкості до абіотичних факторів та шкідливих організмів для отримання стійких сортів, які забезпечили б високу врожайність.

Досягнення в підвищенні продуктивності льону значною мірою залежить від успіхів селекційної науки. Для створення нового сорту важливе значення має вихідний матеріал, який виступає джерелом як окремих, так і комплексу цінних ознак і властивостей, та виявлення зразків з високою комбінаційною здатністю [8, 13, 27, 34].

Основний метод створення нового вихідного матеріалу всіх сільськогосподарських культур, зокрема льону олійного і льону-довгунцю, є внутрішньовидова і міжвидова гібридизація [28].

Поряд з традиційними методами створення вихідного селекційного матеріалу у селекції льону-довгунцю широко застосовують експериментальний мутагенез як ефективний засіб розширення генетичної мінливості рослин і одержання мутантних форм з новим поєднанням у одному генотипі біологічних та господарсько корисних ознак [9, 19].

Впродовж останнього десятиліття в умовах Західного Лісостепу України найпоширенішим захворюванням льону є антракноз. Розвиток хвороби в сприятливі для збудника роки є дуже високим, у 2018–2019 рр. він досяг 70–72 %. У фазі ранньої жовтої стиглості антракнозом уражувалися всі колекційні зразки льону [1].

Оптимальними умовами для розвитку *Colletotrichum lini* Bolley є відносна вологість 60–90 % та температура повітря 16–19 °С, але зараження рослин відбувається за температури вище 9 °С. Розвиток збудника антракнозу швидко відбувається за високої вологості повітря, а за дуже низької вологості – з'являються тріщини на заражених антракнозом частинах рослини [1, 2, 35].

Вплив абіотичних чинників виявляється зазвичай у кількох напрямках. Насамперед вони впливають на розвиток фітопатогенів, тобто швидкість прояву хвороби, агресивність, життєздатність, і зокрема на інтенсивність проходження самого патогенного процесу.

Рослини також ростуть і розвиваються під впливом складного комплексу екологічних чинників, що одночасно діють на них.

Залежно від абіотичних чинників формується стійкість і витривалість рослини до збудника впродовж вегетаційного періоду, оскільки вони впливають безпосередньо як на збудника, стимулюючи або пригнічуючи його розвиток, так і на рослину-господаря, підвищуючи її сприйнятливості або стійкості [2, 8, 20].

Серед основних причин масового ураження рослин збудниками хвороб називають звуження генетичного різноманіття, недостатнє використання в селекції джерел стійкості до біотичних та абіотичних чинників середовища [8, 18, 19, 33].

Тому метою наших досліджень було вивчення та виявлення колекційних зразків льону, стійких до антракнозу, в умовах Західного Лісостепу України за зміни клімату, які будуть використані як вихідний матеріал у селекційному процесі для створення стійких сортів.

Матеріали і методи. Дослідження з вивчення розвитку антракнозу в умовах Західного Лісостепу України та виявлення стійких зразків до збудника хвороби *Colletotrichum lini* Bolley проведено протягом 2011–2020 рр.

Експериментальну роботу виконано в колекційному розсаднику відділу рослинництва Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН згідно з методичними рекомендаціями [18–20].

Ступінь ураження льону антракнозом визначали за шкалами.

Шкала оцінки ураження льону антракнозом:

а) фаза сходів:

0 – здорові рослини;

1 – слабкий ступінь – дуже малі плями на одній або двох сім'ядолях, оранжеві штрихи і малопомітні плями на стеблах і коренях;

2 – середній ступінь – великі плями або відмирання однієї сім'ядолі. Добре виражені оранжеві плями на коренях і стеблах;

3 – сильний ступінь – відмирання двох сім'ядолів або точки росту. Найбільша перетяжка на головному корені є не вище від розгалуження основної маси коренів;

4 – дуже сильний ступінь – перетяжки різної величини на підсім'ядольному коліні, на стеблі або на головному корені вище від основної маси кореня. Загибель рослин;

б) перед збиранням:

0 – здорові рослини;

1 – слабкий ступінь – коричнево-бурі плями на листочках або декілька плям на стеблі;

2 – середній ступінь – нижня частина стебла покрита суцільними глибокими плямами, заглибинами або дрібна плямистість до половини стебла, або суцільне побуріння нижньої частини стебла;

3 – сильний ступінь – мармурова плямистість по всьому стеблі, яка займає не менше 2/3 частини стебла, або суцільне побуріння не менше половини стебла;

4 – дуже сильний ступінь – суцільне побуріння стебла.

Класифікацію сортів і гібридів льону за ступенем стійкості до антракнозу визначали за показником ступінь розвитку хвороби: до 30 % – стійкі, 31–50 % – середньостійкі, понад 51 % – сприйнятливі [27].

Результати та обговорення. Дослідження з вивчення ураження льону антракнозом в умовах Західного Лісостепу України за період 2011–2020 рр. засвідчили, що поява і розвиток хвороби значною мірою залежали від метеорологічних умов вегетаційного періоду та стійкості сортів.

Встановлено, що погодні умови, які в роки досліджень були різними, впливали на розвиток антракнозу як за рівнем надходження тепла та опадів, так і їх розподілом за місяцями вегетаційного періоду (табл. 1).

За роки досліджень (2011–2020) вегетаційний період льону супроводжувався такими метеорологічними показниками: середньомісячна температура травня – серпня перевищувала багаторічну за всі роки досліджень, крім червня 2014 р. (відхилення від норми: – 0,1 °C) та травня 2020 р. (відхилення від норми: – 2,1 °C).

Кількість опадів за цей період перевищувала багаторічну в травні 2013–2015 рр., 2019–2020 рр.; в червні – в 2012 та 2013 рр., 2018 та 2020 рр.; в липні 2011 та 2018 рр.; серпні – в 2011 та 2019 рр.

За період досліджень 2011–2020 рр. ураження льону антракнозом у наших умовах відзначали щорічно, до кінця вегетації хворобою уражувалися всі колекційні зразки. Інтенсивність ураження льону збудником антракнозу зростала від фази сходів до ранньої жовтої стиглості. На розвиток антракнозу також мали вплив різкі перепади добових температур.

Велика кількість опадів і температура повітря сприяли розвитку антракнозу на початкових фазах розвитку льону. Ураження хворобою всіх зразків у цій фазі спостерігали в 2013 р. (0,5–17,5 %) і 2017 р. (1,0–10,0 %). Так, у 2013 р. у фазі повних сходів, яка припала на третю декаду травня, температура повітря була менша за норму на 0,7 °C,

кількість опадів перевищувала норму в 2,3 разу; у 2017 р. температура повітря перевищувала норму на 2,4 °С, кількість опадів була більша за норму в 1,7 разу.

1. Метеорологічні показники вегетаційного періоду за 2011–2020 рр.

Роки	Температура повітря, °С			
	травень	червень	липень	серпень
2011	13,9	18,5	18,9	19,2
2012	14,8	18,0	21,3	19,1
2013	15,8	18,3	18,7	19,4
2014	14,2	16,2	20,4	18,5
2015	13,4	17,8	19,9	22,1
2016	14,5	18,7	19,5	18,6
2017	13,8	18,2	18,5	20,2
2018	16,9	18,3	19,2	20,2
2019	13,2	21,2	18,3	19,8
2020	10,8	18,4	18,9	20,0
Середня багаторічна	12,9	16,3	17,5	16,9
Кількість опадів, мм				
2011	62,6	87,2	136,8	112,1
2012	53,0	109,0	67,0	71,0
2013	81,8	140,1	40,4	39,8
2014	129,4	51,6	99,5	75,9
2015	108,6	42,3	87,4	1,1
2016	58,1	62,5	66,6	26,8
2017	85,3	22,2	57,2	36,4
2018	69,0	153,5	116,0	79,4
2019	149,6	53,1	81,2	93,4
2020	125,3	98,4	71,9	23,7
Середня багаторічна	85	93	102	82

* Примітка. Дані гідрометеорологічного поста ІСГКР НААН, пункт спостереження – Оброшине.

Погодні умови у 2011; 2012; 2014–2016 та 2018–2020 рр. у період проходження фази сходів були несприятливими для розвитку збудника антракнозу, тому деякі колекційні зразки виявилися не ураженими патогеном. Розвиток антракнозу у фазі сходів був у межах 0–17,5 % (табл. 2).

2. Розвиток антракнозу льону в колекційному розсаднику, % (2011–2020 рр).

Роки дослідження	Фаза розвитку		
	сходи	бутонізація	рання жовта стиглість
2011	4,0–6,0	20,0–27,5	35,0–50,0
2012	1,0–3,0	1,0–5,0	25,0–45,0
2013	0,5–17,5	12,5–40,0	20,0–62,5
2014	0–7,5	0–20,0	10,0–45,0
2015	0–2,5	0–12,5	12,5–32,5
2016	0–3,5	0,8–12,5	2,7–15,0
2017	1,0–10,0	2,0–9,0	8,0–23,0
2018	0–5,0	3,0–11,0	32,0–70,0
2019	0–3,0	3,0–18,0	16,0–72,0
2020	0–2,0	3,0–14,0	20,0–54,0

У фазі бутонізації колекційні зразки мали слабкий ступінь ураження (бал 1), розвиток антракнозу коливався від 0 до 40,0 %. Найвищий розвиток антракнозу в фазі бутонізації відзначено в 2011 р. (20,0–27,5 %) і 2013 р. (12,5–40,0 %), на що мали вплив абіотичні чинники цього періоду (табл. 2).

Погодні умови червня, якими супроводжувалися фази інтенсивного росту та бутонізації, відзначалися температурою повітря, вищою за норму, в 2011 і 2013 р., а кількість опадів була менша за норму в 2011 та більша за норму 2013 рр. Такі погодні умови зумовили ураження антракнозом всіх колекційних зразків у цій фазі.

У 2014–2016 рр. деякі з досліджуваних зразків у фазі бутонізації проявили стійкість до ураження збудником антракнозу.

У фазі початку ранньої жовтої стиглості колекційні зразки льону мали середній (бал 2) та сильний (бал 3) ступінь ураження антракнозом.

Високий розвиток антракнозу на посівах льону у фазі ранньої жовтої стиглості відзначено в 2018 (32,0–70,0 %) і 2019 рр. (16,0–72,0 %), а дещо менший – в 2011 (35,0–50,0 %), 2013 (20,0–62,5 %) та 2020 рр. (20,0–54,0 %) (табл. 2).

У 2018 р. метеорологічні показники вегетаційного періоду були нерівнозначні: травень характеризувався теплою і сухою погодою. Особливими виявилися погодні умови літнього періоду. У червні температура повітря в першій і другій декаді була вищою за норму, в третій – нижчою за норму, в липні – перевищувала норму в трьох декадах місяця.

Кількість опадів у червні та липні була меншою за норму в першій декаді та більшою – в другій і третій. Такі погодні умови спричинили сильне ураження льону антракнозом у фазі початку ранньої жовтої стиглості, розвиток якого на окремих сортах досяг 70,0 % (табл. 2).

Погодні умови травня 2019 р. характеризувалися великою кількістю опадів, яка перевищувала норму в трьох декадах місяця, температура повітря в першій декаді була нижча, другій та третій декадах – вища за норму. Червень був теплим, температура повітря перевищувала норму в усіх декадах місяця, кількість опадів була різною: в першій декаді за норми 30 мм опадів не спостерігали, в другій декаді кількість опадів була більша за норму, в третій декаді – менша за норму.

У липні температура повітря в першій і третій декаді була вищою за норму, в другій – нижчою за норму; кількість опадів була меншою за норму в першій і другій декаді та більшою за норму в третій декаді.

Отже, погодні умови вегетаційного періоду 2019 р. були різними, суттєво відрізнялися в декадах за температурним режимом, кількістю та періодичністю випадання опадів, що сприяло сильному ураженню колекційних зразків антракнозом. У фазі ранньої жовтої стиглості розвиток хвороби сягнув 72 %.

У травні 2020 р. температура повітря була вища за норму в усіх декадах місяця на 0,9; 2,6; 2,6 °С і кількість опадів перевищувала норму в трьох декадах місяця відповідно на 8,5; 7,6; 24,2 мм.

Температура повітря в червні перевищувала норму в трьох декадах місяця відповідно на 0,1; 3,4; 2,8 °С, кількість опадів була різною: в першій і другій декадах – більша за норму на 3,2 і 4,9 мм, в третій декаді – менша за норму на 2,7 мм. Такі погодні умови були сприятливими для розвитку антракнозу, який у фазі сходів становив 0–2,0 % (табл. 2).

У фазі бутонізації всі досліджувані зразки льону уразилися антракнозом, розвиток хвороби коливався від 3,0 до 14,0 %.

Метеорологічні умови липня характеризувалися температурою повітря, вищою за норму в першій і другій декаді відповідно на 2,7 і 2,1 °С, в третій декаді – меншою за норму на 0,6 °С. Кількість опадів перевищувала норму в першій декаді на 10,9 мм, в другій і третій декаді була меншою за норму 6,7 і 34,3 мм. Погодні умови, які склалися на період проходження фази ранньої жовтої стиглості, спричинили ураження сортів льону антракнозом, розвиток якого становив 20,0–54,0 %.

У роки досліджень (2011; 2013; 2018–2020) температура повітря липня, на який припала фаза ранньої жовтої стиглості, перевищувала багаторічну. Кількість опадів у липні 2011; 2018 була більша за норму, в 2013; 2019; 2020 рр. – менша за норму відповідно на 61,6; 20,8; 30,1 мм, проте її було достатньо для розвитку збудника.

У колекційному розсаднику у фазі ранньої жовтої стиглості найменший розвиток антракнозу відзначено в 2015–2017 рр.: 2015 р. – 12,5–32,5 %, 2016 р. – 2,7–15,0 %, 2017 р. – 8,0–23,0 %.

У фазі ранньої жовтої стиглості погодні умови липня 2015–2017 рр. характеризувалися температурою повітря, яка перевищувала норму відповідно на 0,5; 2,0; 1,0 °С. Кількість опадів у 2015 р. була більшою за норму на 33,6 мм, в 2016 і 2017 рр. – менша за норму відповідно на 26,9 і 44,8 мм.

Класифікація колекційних зразків льону за ступенем стійкості до антракнозу (табл. 3) показала, що за період дослідження вона була різною.

У 2016 і 2017 рр. всі досліджувані зразки були стійкими до антракнозу, їх велику частку спостерігали в 2013–2015 рр., яка відповідно становила 81,3; 83,3; 96,9 %. Відсутність стійких зразків відзначено в 2011 і 2018 рр.

3. Класифікація колекційних зразків льону за ступенем стійкості до антракнозу залежно від розвитку хвороби, % (2011–2020 рр.)

Роки	Стійкі	Середньостійкі	Сприйнятливі
2011	0	87,5	12,5
2012	52,8	47,2	0
2013	81,3	11,1	7,6
2014	83,3	16,7	0
2015	96,9	3,1	0
2016	100,0	0	0
2017	100,0	0	0
2018	0	30,3	69,7
2019	15,4	25,0	59,6
2020	28,8	65,4	5,8

Серед досліджуваних зразків середньостійкі найбільшу частку займали в 2011 (87,5 %) і 2020 рр. (65,4 %), децю меншу частку – в 2012 р. (47,2 %). Найменшу частку середньостійких зразків відзначено в 2015 р. (3,1 %), а в інші роки вона коливалася в межах 11,1–30,3 %.

У колекційному розсаднику сприйнятливі зразки переважали в 2018 (69,7 %) і 2019 рр. (59,6 %), а їх відсутність відзначено в 2012,

2014–2017 рр. В інші роки досліджень (2011; 2013; 2020) частка сприйнятливих зразків відповідно становила 12,6; 7,6; 5,8 %.

За період досліджень у колекційному розсаднику виявлено стійкі зразки до антракнозу, які можуть бути використані в селекційному процесі як вихідний матеріал для створення нових сортів: Зоря-87 (St₂), Київський, Світанок, Рушничок, Львівський-8, Дебют, Золотистий, Вручий, Гладіатор, Ірма, Кримський-250, Байкал, Славний, Староместный, Хейя-14, Хейя-15, Форт, Лінія ЛЗУ-2, Лінія ЛЗУ-3, Лінія ЛЗУ-4, Лінія ЛЗУ-5, Atena, Artemida, Emilen, Berber, g7 Astelle, Rust Resistant sum № 6, Taurneus, Verin, Achay, Lintex, Milenium, Arsen, Daros I, Luna, Alba, Reina, Tammes T-17, Abissinian.

Висновки

За результатами десятирічних досліджень (2011–2020 рр.) вивчення стійкості колекційних зразків льону до збудника *Colletotrichum lini* Bolley можна зробити висновок, що ураження хворобою в кліматичних умовах зони Західного Лісостепу відзначали щорічно.

Інтенсивність ураження льону антракнозом зростала від фази сходів до ранньої жовтої стиглості. У фазі сходів залежно від року досліджень деякі з колекційних зразків не уражались антракнозом, а уражені зразки мали слабкий ступінь ураження (бал 1).

У фазі бутонізації зразки льону відзначалися слабким ступенем ураження (бал 1). На кінець вегетації хворобою уражувалися всі колекційні зразки, ступінь ураження у фазі ранньої жовтої стиглості був середнім (бал 2) і сильним (бал 3).

Встановлено, що на розвиток збудника антракнозу мають вплив метеорологічні умови, а зокрема температура та вологість. Процеси зміни клімату впливають на ріст та розвиток рослин, які знаходяться під їх дією впродовж вегетаційного періоду, а відтак зумовлюють розвиток збудника.

Розвиток антракнозу швидко відбувається за високої вологості та температури повітря 16–19 °С, але зараження рослин проходить за температури вище 9 °С.

Класифікація колекційних зразків льону за стійкістю до антракнозу показала, що за період досліджень частка стійких зразків була різною. Всі досліджувані зразки були стійкими до хвороби в 2016 і 2017 рр., велику частку спостерігали також у 2013–2015 рр., яка відповідно становила 81,3; 83,3; 96,9 %. Відсутність стійких зразків відзначено в 2011 і 2018 рр.

У колекційному розсаднику за період 2011–2020 рр. виявлено стійкі зразки до антракнозу, які можуть бути використані в

селекційному процесі як вихідний матеріал для створення нових сортів: Зоря-87 (St₂), Київський, Світанок, Рушничок, Львівський-8, Дебют, Золотистий, Вручий, Гладіатор, Ірма, Кримський-250, Байкал, Славний, Староместный, Хейя-14, Хейя-15, Форт, Лінія ЛЗУ-2, Лінія ЛЗУ-3, Лінія ЛЗУ-4, Лінія ЛЗУ-5, Atena, Artemida, Emilen, Berber, g7 Astelle, Rust Resistant sum № 6, Taurneus, Verin, Achay, Lintex, Milenium, Arsen, Daros I, Luna, Alba, Reina, Tammes T-17, Abissinian.

Список використаної літератури

1. Антракноз льону в умовах Західного Лісостепу України / О. А. Ващишин та ін. *Луб'яни та технічні культури*. 2018. Вип. 6 (11). С. 92–98.
2. Бірюкова Т. С., Чучвага В. І. Дослідження прояву розвитку фузаріозу та антракнозу перспективних сортів в умовах Північно-Східного Полісся України. *Зб. наук. пр. Інституту луб'яних культур НААН*. 2014. Вип. 12. С. 82–87.
3. Бурік О. Ю. Ураження льонудовгунцю хворобами залежно від строків збирання. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 2. С. 78–80.
4. Дегтерев Ю., Гавва Д., Резнік С. Вплив зміни клімату на урожайність сільськогосподарських культур Лівобережного Лісостепу. IV Міжнар. наук.-практ. конф. “Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти” (Київ, 21 квіт. 2021 р.). Київ, 2021. С. 107–111.
5. Домінська О. Я. Вплив факторів на розвиток льонарства в Україні. *Агросвіт*. 2015. № 7. С. 13–19.
6. Жуйков О. Г., Мельник Н. А. Льон олійний в Україні – культура втрачених можливостей. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 123. С. 62–67.
7. Ільків Л. А. Сучасний стан та ефективність виробництва льону. *Економічні науки*. 2018. № 12. С. 614–618.
8. Йотка О. Ю., Чучвага В. І., Кривошеєва Л. М. Ознакова колекція льону за стійкістю до фузаріозу та антракнозу – джерело вихідного матеріалу для селекції. *Генетичні ресурси рослин*. 2017. № 20. С. 73–84.
9. Ковальов В. Б., Деревон І. Ю., Бучко К. Д. Вирощування олійного льону на Поліссі. *Наукові читання – 2018* : матері-

References

1. Anthracnose of flax in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine / O. A. Vashchysyn et al. *Lubiani ta tehnicni kultury*. 2018. Issue 6 (11). P. 92–98.
2. Biriukova T. S., Chuchvaha V. I. Study of the manifestation of the development of fusarium wilt and anthracnose of promising varieties in the North-Eastern Polissia of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu lubianykh kultur NAAN*. 2014. Issue 12. P. 82–87.
3. Buryk O. Yu. Defeat of flax by diseases depending on the timing of harvest. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2013. No. 2. P. 78–80.
4. Dehterov Yu., Havva D., Reznik S. The influence of climate change on the yield of agricultural crops of the Left-Bank Forest-Steppe. IV Mizhnar. nauk.-prakt. konf. “Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vykylyk dlia ahrarnoi nauky ta osvity” (Kyiv, 21 kvit. 2021 r.). Kyiv, 2021. P. 107–111.
5. Dominska O. Ya. Influence of factors on the development of flax growing in Ukraine. *Ahrosvit*. 2015. No. 7. P. 13–19.
6. Zhuiikov O. H., Melnyk N. A. Oil flax in Ukraine – a culture of lost opportunities. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2022. No. 123. P. 62–67.
7. Ilkiv L. A. Current state and efficiency of flax production. *Ekonomichni nauky*. 2018. No. 12. P. 614–618.
8. Yotka O. Yu., Chuchvaha V. I., Kryvosheieva L. M. Characteristic collection of flax by resistance to fusarium and anthracnose – a source of raw material for selection. *Henetychni resursy roslyn*. 2017. No. 20. P. 73–84.
9. Kovalov V. B., Derebon I. Yu., Buchko K. D. Cultivation of oil flax in Polissia.

али наук.-практ. конф. (Житомир, 16–17 листоп. 2018 р.). Житомир, 2018. С. 49–54.

10. Коцюк О. Вплив змін клімату на посівні площі та валовий збір технічних культур в Україні. IV Міжнар. наук.-практ. конф. “Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти” (Київ, 21 квіт. 2021 р.). Київ, 2021. С. 120–123.

11. Крят Л. І. Вплив зміни клімату та екстремальних кліматичних явищ на розвиток сільського господарства. IV Міжнар. наук.-практ. конф. “Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти” (Київ, 21 квіт. 2021 р.). Київ, 2021. С. 129–131.

12. Лімонт А. Льон-довгунець і конкурентоспроможність льонарства та його відродження. *Техніка і технології АПК*. 2016. № 11. С. 14–19.

13. Логінов М. І. Перспективи селекції сортів льону-довгунцю з високою прядивною здатністю волокна та підвищеною насінневою продуктивністю. *Вісник Сумського НАУ*. 2014. № 3 (27). С. 201–204.

14. Макаренко В. Культури-фаворити. *Агроперспектива*. 2014. № 4. С. 20–21.

15. Марков І. Секрети успішного вирощування льону-довгунцю. *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 4. С. 299.

16. Махова Т. В., Поляков О. І. Вплив агроприймів вирощування на забур'яненість посівів та врожайність льону олійного в умовах Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2015. Вип. 22. С. 110–118.

17. Махова Т. В., Поляков О. І. Формування врожайності льону олійного сорту Ківіка в залежності від агроприймів вирощування. *Перспективи розвитку рослинницької галузі в сучасних економічних умовах* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 50-й річниці від початку розвитку рисівництва в Україні (Скадовськ, 6–8 серп. 2013 р.). Скадовськ, 2013. С. 134–135.

18. Методичні рекомендації “Селекція та первинне насінництво льону-довгунця” / М. І. Логінов та ін. Глухів, 2010. 50 с.

19. Наукові досягнення в селекції та створення нових сортів льону-довгунця

Naukovi chytnannia – 2018 : materialy nauk.-prakt. konf. (Zhytomyr, 16–17 lystop. 2018 r.). Zhytomyr, 2018. P. 49–54.

10. Koniuk O. The impact of climate change on the sown area and gross harvest of industrial crops in Ukraine. IV Mizhnar. nauk.-prakt. konf. “Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vykyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity” (Kyiv, 21 kvit. 2021 r.). Kyiv, 2021. P. 120–123.

11. Kriat L. I. Impact of climate change and extreme climatic phenomena on the development of agriculture. IV Mizhnar. nauk.-prakt. konf. “Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vykyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity” (Kyiv, 21 kvit. 2021 r.). Kyiv, 2021. P. 129–131.

12. Limont A. Long flax and the competitiveness of flax industry and its revival. *Tekhnika i tekhnologii APK*. 2016. No. 11. P. 14–19.

13. Lohinov M. I. Prospects for the selection of varieties of long-stemmed flax with high fiber spinning capacity and increased seed productivity. *Visnyk Sumskoho NAU*. 2014. No. 3 (27). P. 201–204.

14. Makarenko V. Crop favorites. *Ahroperspektyva*. 2014. No. 4. P. 20–21.

15. Markov I. Secrets of successful cultivation of long flax. *Ahrobiznes sohodni*. 2015. No. 4. P. 299.

16. Makhova T. V., Poliakov O. I. The influence of agricultural methods of cultivation on the weediness of crops and the yield of oil flax in the conditions of the Steppe of Ukraine. *Naukovo-tekhnichniy biuletyn Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2015. Issue 22. P. 110–118.

17. Makhova T. V., Poliakov O. I. Formation of the yield of oil flax of the Kivika variety depending on the agricultural methods of cultivation. *Perspektyvy rozvyku roslinnytskoi haluzi v suchasnykh ekonomichnykh umovakh* : materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf., prysviach. 50-i richnytsi vid pochatku rozvyku rysivnytstva v Ukraini (Skadovsk, 6–8 serp. 2013 r.). Skadovsk, 2013. P. 134–135.

18. Guidelines “Breeding and primary seed production of long flax” / M. I. Lohinov et al. Hlukhiv, 2010. 50 p.

19. Scientific achievements in the breeding

/ М. І. Логінов та ін. *Вісник Сумського НАУ*. 2016. № 2 (31). С. 209–213.

20. Облік шкідників та хвороб сільськогосподарських культур / за ред. В. П. Омелюти. Київ, 1984. 294 с.

21. Прымаков О. А., Маринченко І. О., Козорізенко М. П. Шляхи розвитку льонарства в Україні. *Економіка АПК*. 2013. № 11. С. 32–37.

22. Поляков О. І., Нікітенко О. В., Вахненко С. П. Агротехніка льону олійного. *The Ukrainian Farmer*. 2017. С. 102–105.

23. Поляков О. І., Махова Т. В. Вплив строків сівби та норм висіву на показники елементів продуктивності та формування врожайності льону олійного в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 68. С. 146–149.

24. Рудік Н. М. Економічний потенціал виробництва льону олійного в Україні. *Агросвіт*. 2020. № 2. С. 61–68.

25. Рудік О. Л. Вплив вологозабезпечення на процеси росту та розвитку сортів льону в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 98. С. 113–121.

26. Рудік О. Л., Мринський І. М. Загальна та біоенергетична оцінка подвійного використання льону олійного. *Вісник ЖНАЕУ*. 2015. № 2 (50), т. 1. С. 325–330.

27. Рудік А., Керимов А. Оценка сортовых особенностей с целью двойного использования посевов льна масличного. *Elimy News is the Researching of Natural Sciences. Lankaran*. 2018. Vol. 1. P. 221–229.

28. Слісарчук М. В. Удосконалення техніки гібридизації льону олійного і льону-довгунцю при створенні нового вихідного матеріалу. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 3. С. 45–49.

29. Сторчоус І. Технологічні основи вирощування льону-довгунцю в Україні. *Агробізнес сьогодні*. 2018. № 11. С. 72–73.

30. Хілінський С. А. Олійний льон для аграріїв сьогодні – від 100 % рентабельності та низка інших переваг. *Агроном*. 2019. № 4. С. 74–75.

31. Чехова І. В., Чехов С. А., Шкурко М. П. Вітчизняний ринок льону. *Економіка України*. 2017. № 1. С. 52–63.

32. Чехова І. В. Світовий ринок олійних культур. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 9.

and creation of new varieties of long flax / M. I. Lohinov et al. *Visnyk Sumskoho NAU*. 2016. No. 2 (31). P. 209–213.

20. Accounting of pests and diseases of agricultural crops / za red. V. P. Omeliuty. Kyiv, 1984. 294 p.

21. Prymakov O. A., Marynchenko I. O., Kozorizenko M. P. Ways of development of flax industry in Ukraine. *Ekonomika APK*. 2013. No. 11. P. 32–37.

22. Poliakov O. I., Nikitenko O. V., Vakhnenko S. P. Agrotechnics of oil flax. *The Ukrainian Farmer*. 2017. P. 102–105.

23. Poliakov O. I., Makhova T. V. The influence of sowing dates and sowing rates on indicators of productivity elements and yield formation of oil flax in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. 2017. Issue 68. P. 146–149.

24. Rudik N. M. The economic potential of oil flax production in Ukraine. *Ahrosvit*. 2020. No. 2. P. 61–68.

25. Rudik O. L. The influence of moisture supply on the processes of growth and development of flax varieties in the conditions of Southern Ukraine. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. 2017. Issue 98. P. 113–121.

26. Rudik O. L., Mrynskiy I. M. General and bioenergetic assessment of the dual use of oil flax. *Visnyk ZhNAEU*. 2015. No. 2 (50), vol. 1. P. 325–330.

27. Rudyk A., Kerymov A. Evaluation of varietal characteristics with the aim of dual use of oilseed flax. *Elimy News is the Researching of Natural Sciences. Lankaran*. 2018. Vol. 1. P. 221–229.

28. Slisarchuk M. V. Improvement of the technique of hybridization of oil flax and long flax by the creation of a new starting material. *Visnyk ahrranoi nauky*. 2014. No. 3. P. 45–49.

29. Storchous I. Technological bases of growing long flax in Ukraine. *Ahrobyzneshohodni*. 2018. No. 11. P. 72–73.

30. Khilinskiy S. A. Oil flax for farmers today – from 100 % profitability and a number of other advantages. *Ahronom*. 2019. No. 4. P. 74–75.

31. Chekhova I. V., Chekhov S. A., Shkurko M. P. Domestic flax market. *Ekonomika Ukrainy*. 2017. No. 1. P. 52–63.

32. Chekhova I. V. The world market of oil

С. 71–77.

33. Чучвага В. І., Кривошеєва Л. М. Вивчення сортової реакції льону-довгунця на стійкість до антракнозу з метою селекції на імунітет. *Луб'яні та технічні культури*. 2018. Вип. 6 (11). С. 88–92.

34. Шеремет Ю. В. Особливості елементів сортової технології вирощування льону олійного в умовах Полісся. *Вісник Житомирського національного агрокологічного університету*. 2013. Вип. 2. С. 50–55.

35. Яцух К. І., Тимчук І. С., Ващишин О. А. Антракноз льону-довгунцю на Львівщині. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2012. Вип. 54, ч. II. С. 135–145.

crops. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2017. No. 9. P. 71–77.

33. Chuchvaha V. I., Kryvosheieva L. M. Study of varietal reaction of long flax on resistance to anthracnose with the aim of selection for immunity. *Lubiani ta tekhnichni kultury*. 2018. Issue 6 (11). P. 88–92.

34. Sheremet Yu. V. The peculiarities of the elements of varietal technology of growing oil flax in the conditions of Polissia. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*. 2013. Issue 2. P. 50–55.

35. Yatsukh K. I., Tymchuk I. S., Vashchyshyn O. A. Anthracnose of long flax in the Lviv region. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynytstvo*. 2012. Issue 54, part II. P. 135–145.

Отримано 21 вересня 2022 р.
Погоджено до друку 2 листопада 2022 р.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В СИСТЕМІ АГРАРНОЇ НАУКИ

Мета статті – висвітлити основні результати наукових досліджень з питань інноваційного розвитку та трансферу технологій в мережі науково-дослідних установ регіонального рівня та державних підприємств дослідних господарств Національної академії аграрних наук України (НААН) за 2021 рік та перспективи розвитку на 2022–2025 роки; здійснити аналіз випробування, впровадження та науково-консультаційного супроводження завершених наукових розробок в інноваційно-інвестиційно активних сегментах агропромислового виробництва; провести аналіз стану інформаційної підтримки ринкових механізмів в інноваційно активних сегментах агропромислового виробництва; запропонувати шляхи розвитку інноваційної діяльності в НААН на 2022–2025 рр. Методи дослідження – системний аналіз та узагальнення інформації для поповнення кейсу проєктів інноваційної діяльності та трансферу технологій; сценарний аналіз умов використання інноваційного потенціалу наукових установ та підприємств аграрної науки в умовах європейської інтеграції з використанням документальних та історіографічних джерел. Висвітлено основні результати інноваційної діяльності в мережі науково-дослідних установ регіонального рівня НААН, спрямовані на подальший розвиток інноваційної складової їх наукових досліджень. Наведено приклади ефективного виконання завдань з випробування, впровадження та науково-консультаційного супроводу інновацій при виконанні завдань програми наукових досліджень НААН «Інноваційний розвиток» на 2021–2025 рр., запропоновано шляхи вдосконалення такої діяльності. На основі аналізу інноваційної діяльності установ НААН регіонального рівня сформовано методичну базу, яка охоплює всі аспекти інноваційного розвитку НААН і створює передумови для розробки механізмів їх реалізації. Одержані результати є науково-організаційною основою для подальшого інноваційно-інвестиційного розвитку науково-дослідних установ та їх дослідно-експериментальної бази в системі аграрної науки.

Ключові слова: інноваційний розвиток, інноваційна діяльність, інноваційний провайдинг, трансфер технологій, Національна академія аграрних наук України.

Viktor Verhunov

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Status and prospects for the development of innovation activities in the system of the agricultural science

The purpose of the article is to show the main results of scientific research on innovative development and technology transfer in the network of research institutions at the regional level and state enterprises of research farms of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine for 2021 and development prospects for 2022–2025; conduct an analysis of the state of information support of market mechanisms in innovatively active segments of agro-industrial production; to propose ways of developing innovative activity at the National Academy of Sciences for 2022–2025. Research methods – system analysis and generalization of information to replenish the case of innovative activity and technology transfer projects; scenario analysis of the conditions for using the innovative potential of scientific institutions and enterprises of agricultural science in terms of European integration using documentary and historiographic sources. The main results of innovation activity in the network of research institutions at the regional level of NAAS, aimed at further development of the innovative component of scientific research, are highlighted. Examples of effective implementation of tasks for testing, implementation, and scientific-consulting support of innovations during the implementation of the tasks of the scientific research program of the National Academy of Sciences "Innovative Development" for 2021–2025 are given; ways to improve such activities are proposed. Based on the analysis of the innovation activities of NAAS institutions at the regional level, a methodological base has been formed that covers all aspects of the NAAS innovation development and creates prerequisites for developing mechanisms for their implementation. The results obtained are the scientific and organizational basis for further innovation and investment development of research institutions and their experimental base in the system of agricultural science.

Keywords: innovative development, innovative activity, innovative providing, technology transfer, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

Вступ. Невід'ємною складовою успішного розвитку мережі багатопрофільних науково-дослідних установ регіонального рівня та державних підприємств дослідних господарств НААН є активна інноваційна діяльність. У широкому розумінні така діяльність передбачає організацію спільно з аграрним бізнесом інноваційної інфраструктури, зорієнтованої на прискорене впровадження завершених наукових розробок аграрної науки з інноваційним потенціалом в агропромислове виробництво регіонів на основі поєднання інтересів науки та бізнесу.

Однак практика створення системи провайдерів інноваційних перетворень на селі – на прикладі організації мережі сільськогосподарських дорадчих служб – без державної підтримки не має успіху. Тому науково-дослідні установи НААН для здійснення

трансферу завершених наукових розробок в агроформування регіонів формують спеціалізовані структурні підрозділи, основними завданнями яких є перетворення результатів наукових досліджень в інноваційні продукти – капіталізацію, комерціалізацію наукових продуктів, їх пропаганду та організацію впровадження безпосередньо на підприємствах АПК. Маючи значні земельні ресурси, науково-дослідні установи НААН спроможні забезпечити свої науково-господарські потреби на рівні не менш як 2 грн позабюджетних на 1 грн бюджетних коштів за умови підвищення ефективності науково-інноваційної діяльності та вдосконалення системи управління експериментальною базою [2, 4].

На вирішення проблем розвитку інноваційної діяльності спрямовано окремі завдання в рамках галузевих програм наукових досліджень та реалізується програма наукових досліджень НААН на 2021–2025 рр. «Використання потенціалу аграрної науки для інноваційного розвитку галузей агропромислового виробництва України» («Інноваційний розвиток») [7].

Реалізація програми передбачає дослідження та створення методологічної бази щодо здійснення інноваційної політики в наукоємній сфері АПК, ефективного функціонування аграрної науки на основі поєднання можливостей і переваг науково-технічної і інноваційно-підприємницької діяльності. Важливим аспектом є наукове обґрунтування методологічної, методичної, організаційної бази щодо ведення інноваційної діяльності в системі аграрної науки, забезпечення трансферу інновацій в агропромислове виробництво [8].

Мета статті – висвітлити основні результати наукових досліджень з питань інноваційного розвитку та трансферу технологій в мережі науково-дослідних установ регіонального рівня та державних підприємств дослідних господарств Національної академії аграрних наук України (НААН) за 2021 рік та перспективи розвитку на 2022–2025 роки; здійснити аналіз випробування, впровадження та науково-консультаційного супроводження завершених наукових розробок в інноваційно-інвестиційно активних сегментах агропромислового виробництва; провести аналіз стану інформаційної підтримки ринкових механізмів в інноваційно активних сегментах агропромислового виробництва; запропонувати шляхи розвитку інноваційної діяльності в НААН на 2022–2025 рр.

Матеріали і методи. При виконанні маркетингових досліджень у різних ґрунтово-кліматичних зонах проведено системний аналіз та узагальнення інформації для поповнення банку даних завершених наукових розробок (новацій), науково-консультаційних та

інформаційних послуг – для активного їх сприйняття і освоєння в агропромисловому виробництві. Проведено сценарний аналіз умов інвестиційного забезпечення інноваційного розвитку вітчизняного АПК з використанням документальних та історіографічних джерел.

На базі методології інноваційного провайдингу обґрунтовано науково-методичні та науково-організаційні підходи щодо підготовки завершених розробок науково-дослідних установ НААН до трансферу в агропромислове виробництво в форматі інноваційно-інвестиційних бізнес-проектів [3].

Результати та обговорення. У 2021 р. наукові установи-співвиконавці завдань програми наукових досліджень «Інноваційний розвиток» провели випробування та адаптацію до регіональних ґрунтово-кліматичних умов 294 наукових розробок, зокрема в галузях: землеробства – 19, рослинництва – 214, зоотехнії – 22. Впроваджено 700 завершених наукових розробок у 391 агроформуванні, зокрема в галузях: землеробства – 38, рослинництва – 224, зоотехнії – 29 [7].

Важливою складовою діяльності наукових установ НААН регіонального рівня є науково-консультаційне та інформаційне супроводження трансферу технологій. Її мета – створення умов для успішного широкого впровадження завершених наукових розробок в агропромислове виробництво регіонів, пропаганда досягнень вітчизняної аграрної науки та підвищення знань сільськогосподарських фахівців до рівня кваліфікованого сприйняття інновацій [11, 27].

Серед науково-консультаційних та інформаційних заходів, які проведено у 2021 р., найбільш поширеними були науково-практичні конференції з питань інноваційного розвитку галузей АПК (502), Дні поля (88), круглі столи (432), наукові консультації (39 тис.), підготовка і розповсюдження науково-методичних рекомендацій та інформаційних листів, виступи на радіо і телебаченні. За осінньо-зимовий період системою навчання та підвищення кваліфікації сільськогосподарських працівників охоплено близько 13 тис. керівників і спеціалістів агропромислової сфери [13].

Програма наукових досліджень НААН на 2021–2025 рр. «Інноваційний розвиток» складається з чотирьох підпрограм:

Підпрограма 1. «Теоретико-методологічні та організаційні засади інноваційного розвитку агропромислового виробництва в умовах міжнародної інтеграції».

Підпрограма 2. «Провайдинг та трансфер інновацій в агропромислове виробництво з урахуванням регіональних особливостей».

Підпрограма 3. «Інформаційно-бібліотечне забезпечення галузей агропромислового виробництва».

Підпрограма 4. «Розвиток системи міжрегіональної взаємодії науки, освіти та бізнесу з питань інноваційного розвитку».

У рамках програми в 2021 р. виконували 43 завдання, зокрема 5 фундаментальних і 38 прикладних. Їх виконання здійснювали 28 наукових установ НААН – співвиконавців програми. Постановою Президії НААН № 20/5 від 20 грудня 2019 р. (протокол № 20) головною установою з виконання програми визначено Національну наукову сільськогосподарську бібліотеку НААН. Дослідження за завданнями програми здійснювали висококваліфіковані наукові кадри Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН та установ-співвиконавців, серед них 26 докторів наук та 127 кандидатів наук.

Науково-технічна продукція, отримана внаслідок виконання фундаментальних досліджень за програмою, включає положення, монографії, бази даних, брошури та інші документи (табл. 1). Як видно з таблиці, науково-технічні документи в завершеному вигляді виготовили в основному за підпрограмою 3 «Інформаційно-бібліотечне забезпечення галузей агропромислового виробництва» вчені Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН [2].

Їх недостатню кількість за іншими завданнями можна пояснити тим, що програма виконується перший рік і має в більшості своїй прикладний характер. Водночас дослідникам завдань фундаментальних досліджень програми слід посилити роботу з формування стратегій, концепцій, методик та інших зазначених вище видів науково-технічної продукції.

1. Одержані результати виконання фундаментальних досліджень за ПНД 41 «Інноваційний розвиток» у 2021 р.

Назва видів науково-технічної продукції	Кількість всього, шт.	Підпрограма 1	Підпрограма 2	Підпрограма 3	Підпрограма 4
Теорії, стратегії, концепції					
Методики, методи					
Положення	2			1	1
Монографія	2			2	
Бази даних	4			4	
Інше	9			9	
Брошура	3	1	1	1	
Разом	20	1	1	17	1

Джерело: річні звіти про діяльність установ-співвиконавців ПНД 41 за 2021 р.

За 38 завданнями прикладних досліджень програми в 2021 р. розроблено 5 концепцій, 27 методик, 103 технології, 59 рекомендацій, 18 баз даних, підготовлено до друку та надруковано 12 монографій (табл. 2).

2. Одержані результати виконання прикладних досліджень за ПНД 41 «Інноваційний розвиток» у 2021 р.

Назва видів науково-технічної продукції	Кількість всього, шт.	Підпрограма 1	Підпрограма 2	Підпрограма 3	Підпрограма 4
1	2	3	4	5	6
Теорії, стратегії, концепції	5	1	2	1	1
Методики, методи	27	1	25	1	
Технології	103		103		
Патент, свідоцтво	5		5		
Рекомендації	59		56	3	
Інше	18		12	6	

1	2	3	4	5	6
Положення	2		1		1
Бази даних	18	2	7	6	3
Монографії	4		4		
Книги	8		4	4	
Разом	249	4	219	21	5

Джерело: річні звіти про діяльність установ-співвиконавців ПНД 41 за 2021 р.

Як видно з таблиці, більшість видів науково-технічної продукції в завершеному вигляді отримано за підпрограмою 2 «Провайдинг та трансфер інновацій в агропромислове виробництво з урахуванням регіональних особливостей». На високому рівні здійснює розробку науково-технічної продукції Інститут кормів та сільського господарства Поділля, Інститут сільського господарства Степу та Інститут олійних культур. Теоретико-методологічною базою наукових досліджень програми є концептуальні засади, моделі і механізми щодо науково-організаційних перетворень та інноваційно-інвестиційного розвитку аграрної науки, розроблені та схвалені Президією НААН за період 2013–2020 рр. [7].

Підпрограма 1 включає 4 завдання, із яких 1 фундаментальне і 3 прикладних. Співвиконавцями підпрограми є Інститут сільського господарства Степу, Інститут сільського господарства Північного Сходу, Національна наукова сільськогосподарська бібліотека та Черкаська ДСГДС ННЦ «Інститут землеробства».

У результаті проведених досліджень за підпрограмою науковці **Інституту сільського господарства Степу** вивчили вплив застосування науково-інноваційної продукції на виробничо-фінансові показники аграрного сектору Центральної України загалом, а також порівнювали їх динаміку в різних областях цього регіону. Вихідними даними для виконання НДР були: закінчені наукові розробки, адаптовані до умов Центрального регіону України, дані анкетних опитувань сільськогосподарських виробників, каталоги інноваційних розробок, рекомендованих для впровадження в аграрне виробництво; статистичні дані Держстату України з наукової діяльності та розвитку сільського господарства; оперативні дані департаментів агропромислового розвитку обласних державних адміністрацій [9].

Це дозволило виявити найбільш впливові фактори, що обумовлюють нерівномірний рівень інноваційної активності суб'єктів аграрного виробництва. У рамках виконання завдань підпрограми випробувано 7 завершених наукових розробок у галузі рослинництва, зокрема сорт ячменю ярого Вікінг, сорт ячменю ярого Кардинал, сорти

плівчастого та голозерного ячменю звичайного (ярого), еспарцет (селекційний № 12), сорт сої Златопільська, сорт сої Каменя [22–25].

В агрофоруваннях області впроваджено 11 завершених наукових розробок інституту, серед них «Моделі високопродуктивних екологічно збалансованих короткоротаційних сівозмін з ринковою орієнтацією». За результатами досліджень визначено продуктивність сівозмін та беззмінних посівів з різним насиченням зерновими і технічними культурами (40; 50; 60; 100 %); визначено залежність урожайності і показників якості продукції від комплексної дії сівозмінного фактору та систем удобрення; напрацьовано моделі високопродуктивних екологічно збалансованих короткоротаційних сівозмін з ринковою орієнтацією. Високу ефективність показали також впроваджені «Науково-практичні рекомендації з оптимізації ресурсозберігаючих біоадаптивних елементів технології вирощування кукурудзи в умовах Північного Степу», «Науково-практичні рекомендації з підвищення генетичного потенціалу ВРХ молочного напрямку продуктивності», «Науково-практичні рекомендації з удосконалення селекційно-племінної роботи в свинарстві» [12].

В Інституті сільського господарства Північного Сходу здійснено комплексний аналіз ринку конкурентоспроможних інновацій, їх моніторинг в аграрному виробництві. Вивчено потребу сільськогосподарських товаровиробників у науково-технічних розробках та участь їх у формуванні замовлень на виробництво інноваційної продукції.

Інститут широко впроваджує в регіоні інновації системи НААН за ліцензійними угодами, укладеними з провідними селекційними центрами України: Миронівським інститутом пшениці імені В. М. Ремесла, Селекційно-генетичним інститутом, Інститутом рослинництва імені В. Я. Юр'єва, ННЦ «Інститут землеробства НААН», Інститутом луб'яних культур та іншими.

У господарствах області впроваджено 11 наукових розробок. Серед них «Удосконалена технологія вирощування озимої пшениці для умов Північно-Східного Лісостепу України», «Сортова технологія вирощування гречки сорту Крупинка», «Регіональна технологія вирощування кукурудзи на зерно, яка забезпечує зменшення енергозатрат та підвищує обсяг використання генетичного потенціалу сучасних гібридів», «Спосіб консолідації продуктивних та племінних ознак української бурої молочної породи» [31, 33].

Вчені **Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН** у межах виконання завдання «Наукові та організаційні засади інформаційного забезпечення галузей

агропромислового виробництва в умовах міжнародної інтеграції» дослідили роль інформації за ринкової форми управління агропромисловим виробництвом, запровадження якої є обов'язковою умовою його інтеграції до світового АПК [1], підготували до друку брошуру «Організація інформаційного забезпечення інноваційного розвитку галузей агропромислового виробництва».

Аналіз складу завдань підпрограми 1 та стану їх виконання у 2021 р. свідчить про їх неповну відповідність назві підпрограми, що викликає потребу внесення змін і доповнень щодо складу та змісту завдань на наступні роки. Доцільно, на нашу думку, завдання з теоретико-методологічних та організаційних засад інноваційного розвитку агропромислового виробництва в умовах міжнародної інтеграції сконцентрувати в головній установі з виконання програми, а розпочати завдання, які виконували Інститут сільського господарства Північного Сходу та Черкаська ДСГДС ННЦ «Інститут землеробства», перемістити у підпрограму 2 «Провайдинг та трансфер інновацій в агропромислове виробництво з урахуванням регіональних особливостей».

Наукові дослідження за підпрограмою 2 «Провайдинг та трансфер інновацій в агропромислове виробництво з урахуванням регіональних особливостей», які виконували 23 наукові установи-співвиконавці, були спрямовані на вдосконалення науково-організаційних підходів та ринково-орієнтованого інструментарію випробовування, експериментального виробництва та консалтингового супроводу трансферу інноваційних технологій і продукції в агропромислому комплексі [6, 20, 30–32, 34, 35]. Виконано 23 прикладних завдання. Окремі приклади виконання завдань підпрограми свідчать про їх високу ефективність [14–19, 28].

У ННЦ «Інститут землеробства НААН» у 2021 р. за завданням «Визначити та обґрунтувати напрями і механізми науково-організаційного забезпечення інноваційної діяльності в агропромислому виробництві Київської області» проведено 28 патентних досліджень тематичних напрямів, з яких 14 – дослідження з питань землеробства та рослинництва, 14 – селекції і насінництва та інших. Проаналізовано Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2019–2021 рр., у тому сегменті ринку, який займає ННЦ «Інститут землеробства НААН».

У Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, діє 165 сортів рослин селекції інституту, що становить у групах зернових та кукурудзи 2,6 %, зернобобових – 10,1 %, круп'яних – 29 %, олійних та прядивних – 4,1 %, кормових – 9 %.

На основі проведених досліджень з'ясовано, що кількість сортів рослин і гібридів іноземної та вітчизняної селекції в наповненні реєстру в 2019–2021 рр. постійно змінюється. Проведений аналіз характеризує кон'юнктуру ринку наукоємної продукції в галузі рослинництва. Кількість сортів і гібридів рослин у наповненні реєстру в 2019 р. становила у групі зернових та кукурудзи 54,4 % іноземної селекції, 45,6 % вітчизняної, зернобобових – 43,7 % зарубіжних, 56,3 % українських, круп'яних – 3,6 % закордонних, 96,4 % вітчизняних, олійних та прядивних – 65,5 % селекції інших країн та 34,5 % внутрішньої, кормових – 39,8 і 60,2 %.

У 2021 р. зареєстровано п'ять корисних моделей інституту: «Спосіб удосконалення технології вирощування ячменю ярого в умовах Лісостепу України»; «Спосіб удосконалення технології вирощування пшениці озимої в умовах Лісостепу України»; «Спосіб оцінювання та добору вихідного матеріалу проса за ознакою “форма зернівки”»; «Спосіб удосконалення технології вирощування кукурудзи на зерно в Лісостепу»; «Спосіб повноцінного забезпечення азотом рослин сої на початкових етапах органогенезу».

В Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН внаслідок виконання робіт за завданням «Вдосконалити наукові основи та практичні засади інноваційного провайдингу та трансферу наукоємної продукції в агропромислове виробництво Поділля», етап 2021 р.: «Вдосконалити наукові основи та практичні засади інноваційного провайдингу» у 2021 р. сформовано «Науково-практичні рекомендації щодо вдосконалення інноваційного провайдингу», узагальнено інформацію щодо інноваційної діяльності інституту: надання науково-консультаційних та інформаційних послуг, пропаганди науки та передового досвіду, розповсюдження науково-технічної та патентної інформації, демонстраційних полігонів, підвищення кваліфікації фахівців, випробування та впровадження інновацій.

У 2021 р. отримано 12 охоронних документів на 9 об'єктів інтелектуальної власності (7 сортів рослин та 2 корисні моделі), з них: 7 патентів на сорт рослин і 3 свідоцтва про державну реєстрацію сорту та 2 патенти на корисну модель. Для кращого використання об'єктів права інтелектуальної власності проведено капіталізацію ОПВ, захищених у кінці 2020 р. – 2021 р. патентами. На бухгалтерський облік поставлено 11 об'єктів права інтелектуальної власності, з них: 9 – сорти рослин і 2 – корисні моделі.

Випробувано 25 наукових розробок, зокрема в галузі рослинництва – 24, зоотехнії – 1, з них технологій у: рослинництві – 4,

зоотехнії – 1, сортів і гібридів рослин – 20. Впроваджено 20 завершених наукових розробок у 176 агроформуваннях регіонів.

В Інституті олійних культур НААН внаслідок виконання завдання «Розробити науково-організаційні та методичні засади провайдингу інновацій, трансферу технологій та консалтингового забезпечення агропромислового виробництва Запорізької області» розроблено науково-практичні рекомендації, оновлено пакет інноваційних розробок та банк завершених наукових розробок інституту.

Випробувано 14 наукових розробок, зокрема в галузях: рослинництво – 13, механізація – 1, серед них «Простий міжлінійний гібрид соняшнику Мирний», «Сорт сої Каприз», «Гібрид ріпаку озимого Вегас», «Сорт льону Добродар» та ін. Впроваджено 22 наукові розробки, зокрема в галузях: рослинництво – 21 розробка (17 сортів і гібридів олійних культур; 4 удосконалені технології та технологічні елементи вирощування сільськогосподарських культур), механізація – 1 (виробничий зразок адаптивного віброрешітного сепаратора насіння соняшнику для проведення дослідно-виробничих випробувань).

Об'єктами права інтелектуальної власності інституту є 98 сортів та гібридів олійних культур, занесених до Реєстру сортів рослин України, 24 винаходи та корисні моделі. До Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні, внесено 2 гібриди соняшнику Маршал і Божедар. Отримано патент на винахід – адаптивний вібропневматичний сепаратор. На Державному сортовипробуванні знаходяться гібриди соняшнику Тур і Мірний, батьківський компонент соняшнику ЗЛ 96А; сорти сої Поєдинок та Каприз; льон Добродар, Лінсан; сорт ріпаку озимого Скай, гібрид ріпаку озимого Вегас, батьківський компонент ріпаку K1FOA09.

Підготовлено та опубліковано регіональні науково-практичні матеріали: «Інноваційна стратегія весняного поля: комплекс весняно-польових робіт в умовах 2021 року у Запорізької області», «Комплекс робіт зі збирання зернових та ранніх олійних культур у Запорізькій області в умовах 2021 року», «Технологічні аспекти проведення польових робіт з підготовки ґрунту, сівби озимих зернових та олійних культур восени 2021 року».

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція за завданням «Розробити організаційно-методичні основи інноваційного провайдингу та трансферу наукових розробок з урахуванням регіональних особливостей Донецького регіону» для визначення патенто- та конкурентоспроможності наукових розробок,

їх новизни, винахідницького рівня та промислової придатності провела патентні дослідження.

У 2021 р. завершилася кваліфікаційна експертиза сорту пшениці м'якої (озимої) Вежа. За результатами виконання тематики наукових досліджень отримано 4 патенти на корисні моделі: «Комбінований робочий орган для пошарового безвідвального обробітку ґрунту»; «Робочий орган для пошарового обробітку ґрунту»; «Спосіб вирощування рослин еспарцету для визначення інтенсивності розвитку кореневої системи» та «Спосіб прискороного розмноження насіння еспарцету». Зареєстровано 4 об'єкти авторського права.

Друковану продукцію представлено 21 статтею в наукових збірниках та журналах, 45 тезами та статтями і 4 науково-практичними і науково-технологічними рекомендаціями. Організовано функціонування 13 науково-технологічних демонстраційних полігонів, розміщених у Донецькій, Дніпропетровській, Кіровоградській, Харківській, Луганській, Одеській, Запорізькій та Закарпатській областях.

Випробувано технологій у рослинництві – 4, сортів і гібридів рослин – 6. Укладено 46 ліцензійних договорів на надання права на вирощування сортів пшениці озимої, ячменю ярого та еспарцету з господарствами Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Херсонської, Полтавської та Вінницької і Луганської областей. Впроваджено 21 завершену наукову розробку, з яких 2 в галузі землеробства та 19 у рослинництві. Експериментальне впровадження здійснено у 41 агроформуванні.

Підсумовуючи стан виконання підпрограми 2, варто зазначити, що всі 23 завдання виконано в повному обсязі і профінансовано згідно з кошторисами витрат. Водночас слід зауважити, що за даними звітів установи-співвиконавці програми в 2021 р. випробовували та впроваджували лише власні розробки. Механізм передачі завершених розробок від національних наукових центрів та галузевих інститутів НААН регіональним науковим установам для адаптації та впровадження не працює. Потребують уточнення та регламентації також процедури капіталізації, комерціалізації завершених розробок, їх випробування, впровадження та науково-консультаційний супровід. На нашу думку, є сенс включити до складу підпрограми завдання щодо науково-методичної підтримки трансферу інновацій та доручити його виконання одній з установ-співвиконавців програми.

За підпрограмою 3 «Інформаційно-бібліотечне забезпечення галузей агропромислового виробництва» виконується 11 завдань, із яких 3 фундаментальні, 8 прикладних. Основним виконавцем

підпрограми є Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН (завдання 1–9), співвиконавцями – Інститут тваринництва НААН (завдання 10) та Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН (завдання 11).

Внаслідок виконання завдання «Дослідження історії становлення та розвитку сільськогосподарської дослідної справи в Україні (друга половина XIX – початок XXI ст.) як моделі організації науки» доповнено й систематизовано джерельну базу дослідження розвитку аграрної науки й дослідної справи в Україні 20-х рр. XX ст. Опрацьовано близько 150 справ фонду 27 ЦДАВО України. Визначено методологічні підходи й оптимальні прийоми систематизації та дослідження історичних джерел [3].

Підготовлено до друку збірник документів і матеріалів: Науково-організаційне забезпечення розвитку сільськогосподарської галузі в УСРР (1920–1930): зб. док. і матеріалів. Ч. 2 : (1926–1930). 420 с. У виданні наведено архівні документи і матеріали, а також передруки, що відтворюють історію ведення сільського господарства УСРР з позиції його науково-організаційного забезпечення у період 1926–1930 рр. Побудова галузевого дослідництва за регіональним принципом забезпечувала розвиток стратегічних сільськогосподарських галузей – агрономії і тваринництва.

За завданням «Формування системи національної сільськогосподарської бібліографії та біографістики з історії аграрної науки на основі використання інноваційних підходів» розглянуто аграрну бібліографію окремих країн світу в системі розвитку сільського господарства. Зокрема вивчено історичні аспекти розвитку бібліографії Великобританії, Франції, Болгарії, Білорусії, Росії.

Проведено історико-наукові дослідження діяльності вчених-аграріїв України в рамках бібліографічних серій ННСГБ НААН [29].

Наповнювалися 3 джерелознавчі бази даних: I – «Біобібліографія провідних вчених-аграріїв України» на 3 од.; II – «Історичний розвиток сільськогосподарської дослідної справи» на 2 од.; III – «Інформаційно-бібліографічні ресурси агропромислового виробництва України» на 1 од.

Здійснено роботу зі створення біобібліографічного довідника «Національна академія аграрних наук України. Персональний склад (академіки, члени-кореспонденти, почесні та іноземні члени). 1990–2021» та довідкового видання «Історики вітчизняної аграрної науки і техніки».

Підготовлено електронне наукове фахове видання – міжвідомчий тематичний збірник «Історія науки і біографістика». Для

поповнення ретроспективного репертуару національної сільськогосподарської бібліографії та аграрної біографістики підготовлено 10-й випуск «Календар знаменних і пам'ятних дат в історії аграрної науки України на 2022 р.». Видання подає структуровану інформацію про життєвий і творчий шлях вчених-ювілярів, окреслюючи наукові досягнення та визначаючи дослідницькі пріоритети.

На виконання завдання «Теоретико-методологічні та організаційні аспекти інформаційного забезпечення аграрної науки в умовах міжнародної інтеграції інформаційного простору» відтворено історичні аспекти щодо науково-інформаційного забезпечення сільського господарства у 20–70 рр. ХХ ст. в УРСР.

Проаналізовано діяльність відділів пристосування дослідних установ та галузевих курсів щодо поширення НТІ з питань сільського господарства. З'ясовано, що на початку 20-х років ХХ ст. керівництво країни приділяло значну увагу підготовці фахівців з сільськогосподарської дослідної справи та поширенню знань. Розглянуто діяльність відділів пристосування Київського краю, а саме: Київської краєвої сільськогосподарської дослідної, Уманської сільськогосподарської дослідної, Чорторийської дослідної та Мліївської станцій.

Підготовлено 3 випуски реферативного журналу «Агропромисловий комплекс України».

За завданням «Інформаційно-комунікаційна діяльність ННСГБ НААН як чинник інноваційного розвитку аграрної галузі України» продовжено роботу зі створення власних електронних продуктів: електронний каталог, електронна картотека статей, бібліографічні бази даних, повнотекстові електронні колекції, електронні документи, отримані через службу електронної доставки документів, електронна бібліотека. Упродовж 2021 р. внесено до електронного каталогу «УкрАгротека» 11 500 назв книг. Продовжено роботу над формуванням третьої частини науково-допоміжного покажчика «Англомовні сільськогосподарські видання у фондах ННСГБ НААН» 1936–1978 рр. (3408 кн.).

У 2021 р. організовано 223 інформаційні заходи (35 виставок нових надходжень та 188 тематичних виставок) та підготовлено 12 експозицій, присвячених ювілейним датам щодо періодичних видань з «Фонду видань, випущених у ХІХ столітті з сільськогосподарської тематики Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН», внесених до Державного реєстру наукових об'єктів, що становлять національне надбання [26].

Розроблено методичні рекомендації «Організація роботи з бібліотечним фондом (моделювання, комплектування, облік і списання) в діяльності Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН».

Метою дослідження **завдання** «Організаційні основи формування галузевих бібліотечно-інформаційних ресурсів для аграрної галузі України з використанням інноваційних технологій» є розроблення інформаційно-пошукових систем бібліотеки, які здатні в автоматизованому режимі отримувати дані із електронних документів для їхнього впровадження у науково-інформаційний процес.

Триває наповнення баз даних: «Євроінтеграція», «АПК України в глобальних умовах зміни клімату». Для підготовки та видання в 2022 р. покажчика «Білоруська сільськогосподарська книга у фондах ННСГБ НААН» введено до ЕК 4175 перших примірників (загальний обсяг покажчика – 5132 документи, зокрема 957 примірників авторефератів).

Електронний каталог (ЕК) постійно наповнюється документами і налічує 434 457 записів. Підготовлено методичні рекомендації: «Електронний документ в ННСГБ НААН: облік, зберігання, використання, законодавчі аспекти». Триває наповнення бази даних «Звіти НДУ», яка налічує 3597 записів. У 2021 р. оброблено 873 звіти [26].

На виконання завдання «Архівні фонди у системі сучасної інноваційної складової аграрної науки» підготовлено методичний посібник «Організація та функціонування фондів особового походження вчених-аграріїв». Висвітлено основні принципи та методи роботи з документами особового походження відомих вчених аграрної галузі України в установах системи НААН.

Проводиться робота з наукового впорядкування архівних фондів особового походження. Завершальної фази набуває впорядкування фондів особового походження академіка В. А. Вергунова та професора О. Я. Пилипчука з подальшим введенням до електронної бази Ф. 8 «Фонди особового походження видатних учених», що хронологічно охоплюють період 1902–2021 рр. і містять наразі більше 10 000 одиниць зберігання.

За завданням «Сільськогосподарські товариства України як організаційна модель еволюційного розвитку аграрної науки» здійснюється робота над формуванням бази даних сільськогосподарських товариств України, яка передбачає віднайдення і систематизацію найбільш важливої інформації про громадські об'єднання аграріїв України, форми та напрями діяльності, етапи й

періоди функціонування галузевих товариств. Зокрема наразі впорядковано перелік з 700 назв сільськогосподарських товариств, які функціонували на теренах України у XIX – на початку XX ст. [5].

Здійснено аналіз кількісних і якісних показників функціонування сільськогосподарських громадських об'єднань у межах Російської імперії, зокрема на теренах України, в XIX – на початку XX ст. Розглянуто питання їхньої приналежності до категорії наукових товариств. Встановлено, що сільськогосподарські громадські об'єднання не є класичними науковими товариствами на відміну від інших галузевих товариств (природничих, технічних, гуманітарних), а належали насамперед до кооперативних організацій, враховуючи їхню наближеність до практично-виробничих потреб селянства.

Внаслідок виконання завдання «Теоретико-методологічні засади управління науковою комунікацією для актуалізації публікацій в світових наукометричних базах даних з урахуванням досліджень мережі НААН» продовжено започаткований ННСГБ НААН наукометричний моніторинг показників діяльності вчених-аграріїв НААН, наукових колективів та періодичних видань мережі академії у міжнародних базах даних Google Scholar, Web of Science та Scopus, і зокрема з використанням нових аналітичних інструментів та показників. Проведено ранжування суб'єктів наукової діяльності НААН за h-індексом у міжнародних наукометричних базах даних світу. Здійснено аналіз інституційної активності мережі академії. Досліджено репрезентативність періодичних та продовжуваних видань установ її мережі у міжнародних базах даних.

Періодичні видання НДУ НААН у міжнародних базах відображені таким чином: у базі Google Scholar – 32 видання, Index Copernicus – 18, DOAJ – 4, Open Academic Journals Index – 7, EBSCOhost – 2, Academic Resource Index Research Bible – 10, RePEc – 3, Web of Science – 1.

Опановано новий інструмент для проведення наукометричних досліджень від WoS – аналітичну платформу InCites.

Розроблено «Методичні вказівки зі створення бібліометричних профілів науковців, науково-дослідних установ та періодичних видань у системі Google Scholar (на прикладі ННСГБ НААН)» і розміщено в Бюлетені ННСГБ НААН. Вийшла друком брошура «Наукометричний моніторинг і ранжування суб'єктів наукової діяльності Національної академії аграрних наук України».

Розпочато виконання завдання «Оптимізація системи науково-інформаційного забезпечення НААН з використанням смарт-спеціалізацій (ІКТ, штучний інтелект, діджиталізація, блокчейн)».

Встановлено, що облаштування можливостей віддаленого доступу до бібліотечних ресурсів є найбільш перспективним напрямом розвитку інформаційно-наукового забезпечення. Ця тенденція значно актуалізувалася з поширенням COVID-19, але епідемія цієї хвороби лише прискорила перехід до масового дистанційного обслуговування користувачів бібліотечними ресурсами, причини якого лежать насамперед у спрощенні доступу до останніх завдяки застосуванню сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Одночасно з'ясовано, що використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій надає можливість значно підвищити ступінь релевантності отримуваної користувачами бібліотечними ресурсами інформації.

За завданням «Обґрунтувати проблемно-орієнтовану модель бібліометричного, наукометричного і вебметричного, інформаційно-бібліографічного і інформаційно-консалтингового супроводів інновацій в галузі тваринництва» науковці Інституту тваринництва провели бібліометричний моніторинг стану вітчизняної галузевої науки та виявлення довгострокових тенденцій її розвитку.

Для науково-аналітичного забезпечення дослідницької діяльності вчених інституту проведено аналіз бібліометричних платформ Web of Science, Scopus, Google Scholar, за результатами якого сформовано інформаційно-аналітичну базу даних.

За завданням «Науково-організаційні засади інформаційно-бібліотечного забезпечення аграрної галузі Східного міжрегіонального наукового центру» вчені Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва обґрунтували шляхи вдосконалення системи організації бібліотечно-інформаційного забезпечення науковців та фахівців аграрної галузі з урахуванням перспективних напрямів наукових досліджень; цілісний історико-науковий аналіз проведення науково-дослідної роботи співробітників інституту впродовж його існування й доведення практичних результатів до споживачів. Результатами досліджень є вдосконалення системи організації бібліотечно-інформаційного забезпечення вчених та фахівців аграрної галузі на основі інформаційно-бібліотечних процесів у діяльності наукових бібліотек Східного міжрегіонального наукового центру. Вийшли друком наукові видання «В. С. Цибулько: життєва мудрість вчителя» за ред. В. В. Кириченка, «Роль О. О. Потапової в підготовці наукових кадрів вищої кваліфікації Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН», «В. В. Кириченко – вчений в галузі селекції, генетики і насінництва», «Костромітін – вчений в галузі екологічного сортоживчення» за ред. В. А. Вергунова.

У процесі виконання завдань підпрограми 3 у 2021 р. працівники Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН провели 10 науково-практичних конференцій, зокрема 2 міжнародні та 8 всеукраїнських, надали 10,4 тис. консультацій, надрукували 62 статті, провели навчання 50 фахівців АПК.

На нашу думку, враховуючи значні обсяги тематики досліджень, а також актуальність цифрової трансформації інформаційно-бібліотечної справи, доцільно на рівні Президії НААН розглянути питання щодо виділення проблеми «Інформаційно-бібліотечне забезпечення галузей агропромислового виробництва» в окрему програму наукових досліджень НААН зі збільшенням обсягів бюджетного фінансування.

Основними завданнями підпрограми 4 «Розвиток системи міжрегіональної взаємодії науки, освіти та бізнесу з питань інноваційного розвитку» на 2021–2025 рр. є систематизація основ міжрегіональної співпраці наукових установ і закладів вищої освіти із місцевими органами влади та суб'єктами аграрного бізнесу, вдосконалення наукового забезпечення для вирішення актуальних міжрегіональних і регіональних проблем інноваційного розвитку аграрного сектору та сільських територій; обґрунтування заходів щодо стимулювання розвитку та активізації інноваційних процесів та розвитку науково-технологічної системи трансферу інновацій за пріоритетними напрямками інноваційного розвитку в міжрегіональних наукових центрах НААН [8, 10].

Підпрограма включає 5 завдань, із яких 1 фундаментальне і 4 прикладних. Співвиконавцями є головні наукові установи міжрегіональних наукових центрів НААН – Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва, ННЦ «Інститут аграрної економіки», ДУ «Інститут зернових культур НААН», Інститут сільського господарства Карпатського регіону і Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення.

У 2021 р. в **Інституті рослинництва імені В. Я. Юр'єва** за завданням «Розвиток системи міжрегіональної взаємодії науки, освіти та бізнесу з питань інноваційного розвитку» створено комп'ютерну базу даних сортів, гібридів та батьківських компонентів селекції інституту, особливо гібридів кондитерського соняшнику, впровадження яких сприятиме вдосконаленню процесу виробництва високоякісних харчових продуктів, що є актуальним на теперішній час. Ця наукова розробка має інформаційну цінність для товаровиробників зернової та олієжирової галузей. Своєчасне впровадження створених селекційних інновацій (більш адаптованих

сортив, гібридів та батьківських компонентів селекції інституту), сучасних технологій у зерновиробництво Східного регіону країни посприяє зростанню обсягів зерна з поліпшеними посівними якостями та прибутковості товаровиробників [33].

У процесі виконання завдання «Науково-методичні засади формування кластерної моделі інтеграції аграрної науки, освіти та виробництва» вчені **ННЦ «Інститут аграрної економіки»** охарактеризували три найбільш поширені моделі кластеризації в світі: північноамериканську, західноєвропейську, азійську. На основі дослідження особливостей формування та заходів державної підтримки досліджено досвід розвитку кластерних підходів в економіці США, Японії, Фінляндії, Франції, Німеччини, Італії. В контексті здійснення зазначеного узагальнено складові 4 основних підходів до формування кластерної політики, зокрема функціонального, підтримувального, директивного, інтервенційного [10, 21, 35].

За проміжними результатами дослідження особливостей функціонування Північного міжрегіонального центру запропоновано для вдосконалення правового забезпечення становлення й розвитку кластерних об'єднань внести зміни до ст. 120 Господарського кодексу України («Організаційно-правові форми об'єднань підприємств»), ст. 1 Закону України «Про інноваційну діяльність» та ст. 14 Закону України «Про розвиток та державну підтримку малого і середнього підприємництва в Україні» щодо визначення кластера як форми інноваційного підприємства.

Вчені **ДУ «Інститут зернових культур НААН»** за завданням «Розроблення методологічних основ та науково-організаційного інструментарію кластерної моделі функціонування Центрального міжрегіонального наукового центру НААН» опрацювали спільні заходи щодо створення зональних та обласних наукових і інноваційних центрів на адміністративних територіях зони діяльності Центрального міжрегіонального наукового центру, відкриття філій, інших суб'єктів інноваційного напрямку діяльності (наукових, індустриальних парків та технопарків, бізнес-інкубаторів та інше), організації проведення навчань, семінарів, виставок тощо [9].

Створено теоретичні основи міжрегіональної співпраці наукових установ і закладів вищої освіти із місцевими органами влади та суб'єктами аграрного бізнесу.

Разом із обласними державними адміністраціями розробляються механізми фінансування за рахунок коштів місцевих бюджетів діяльності Центрального міжрегіонального наукового центру.

Розробляються і вносяться обгрунтовані пропозиції та інноваційні проекти для ефективного використання місцевих сировинних ресурсів, розвитку кооперації, біржової та інших видів оптової торгівлі в регіонах.

В Інституті сільського господарства Карпатського регіону за завданням «Удосконалити науково-організаційну систему міжрегіональної взаємодії аграрної науки, освіти, та бізнесу на основі кластерної моделі функціонування Західного міжрегіонального наукового центру НААН» проведено науково-дослідну роботу, в основу якої покладено кластерну форму взаємовідносин та співробітництва установ центру, бізнесу та органів влади.

Розкрито науковий потенціал як сукупність ресурсів і можливостей сфери аграрної науки, що дає змогу за наявних форм організації та управління ефективно вирішувати завдання аграрного сектору економіки.

Сформовано базу наукового продукту установ центру, який може бути використаний для розробки інноваційно-інвестиційних проектів та програм для агровиробників, ОТГ і регіонів.

У **Селекційно-генетичному інституті** за завданням «Розробити наукові основи спільної діяльності науки, освіти та бізнесу з проблем інноваційного розвитку АПК в Південному міжрегіональному науковому центрі» проведено маркетингові дослідження щодо сприяння трансферу інноваційних проектів в агропромислове виробництво в зоні діяльності центру, створено комп'ютерну базу даних сільськогосподарських інновацій з використанням сучасних програмних засобів.

Висновки.

Результати виконання завдань програми, отримані в науково-дослідних установах НААН регіонального рівня, переконливо свідчать про позитивні тенденції нарощування участі аграрної науки у вирішенні проблем інноваційного розвитку агропромислового виробництва.

Водночас аналіз виконання завдань програми показує, що відбувається лише незначне нарощування темпів впровадження інновацій, а відтак питання планування, організації, механізмів, стимулів, звітності з інноваційної діяльності науково-дослідних установ НААН потребують удосконалення.

На 2022–2025 рр. для регіональних наукових установ академії першорядними завданнями мають бути налагодження стратегічних і тактичних маркетингових досліджень ринків наукоємної продукції аграрного профілю та визначення конкурентної стратегії. В їх основу

слід покласти аналіз кон'юнктури ринку, виокремлення попиту середніх і дрібних сільськогосподарських підприємств, фермерських та особистих селянських господарств на інноваційну наукову продукцію з подальшою розробкою схем організації її просування на ринки [9].

Вихід на ринок з принципово новими наукоємними товарами (технологіями, механізмами, приладами, засобами захисту та ін.), сформованими як інноваційно-інвестиційні бізнес-проекти для конкретних сільськогосподарських товаровиробників, вимагає системного підходу до трансферу технологій, поліпшення організації в структурі наукових установ підрозділів з інноваційної діяльності, розробки програм державної та міждержавної підтримки інноваційно-інвестиційних технологічних платформ в АПК.

Діяльність установ регіонального рівня має стати предметом постійної уваги Президії НААН та її галузевих Відділень. Запропоновані заходи сприятимуть суттєвому збільшенню обсягів інноваційної діяльності в аграрній сфері на регіональному рівні та підвищенню іміджу Національної академії аграрних наук України.

Список використаної літератури

1. Анненков І. О. Способи тенденційної обробки історичної інформації в радянській історіографії електромашинобудування УСПР/УРСР періоду 1920-х – 1930-х років. *Історія науки і біографістика*. 2021. № 1. URL: <http://inb.dnsgb.com.ua/2021-1/index.html> (дата звернення: 01.09.2022).
2. Вергунов В. А. Національна академія аграрних наук України: історична ретроспектива до інноваційного розвитку. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2021. 64 с.
3. Вергунов В. А. Сільськогосподарська дослідна справа в Україні від зародження до академічного існування: організаційний аспект. Київ : Аграр. наука, 2012. 416 с.
4. Гадзало Я. М., Гладій М. В., Саблук П. Т. Аграрний потенціал України: напрями розвитку : монографія. Київ : Аграр. наука, 2016. 332 с.
5. Демуз І. О. Українське науково-технічне товариство сільського господарства (40-ві – 80-ті рр. XX ст.):

References

1. Annienkov I. O. Ways of tendentious processing of historical information in the Soviet historiography of electrical engineering of the USSR/Ukrainian Soviet Socialist Republic of the 1920s–1930s. *Istoriia nauky i biohrafistyka*. 2021. No 1. URL: <http://inb.dnsgb.com.ua/2021-1/index.html> (last accessed: 01.09.2022).
2. Verhunov V. A. National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine: Historical Retrospective to Innovative Development. Kyiv : FOP Korzun D. Yu., 2021. 64 p.
3. Verhunov V. A. Agricultural research in Ukraine from birth to academic existence: organizational aspect. Kyiv : Ahrar. nauka, 2012. 416 p.
4. Hadzalo Ya. M., Hladii M. V., Sabluk P. T. Agrarian potential of Ukraine: directions of development. Kyiv : Ahrar. nauka, 2016. 332 p.
5. Demuz I. O. Ukrainian Scientific and Technical Society of Agriculture (1940s – 1980s of 20th century):

організаційна структура і форми роботи. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*. 2022. Т. 33 (72), № 2. С. 117–123.

6. Доценко В. І., Морозов В. В., Онопрієнко Д. М. Зрошення сільськогосподарських культур способом дощування : навч. посіб. Херсон : ОЛДІ-плюс, 2014. 448 с.

7. Звіт про діяльність Національної академії аграрних наук України за 2016–2020 роки та 2020 рік. Київ : Аграрна наука, 2021. 763 с.

8. Зубець М. В., Тивончук С. О. Наукові основи розвитку агропромислового виробництва на інноваційних засадах (теорія, методологія, практика). Київ : Аграр. наука, 2006. 480 с.

9. Криворучко І. М., Семеняка І. М., Іщенко В. А. Особливості догляду за посівами озимих зернових та вирощування ранніх ярих сільськогосподарських культур на Кіровоградщині в умовах 2019 року. Кропивницький, 2019. 44 с.

10. Лузан Ю. Ф. Формування наукової парадигми сучасного розвитку аграрного сектору України. *Економіка АПК* : міжнародний науково-виробничий журнал. 2011. № 7. С. 22–29.

11. Лупенко Ю. О., Малік М. Й., Шпикуляк О. Г. Інноваційне забезпечення розвитку сільського господарства України: проблеми та перспективи. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2014. 514 с.

12. Машенко Ю. В., Семеняка І. М. Удосконалена технологія вирощування гречки в умовах Північного Степу. *Аграрна наука – виробництво* : науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок. 2014. № 3. С. 14.

13. Носенко Ю. М., Нечипоренко О. М., Сінельник Л. М. Інноваційний агрокластер як форма інтеграції науково-освітньої діяльності та бізнесу. *Економіка АПК*. 2020. № 5. С. 77–86.

organizational structure and forms of work. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V. I. Vernadskoho*. 2022. Vol. 33 (72), No. 2. P. 117–123.

6. Dotsenko V. I., Morozov V. V., Onopriienko D. M. Irrigation of agricultural crops by sprinkling : method. book. Kherson : OLDI-plus, 2014. 448 p.

7. Report on the activities of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine for 2016–2020 and 2020. Kyiv : Ahrarna nauka, 2021. 763 p.

8. Zubets M. V., Tyvonchuk S. O. Scientific basis of development of agro-industrial production on innovative bases (theory, methodology, practice). Kyiv : Ahrar. nauka, 2006. 480 p.

9. Kryvoruchko I. M., Semeniaka I. M., Ishchenko V. A. Peculiarities of winter cereals crop care and growing of early spring crops in Kirovohrad Oblast in the conditions of 2019. Kropyvnytskyi, 2019. 44 p.

10. Luzan Yu. F. Formation of the scientific paradigm of the modern development of the agricultural sector of Ukraine. *Ekonomika APK* : mizhnarodnyi naukovo-vyrobnychyi zhurnal. 2011. No. 7. P. 22–29.

11. Lupenko Yu. O., Malik M. Y., Shpykuliak O. H. Innovative support for the development of agriculture in Ukraine: problems and prospects. Kyiv : NNTs «ІАЕ», 2014. 514 p.

12. Mashchenko Yu. V., Semeniaka I. M. Improved technology of buckwheat growing in the conditions of the Northern Steppe. *Ahrarna nauka – vyrobnytstvu* : naukovo-informatsiyni biuлетen zavershenykh naukovykh rozrobok. 2014. No. 3. P. 14.

13. Nosenko Yu. M., Netchyporenko O. M., Sinelnik L. M. Innovative agrocluster as a form of integration of scientific-educational activities and business. *Ekonomika APK*. 2020. No 5. P. 77–86.

14. Poloviy V. M., Yashchenko L. A., Yuvchuk N. O. Removal of nutrients by

14. Польовий В. М., Яценко Л. А., Ювчик Н. О. Винос елементів живлення пшеницею озимого залежно від удобрення і вапнування в умовах Західного Полісся. *Вісник аграрної науки : науково-теоретичний журнал*. 2021. № 4. С. 5–12.
15. Польовий В. М., Лукашук Л. Я., Ровна Г. Ф. Вирощування ріпаку на кислих ґрунтах. Роль удобрення та вапнування. *Агроном : наук.-вироб. журн.* 2021. № 1 (71). С. 120–124.
16. Польовий В. М., Лукашук Л. Я., Лук'яник М. М. Вплив змін клімату на розвиток рослинництва в умовах Західного регіону. *Вісник аграрної науки : науково-теоретичний журнал*. 2019. № 9. С. 29–34.
17. Польовий В. М., Лукашук Л. Я., Ровна Г. Ф. Продуктивність ріпаку озимого залежно від удобрення та вапнування в умовах Західного Полісся. *Науковий журнал «Зернові культури»*. 2020. Т. 4, №. 1. С. 108–115.
18. Польовий В. М., Ткач Є. Д., Лукашук Л. Я. Продуктивність ячменю ярого залежно від удобрення та вапнування в умовах Західного Полісся. *Агроекологічний журнал : науково-теоретичний журнал*. 2020. № 1. С. 83–90.
19. Польовий В. М., Кулик С. М. Система оптимізації ґрунтового живлення сої при вирощуванні на дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся. *Аграрна наука – виробництво : науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок*. 2017. № 4. С. 12.
20. Руденко М. В. Цифровізація сільськогосподарських підприємств та її економічна ефективність : монографія. Черкаси, 2020. 342 с.
21. Саблук П. Т., Лузан Ю. Я. Аграрна політика та чинники її реалізації. *Економіка АПК : міжнародний науково-виробничий журнал*. 2019. № 10. С. 6–17.
22. Савранчук В. В., Семеняка І. winter wheat depending on fertilization and liming in the conditions of Western Polissia. *Visnyk ahrarnoi nauky : naukovoto-reyetychnyi zhurnal*. 2021. No. 4. P. 5–12.
15. Polovyi V. M., Lukashchuk L. Ya., Rovna H. F. Cultivation of rapeseed on acidic soils. The role of fertilization and liming. *Ahronom : nauk.-vyrob. zhurn.* 2021. No. 1 (71). P. 120–124.
16. Polovyi V. M., Lukashchuk L. Ya., Lukianyuk M. M. The influence of climate change on the development of crop production in the conditions of the Western region. *Visnyk ahrarnoi nauky : naukovoto-reyetychnyi zhurnal*. 2019. No. 9. P. 29–34.
17. Polovyi V. M., Lukashchuk L. Ya., Rovna H. F. Productivity of winter rape depending on fertilization and liming in the conditions of Western Polissia. *Naukovyi zhurnal «Zernovi kultury»*. 2020. Vol. 4, No. 1. P. 108–115.
18. Polovyi V. M., Tkach Ye. D., Lukashchuk L. Ya. Productivity of spring barley depending on fertilization and liming in the conditions of Western Polissia. *Ahroekolohichnyi zhurnal : naukovoto-reyetychnyi zhurnal*. 2020. No. 1. P. 83–90.
19. Polovyi V. M., Kulyk S. M. System of optimization of soil nutrition of soybeans when grown on sod-podzolic soil of the Western Polissia. *Ahrarna nauka – vyrobnytvu : naukovoinformatsiyni biuletyn zavershenykh naukovykh rozrobok*. 2017. No 4. P. 12.
20. Rudenko M. V. Digitalization of agricultural enterprises and its economic efficiency. Cherkasy, 2020. 342 p.
21. Sabluk P. T., Luzan Yu. Ya. Agrarian policy and factors of its implementation. *Ekonomika APK : mizhnarodnyi naukovovyrobnychy zhurnal*. 2019. No. 10. P. 6–17.
22. Savranchuk V. V., Semeniaka I. M., Mostipan M. I. Scientific and practical recommendations for improving resource-saving technologies for growing winter wheat and winter barley adapted to the conditions of the Northern Steppe of

- М., Мостіпан М. І. Науково-практичні рекомендації із удосконалення ресурсозберігаючих технологій вирощування озимої пшениці та озимого ячменю, адаптованих до умов Північного Степу України. Кіровоград, 2013. 30 с.
23. Семеняка І. М., Гайденко О. М., Томашина Г. П. Науково-інноваційне забезпечення розвитку агропромислового виробництва регіону. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 7 (796). С. 75–82.
24. Семеняка І. М., Курцев В. О., Мащенко Ю. В. Науково-практичні рекомендації з біоадаптивної технології вирощування кукурудзи в умовах недостатнього зволоження Північного Степу України. Кіровоград, 2014. 64 с.
25. Семеняка І. М., Курцев В. О., Мащенко Ю. В. Науково-практичні рекомендації з біоадаптивної технології вирощування кукурудзи в умовах недостатнього зволоження Північного Степу України. Кіровоград, 2013. 62 с.
26. Татарчук Л. М. Інформаційно-аналітичні сервіси – пріоритетний інноваційний напрям діяльності Національної наукової сільськогосподарської бібліотеки НААН України. *Вісник Книжкової палати*. 2021. № 5. С. 40–43.
27. Трансфер інноваційних технологій в агропромислове виробництво регіонів України / за ред. Я. М. Гадзала, А. В. Бальян, С. А. Володіна. Київ : Аграр. наука, 2016. 244 с.
28. Balashova I, Fait V. Allele frequencies of Ppd-D1a, Ppd-B1a, and Ppd-B1c of photoperiodic sensitivity genes in spring bread wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) of various origin. *Agricultural Science and Practice*. 2021. Vol. 8, No. 1. P. 3–13.
29. Demuz I., Borodai I. Agricultural Biographics v. Agricultural Biographistics: Concepts, Resources of Information, and Reflexive Potential. *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum*. 2022. Vol. 10, No. 1.
- Ukraine. Kirovohrad, 2013. 30 p.
23. Semeniaka I. M., Haidenko O. M., Tomashyna H. P. Scientific and innovative support for the development of agro-industrial production in the region. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2019. No. 7 (796). P. 75–82.
24. Semeniaka I. M., Kurtsev V. O., Mashchenko Yu. V. Scientific and practical recommendations on the bioadaptive technology of growing corn in conditions of insufficient moisture in the Northern Steppe of Ukraine. Kirovohrad, 2014. 64 p.
25. Semeniaka I. M., Kurtsev V. O., Mashchenko Yu. V. Scientific and practical recommendations on bioadaptive technology for growing corn in conditions of insufficient moisture in the Northern Steppe of Ukraine. Kirovohrad, 2013. 62 p.
26. Tatarchuk L. M. Information and analytical services are a priority innovative activity of the National Scientific Agricultural Library of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Visnyk Knyzhkovoї palaty*. 2021. No. 5. P. 40–43.
27. Transfer of innovative technologies to agro-industrial production in the regions of Ukraine / za red. Ya. M. Hadzala, A. V. Balian, S. A. Volodina. Kyiv : Ahrar. nauka, 2016. 244 p.
28. Balashova I, Fait V. Allele frequencies of Ppd-D1a, Ppd-B1a, and Ppd-B1c of photoperiodic sensitivity genes in spring bread wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) of various origin. *Agricultural Science and Practice*. 2021. Vol. 8, No. 1. P. 3–13.
29. Demuz I., Borodai I. Agricultural Biographics v. Agricultural Biographistics: Concepts, Resources of Information, and Reflexive Potential. *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum*. 2022. Vol. 10, No. 1. P. 61–77.
30. Effect of various amounts of sunflower oil in feed additives on breast tissues' functional condition, reproductivity, and productivity of honey bees / I. I.

P. 61–77.

30. Effect of various amounts of sunflower oil in feed additives on breast tissues' functional condition, reproductivity, and productivity of honey bees / I. I. Saranchuk et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No. 11 (1). P. 344–349.

31. Humus balance and nutrient regime of irrigated soil under different systems of basic tillage and fertilizer / M. Maliarchuk et al. *Scientific Papers Series A. Agronomy*. 2022. Vol. LXV, No. 1. P. 435–444.

32. Identification of spring barley breeding lines with superior yield performance and stability / V. Hudzenko et al. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*. 2020. Vol. 68, No. 6. P. 947–958.

33. Improvement of technology of fatty acids obtaining from oil and fat production waste / V. Kalyna et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2, No. 6 (116). P. 6–12.

34. Productivity of lines – parental components of maize hybrids depending on plant density and application of biopreparations under drip irrigation / R. Vozhehova et al. *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*. 2022. Vol. 22, Issue 1. P. 695–704.

35. Strategic Development of Agri-Food Corporations in the Competitive Economic Space of Ukraine / A. Hutorov et al. *Independent Journal of Management & Production*. 2022. Vol. 13, No. 1. P. 37–55.

Saranchuk et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. No. 11 (1). P. 344–349.

31. Humus balance and nutrient regime of irrigated soil under different systems of basic tillage and fertilizer / M. Maliarchuk et al. *Scientific Papers Series A. Agronomy*. 2022. Vol. LXV, No. 1. P. 435–444.

32. Identification of spring barley breeding lines with superior yield performance and stability / V. Hudzenko et al. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*. 2020. Vol. 68, No. 6. P. 947–958.

33. Improvement of technology of fatty acids obtained from oil and fat production waste / V. Kalyna et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2, No. 6 (116). P. 6–12.

34. Productivity of lines – parental components of maize hybrids depending on plant density and application of biopreparations under drip irrigation / R. Vozhehova et al. *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*. 2022. Vol. 22, Issue 1. P. 695–704.

35. Strategic Development of Agri-Food Corporations in the Competitive Economic Space of Ukraine / A. Hutorov et al. *Independent Journal of Management & Production*. 2022. Vol. 13, No. 1. P. 37–55.

Отримано 1 вересня 2022 р.
Погоджено до друку 23 вересня 2022 р.

Представлено результати досліджень з вивчення впливу препарату на основі мінеральної олії *SunSpray11E* та десикації картоплиннця на врожайність насінневої картоплі та накопичення вірусної інфекції в процесі репродукування. У середньому за 2018–2020 рр. досліджень найвищий вихід насіння отримано за десикації картоплиннця через 10 діб після цвітіння картоплі (82,4–85,3 %), проте рівень загального та насінневого врожаю був низьким. Вихід насінневого матеріалу картоплі зростав за видалення картоплиннця через 20 діб – за загального врожаю залежно від сорту 28,8–30,0 т/га отримано врожай насінневих бульб у межах 20,6–22,9 т/га за вмісту насіння у структурі врожаю 71,0–76,3 %. Урожайність картоплі залежала від строку десикації картоплиннця і значно знижувалася за раннього його видалення. Видалення картоплиннця через 10 діб після цвітіння забезпечувало врожай насінневих бульб у межах 18,2–19,0 т/га, вихід насінневої фракції – 82,4–85,3 %, через 20 діб після цвітіння – 20,6–22,9 т/га, вихід насінневої фракції становив 71,0–76,3 % загального урожаю.

За результатами післязбирального оцінювання насінневої картоплі методом індексациі з подальшим тестуванням методом DAS-ELISA у 2020 р. виявлено залежність рівня інфікованості рослин М-, Y-, L-вірусами від строку видалення картоплиннця у поєднанні з афіцидно-інсектицидними обробками та внесенням мінеральної олії *SunSpray11E*.

Найменш інфікованими М-вірусом були рослини картоплі, де видалення картоплиннця протягом 2018, 2019 рр. проводили у строк через 10 діб після цвітіння, що становило за сортами картоплі: Мирослава – 4,0 % (на контролі 9,0 %), Предслава – 3,0 % (на контролі 10,0 %), Альянс – 4,0 % (на контролі 9,0 %). Зниження рівня зараження насінневої картоплі за видалення картоплиннця у строк на 10 добу після цвітіння становило: в сорту Мирослава – на 5,0 % (на контролі 9,0 %), Предслава – на 6,0 % (на контролі 10,0 %), Альянс – 5,0 % (на контролі 9,0 %). За результатами досліджень рівень інфікованості насінневої картоплі М-вірусом за видалення картоплиннця на 10 добу після цвітіння за внесення мінеральної олії *SunSpray11E* в нормі 6,0 л/га знижувався відповідно за сортами картоплі: Мирослава – на 2,0 %, Предслава – на 1,5 %, Альянс – на 1,0 %.

Ключові слова: насінництво, картопля, врожай, вихід насіннєвої фракції, М-, Y-, L-віруси, мінеральна олія *SunSpray11E*, видалення картоплиння.

Olha Vyshnevskia, Volodymyr Dmytrenko, Nataliia Zakharchuk, Ihor Levkivskyi

Institute of Potato Growing of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

The yield of seed potatoes and the accumulation of virus infection depends on the application of the preparation based on mineral oil and the desiccation of the potato liquid

The article presents the research results to study the effect of drugs based on mineral oil on the accumulation of viral infection in the reproduction process. On average, during the years of studies in 2018–2020, the highest seed yield was obtained by potato desiccation 10 days after potato flowering – 82.4–85.3 %, but the total and seed yield was low. The yield of potato seed material increased with the removal of potatoes in 20 days – with a total yield depending on the variety of 28.8–30.0 t/ha, the yield of seed tubers in the range of 20.6–22.9 t/ha for the seed content in the crop structure – 71.0–76.3% was obtained. The yield of potatoes depended on the period of desiccation of potatoes and significantly decreased with early removal of potatoes. Removal of potatoes 10 days after flowering ensured a yield of seed tubers in the range of 18.2–19.0 t/ha, the seed fraction yield was 82.4–85.3 %, 20 days after flowering – 20.6–22.9 t/ha, the seed fraction yield was 71.0–76.3 % of the total yield.

According to the results of the post-harvest assessment of seed potatoes by the indexing method with subsequent testing by the DAS-ELISA method in 2020, the dependence of the level of infection of plants with M-, Y-, L-viruses on the timing of potato removal in combination with aphicide-insecticide treatments and application of *SunSpray11E* mineral oil was revealed.

The potato plants, where the removal of potatoes during 2018, 2019 was carried out 10 days after flowering, which was for potato varieties Myroslava – 4.0% (the control variant 9.0 %), Predslava – 3.0 % (the control variant 10.0 %), Alians – 4.0 % (the control variant 9.0 %) were the least M-virus infected. The reduction in the level of infection of seed potatoes due to the removal of potato plants in the term – on the 10th day after flowering was: for the Myroslava variety - by 5.0 % (in the control 9.0 %), Predslava – by 6.0 % (in the control 10.0 %), Alliance – 5.0 % (9.0 % under control). The level of M-virus infection when removing potatoes on the 10th day after flowering with the application of mineral oil Sunspray at a rate of 6.0 l/ha decreased for potato varieties Myroslava – by 2.0 %, Predslava – by 1.5 %, Alians – by 1.0 %. It was established that no potato plants infected with Y-, L-viruses were detected.

Keywords: seed production, potato, harvest, yield seed fraction, M-, Y-, L-viruse, *SunSpray11E* mineral oil, potato removal.

Вступ. Вірусні фітопатогени представляють великий ризик для рослинництва в сільському господарстві, оскільки деякі з них можуть

викликати важкі захворювання [17, 19]. Однією з головних причин погіршення якості насінневої картоплі є накопичення фітопатогенних вірусів, яке зазвичай у процесі добазового та базового насінництва прогресує зі збільшенням числа польових поколінь. Ступінь наростання зараженості рослин вірусною інфекцією і пов'язане з цим погіршення якості багато в чому залежать від рівня інфікуючого навантаження в місцях вирощування насінневого матеріалу, системи захисних заходів, сортових особливостей та інших факторів [1, 4, 7, 27, 28].

Практика показала, що навіть за дотримання технологічного регламенту вирощування насінневого матеріалу, який базується на комплексному застосуванні найбільш ефективних агрозаходів, що максимально обмежують поширення вірусної інфекції у польових умовах, існує ризик виникнення випадків нових заражень рослин.

Найважна в Україні система безвірусного насінництва картоплі дозволяє звільнити її від найбільш шкочинних вірусів (*X, S, M, Y, L*). Однак у процесі репродукування в польових умовах проходить повторне зараження оздоровленого матеріалу [5, 9]. Щоб уникнути заражень рослин вірусною інфекцією та переходу її в бульби нового врожаю, потрібна надійна система хімічного захисту насаджень картоплі проти попелиць – переносників вірусів. Ефективним заходом зниження витрат за виробництва насінневої картоплі може стати застосування бакових сумішей інсектицидів, препаратів на основі мінеральних олій [8, 12, 22, 28]. Такі суміші збільшують пестицидну активність хімічних препаратів, оскільки препарати на основі мінеральних олій можуть виступати як ад'юванти (прилипачі), що сприяє зниженню норм витрати основних пестицидів та робочої рідини. У сучасній практиці низки зарубіжних країн застосування препаратів на основі мінеральних і рослинних олій є одним з найважливіших елементів у системі захисних заходів для запобігання поширенню вірусних хвороб за вирощування насінневої картоплі.

Встановлення ефективності використання мінеральної олії та інсектицидних обробок на початково вільних від вірусів рослинах картоплі в польових умовах показало, що на контрольних ділянках без обприскування *Y*-вірус поширився на 18 % (2014 р.) і 22 % (2015 р.), проте за декількох обробок спостерігали значне зниження ступеня поширення *Y*-вірусу. Найбільше зниження ступеня поширення *Y*-вірусу, всього на 4 % (2014 р.) та 12 % (2015 р.), спостерігали за комбінованої обробки мінеральними оліями та інсектицидами, за якими проводили обробки лише мінеральними оліями; тоді як обробки інсектицидами без додавання мінеральних олій істотно не зменшили

поширення *Y*-вірусу. Моделювання множинної логістичної регресії підтвердило відносну ефективність комбінування обробок рослин картоплі мінеральними оліями і інсектицидами з урахуванням різних факторів поширення попелиць для зниження поширення *Y*-вірусу. Моделювання також підкреслило важливість висаджування насіння з низьким рівнем зараження *Y*-вірусом і раннього застосування обприскувань листя мінеральними оліями та інсектицидами [26].

Результати досліджень показали, що за застосування мінеральних олій відбулося значне зниження зараження оздоровленої картоплі *Y*-вірусом. Використання мінеральної олії Superior 70 забезпечило рівень зараження *Y*-вірусом трьох сортів картоплі в межах від 2,1 до 12,2 %, тоді як на контрольних ділянках (без застосування Superior 70) рівень зараження *Y*-вірусом становив від 20,4 до 37,7 %. Зараження картоплі *Y*-вірусом за використання мінеральної олії Вазіл-*Y* становило від 2,1 до 26,5 %, а на контрольних ділянках – від 49,9 до 85,7 % у середньому для трьох сортів картоплі [6, 10, 13]. Встановлено позитивний вплив на зниження зараження картоплі вірусними інфекціями внаслідок застосування мінеральних олій, захисних посівів по периметру поля [11, 16, 24].

Щоб максимально обмежити можливість пізнього зараження рослин вірусами та запобігти переходу інфекції до бульб нового врожаю, у базовому насінництві картоплі встановлюють оптимально ранні строки знищення картоплиння (бадилля). Видалення картоплиння здійснюють у момент формування у структурі урожаю не більше 70–80 % насінневих бульб, що мають розмір у поперечному діаметрі не більше 28–60 мм. Доведено, що раннє видалення картоплиння значно знижує кількість бульб, інфікованих вірусами в поточному році, за рахунок того, що частина нових інфекцій не встигає проникнути у бульби нового врожаю. Позитивний вплив цього заходу підтверджено результатами численних досліджень [4, 8, 18, 23, 31].

Попелиці – активні вектори переносу вірусів картоплі. Ступінь зараження вірусними інфекціями позитивно корелює з наявністю видів попелиць з високим індексом передачі вірусів *Y* та *L* [16, 29]. Віруси картоплі PVY і PVM передаються попелицями непостійним способом на їх стилетах. Багато видів попелиць мають здатність передавати віруси на стилетах. Однак найефективнішими переносниками є картопляні попелиці. *Muzus persicae* Sulzer є найефективнішим вектором PVY [20, 30]. Застосування мінеральної олії є більш ефективним способом захисту від нестійких вірусів. Ще в 1960 рр. повідомляли про дослідження, які вказували на можливість

використання олійної речовини для захисту від вірусів, зокрема проти PVY. Сьогодні мінеральні олії широко застосовують для захисту картоплі в багатьох європейських та інших країнах [14, 15, 21, 26].

Матеріали і методи. Дослідження проведено у 2018–2020 рр. у розсаднику добазового насінництва картоплі Інституту картоплярства НААН за умов просторової ізоляції від основних джерел та переносників вірусних інфекцій картоплі (сmt Немішаєве Бучанського р-ну Київської обл.) в умовах зони Полісся України. Предмет дослідження – добазовий та базовий насінневий матеріал картоплі середньостиглих сортів Мирослава, Предслава, Альянс. У 2018–2020 рр. на насадженнях різних сортів картоплі було застосовано систему видалення картоплиння відповідно до схеми досліду:

1. Контроль (без видалення картоплиння).
2. Видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння.
3. Видалення картоплиння через 20 діб після цвітіння.
4. Видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння + *SunSpray11E* – 6,0 л/га.
5. Видалення картоплиння через 20 діб після цвітіння + *SunSpray11E* – 6,0 л/га.

Польовий дослід закладено за дотримання “Методики дослідної справи” [3]. Площа варіанта – 24,0 м². Повторність чотириразова. Схема садіння картоплі – 75x20 см за густоти стояння рослин 66,7 тис. шт./га. Технологія вирощування – загальноприйнята для насінницьких насаджень картоплі у зоні Полісся України. Агротехніка поля включала такі технологічні операції: веснооранку, культивацію, формування гребенів за допомогою фрезерного культиватора. Система удобрення – внесення мінеральних добрив у вигляді нітроамофоски з нормою 5 ц/га у фізичній вазі або N₈₀P₈₀K₈₀ в кг д.р./га з внесенням їх локально у борозни під час садіння картоплі. Для захисту насаджень картоплі від колорадського жука та попелиць використовували протруйник селест Топ, 0,7 л/т, препарати – енжіо 247 SC – 0,18 л/га, фастак, 0,07–0,10, карате 050 EC, 0,1–0,2, проти фітофторозу і альтернаріозу – фунгіциди метаксил ЗП – 2,5 л/га, ширлан 500 SC – 0,3 кг/га та нагіво 75 WG ВГ – 0,35 кг/га. Для видалення картоплиння застосовували десикант реглон Супер 150 SL загальною нормою 2 л/га з внесенням у декілька етапів – перша обробка картоплиння з нормою 0,8 л/га, друга – 1,2 л/га. До кожної фунгіцидно-інсектицидної обробки додавали препарат на основі мінеральної олії – *SunSpray11E* – в дозі 6,0 л/га.

Мінеральну олію *SunSpray11E* – олію-розпилувач використовують для боротьби з комахами, кліщами та їх яйцекладками

у садівництві та за вирощування сільськогосподарських культур, вміст мінеральної олії – 98,8 мас.%, люозифікатор – 1–9 % маси. Норма застосування – 2,0–6,0 л/га з внесенням 200–300 л/га води.

Перший етап десикації картоплиння на насадженнях усіх сортів проводили 27 липня, другий етап – 5 серпня, третя та четверта обробка – відповідно 15, останню обробку було проведено 25 серпня. Облік урожаю – поділянковий, з кожного варіанта й повторення. Перед початком збирання врожаю проводили повний облік кількості здорових та виявлених хворих рослин, відзначали місця можливих винятків.

Структуру врожаю визначали за всіма варіантами з ділянок першого та третього повторення відбором проб масою 10 кг шляхом розбору бульб на фракції: до 28 мм, 28–60 мм, більше 60 мм. Кількість бульб кожної фракції підраховували, зважували та визначали у відсотках до загальної кількості або маси. Статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням комп'ютерної програми STATISTICA 6.0 [2].

Вміст вірусної інфекції у рослинах картоплі визначали у післязбиральний період (метод індексації бульб) [25].

Для виявлення наявності та вмісту вірусної інфекції використовували метод твердофазного імуоферментного аналізу (подвійний сендвіч-варіант, DAS-ELISA) за допомогою комерційних тест-систем фірми “LOEWE”, Німеччина. Результати реакції реєстрували на рідері Termo Labsystems Opsis MR (США) з програмним забезпеченням Dynex Revelation Quicklink з довжиною хвиль 405/630 нм. Обробку даних оптичної густини зразків проводили методом описової статистики, визначаючи середні та стандартні відхилення даних. Порогове значення оптичної густини, яке відрізняє позитивні результати ферментативної реакції від значення фону, визначали для кожного планшета окремо і згідно з рекомендаціями [25].

Результати та обговорення. Ріст і розвиток рослин картоплі трьох досліджуваних сортів – Мирослава, Предслава, Альянс – у 2018–2020 рр. відповідали строкам їх стиглості. Густота стеблостою варіювала у межах 237–340 тис. шт. на 1 га. Урожайність залежала від строку десикації картоплиння і значно знижувалася за його раннього видалення (табл. 1). На контрольному варіанті (без десикації) отримано врожайність відповідно до сорту Мирослава – 46,7 т/га, Предслава – 42,9 т/га, Альянс – 42,1 т/га. На варіанті за видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння врожайність становила відповідно за сортами: Мирослава – 19,0 т/га, насінневої фракції –

16,2 т/га, або 85,3 %, Предслава – 18,2 т/га, насінневої фракції – 15,0 т/га, або 82,4 %, Альянс – 18,3 т/га, насінневої фракції – 15,3 т/га, або 83,6 %. Ефективність виробництва насінневої картоплі зростала за видалення картоплиння через 20 діб після цвітіння – за загального врожаю залежно від сорту 28,8–30,0 т/га отримано врожай насінневих бульб у межах 20,6–22,9 т/га за вмісту насіння у структурі врожаю 71,0–76,3 %. Застосування мінеральної олії *SunSpray11E* в нормі 6,0 л/га не викликало зниження врожаю щодо ідентичних варіантів з видаленням картоплиння через 10 та 20 діб після цвітіння.

За результатами післязбирального оцінювання насінневої картоплі методом індексції з подальшим тестуванням методом DAS-ELISA у 2020 р. виявлено залежність рівня інфікованості рослин *M*-, *Y*-, *L*-вірусами від строків видалення картоплиння у поєднанні з афіційно-інсектицидними обробками та внесенням мінеральної олії *SunSpray11E* (табл. 2). Застосування спеціальних насінницьких заходів сприяло зниженню ступеня інфікування насінневої картоплі сортів картоплі Мирослава, Предслава, Альянс. Видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння сприяло зниженню вмісту вірусної інфекції за даними результатів імуоферментного аналізу *M*-вірусом у сорту Мирослава – на 5,0 % (на контролі 9,0 %), Предслава – на 6,0 % (на контролі 10,0 %), Альянс – 5,0 % (на контролі 9,0 %). За видалення картоплиння на 10 добу після цвітіння з внесенням мінеральної олії *SunSpray11E* в нормі 6,0 л/га вміст вірусної інфекції знижувався щодо варіанта без застосування мінеральної олії *SunSpray11E* відповідно за сортами картоплі: Мирослава – на 2,0 %, щодо контролю без видалення картоплиння – на 7,0 %, Предслава – на 1,5 %, щодо контролю без видалення картоплиння – на 8,5 %, Альянс – на 1,0 %, щодо контролю без видалення картоплиння – на 6,0 %. Заражених рослин картоплі *Y*-, *L*-вірусами не було виявлено.

1. Урожайність, насіннева продуктивність та вміст насінневої фракції залежно від строків видалення картоплини та внесення мінеральної олії *SunSpray11E* (2018–2020 рр.)

Варіант	Сорт											
	Мирослава				Предслава				Альянс			
	Урожай- ність, т/га	Насіннева продуктив- ність, т/га	Вміст насінневої фракції, %	Урожай- ність, т/га	Насіннева продуктив- ність, т/га	Вміст насінневої фракції, %	Урожай- ність, т/га	Насіннева продуктив- ність, т/га	Вміст насінневої фракції, %	Урожай- ність, т/га	Насіннева продуктив- ність, т/га	Вміст насінневої фракції, %
1	46,7	22,2	44,5	42,9	20,6	48,0	42,1	20,7	44,2	42,1	20,7	44,2
2	19,0	16,2	85,3	18,2	15,0	82,4	18,3	15,3	83,6	18,3	15,3	83,6
3	30,0	22,9	76,3	28,8	21,2	73,6	29,0	20,6	71,0	29,0	20,6	71,0
4	20,6	16,9	82,0	18,1	15,1	83,4	18,6	15,0	80,6	18,6	15,0	80,6
5	29,8	21,9	74,2	30,9	21,8	70,6	30,6	21,9	71,6	30,6	21,9	71,6
НР ⁰⁶	2,2–1,4	0,9–0,8		2,4–2,0	0,8–0,7		2,0–1,9	0,7–0,65		2,0–1,9	0,7–0,65	

2. Ступінь зараженості насіннєвої картоплі латентною інфекцією M-, Y-, L-вірусів за результатами післязбирального тестування методом DAS-ELISA, 2020 р., %

Варіанти дослідів	Віруси картоплі		
	M	Y	L
Сорт Мирослава			
1. Контроль (без видалення картоплиння)	9,0	-	-
2. Видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння	4,0	-	-
3. Видалення картоплиння через 20 діб після цвітіння	4,0	-	-
4. Видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння + <i>SunSpray11E</i> – 6,0 л/га	2,0	-	-
5. Видалення картоплиння через 20 діб після цвітіння + <i>SunSpray11E</i> – 6,0 л/га	2,5	-	-
Сорт Предслава			
1. Контроль (без видалення картоплиння)	10,0	-	-
2. Видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння	3,0	-	-
3. Видалення картоплиння через 20 діб після цвітіння	4,0	-	-
4. Видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння + <i>SunSpray11E</i> – 6,0 л/га	1,5	-	-
5. Видалення картоплиння через 20 діб після цвітіння + <i>SunSpray11E</i> – 6,0 л/га	2,0	-	-
Сорт Альянс			
1. Контроль (без видалення картоплиння)	9,0	-	-
2. Видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння	4,0	-	-
3. Видалення картоплиння через 20 діб після цвітіння	4,0	-	-
4. Видалення картоплиння через 10 діб після цвітіння + <i>SunSpray11E</i> – 6,0 л/га	3,0	-	-
5. Видалення картоплиння через 20 діб після цвітіння + <i>SunSpray11E</i> – 6,0 л/га	4,5	-	-

Висновки

Врожайність бульб картоплі на контрольному варіанті без видалення картоплиння становила в сорту Мирослава 46,7 т/га, Предслава – 42,9 т/га, сорту картоплі Альянс – 42,1 т/га. За видалення

картоплиння врожайність бульб знижувалася: через 10 діб після цвітіння картоплі в сорту Мирослава на 27,7 т/га, або 59,3 %, в сорту Предслава – на 24,7 т/га, або 57,5 %, сорту Альянс – на 23,8 т/га, або 56,5 %.

Зниження врожайності через 20 діб після цвітіння становило в сорту Мирослава 18,7 т/га (40,0 %), в сорту Предслава – 14,1 т/га (32,8 %), Альянс – 13,1 т/га (31,1 %).

За результатами досліджень видалення картоплиння у строк через 10 діб після цвітіння забезпечувало рівень зараження насінневої картоплі: в сорту Мирослава 4,0 % за рівня зараження на контролі 9,0 %, сорту Предслава – 3,0 % (на контролі 10,0 %), Альянс – 4,0 % (на контролі 9,0 %). Застосування мінеральної олії *SunSpray11E* у нормі 6,0 л/га забезпечувало рівень зараження насінневої картоплі: в сорту Мирослава 2,0 % за рівня зараження на контролі 9,0 %, сорту Предслава – 1,5 % (на контролі 10,0 %), Альянс – 3,0 % (на контролі 9,0 %).

Список використаної літератури

1. Видовий склад вірусів і векторне навантаження в оцінці фітосанітарного стану насаджень картоплі / О. П. Таран та ін. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_5_3 (дата звернення: 26.10.2022).
2. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко Л. І. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6.0. Київ : Поліграф Консалтинг, 2007. 55 с.
3. Картоплярство: методика дослідної справи / за ред. А. А. Бондарчука, В. А. Колтунова. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 652 с.
4. Результати моніторингу переносників та заходи боротьби з вірусними хворобами картоплі в зоні Полісся України / А. А. Бондарчук та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (II). С. 8–28. DOI: 10.32636/01308521.2020-(67)-2-1.
5. Решотко Л. М., Дмитрук О. О., Волкова І. В. Поширення вірусних захворювань картоплі в агроценозах Карпатського економічного району. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Т. 30. С. 54–60. DOI:

References

1. Species composition of viruses and vector load in the assessment of phytosanitary condition of potato plantations / O. P. Taran et al. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. 2015. No 5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_5_3 (last accessed: 26.10.2022).
2. Ermantraut E. R., Prysiazhniuk O. I., Shevchenko L. I. Statistical analysis of agronomic research data in the package STATISTICA 6.0. Kyiv : Poligraf Consulting, 2007. 55 p.
3. Potato growiing: research methodology / za red. A. A. Bondarchuka, V. A. Koltunova. Vinnytsia : TOV "TVORY", 2019. 652 p.
4. Results of monitoring of vectors and measures to control viral diseases of potatoes in the Polissya region of Ukraine / A. A. Bondarchuk et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2020. Vol. 67, Iss. II. P. 8–28. DOI: 10.32636/01308521.2020-(67)-2-1.
5. Reshotko L. M., Dmytruk O. O., Volkova I. V. Distribution of viral diseases of potatoes in agroecosystems of the Carpathian economic region. *Silskohospodarska mikrobiologhiia*. 2019. Vol. 30. P. 54–60. DOI: 10.35868/1997-

10.35868/1997-3004.30.54-60.

6. Фітовірусологічний моніторинг насаджень картоплі в агроценозах Чернігівської області / О. О. Дмитрук та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2016. Т. 23. С. 36–41. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.23.36-41>.

7. Aranda M. A., Freitas-Astua J. Ecology and diversity of plant viruses, and epidemiology of plant virus-induced diseases. *Ann. Appl. Biol.* 2017. Vol. 171, Iss. 1. P. 1–4.

8. Boiteau G., Singh M., Lavoie J. Crop border and mineral oil sprays used in combination as physical control methods of the aphid-transmitted potato virus Y in potato. *Pest Manag. Sci.* 2009. Vol. 65, Iss. 3. P. 255–259. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1679>.

9. Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping First published / B. Dupuis et al. *Plant Pathology*. 2017. Vol. 66, Iss. 6. P. 960–969. DOI: [10.1111/ppa.12698](https://doi.org/10.1111/ppa.12698).

10. Effectiveness of Combined Use of Mineral Oil and Insecticide Spray in Reducing Potato Virus Y(PVY) Spread under Field Conditions in New Brunswick, Canada / T. D. B. MacKenzie et al. *Am. J. of Potato Research*. 2017. Vol. 94. P. 70–80. DOI: [10.1007/s12230-016-9550-4](https://doi.org/10.1007/s12230-016-9550-4).

11. Hansen L. M., Nielsen S. L. Efficacy of mineral oil combined with insecticides for the control of aphid virus vectors to reduce potato virus Y infections in seed potatoes (*Solanum tuberosum*). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science*. 2012. Vol. 62, Iss. 2. P. 132–137.

12. Hegde K., Kalleshwaraswamy C. M., Venkataravanappa V. Role of Virus Infection in Seed Tubers, Secondary Spread and Insecticidal Spray on the Yield of Potato in Deccan Plateau, India. *Potato Res.* 2021. Vol. 64. P. 339–351. DOI: [10.1007/s11540-020-09480-y](https://doi.org/10.1007/s11540-020-09480-y).

13. Incomplete Infection of Secondarily Infected Potato Plants – an Environment Dependent Underestimated Mechanism in Plant Virology / L. Bertschinger et al. *Front. Plant Sci.* 2017. Vol. 8. P. 1–13. DOI:

3004.30.54-60.

6. Phytovirological monitoring of potato plantations in agroecosystems of Chernihiv region / O. O. Dmytruk et al. *Silskohospodarska mikrobiolohiia*. 2016. Vol. 23. P. 36–41. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.23.36-41>.

7. Aranda M. A., Freitas-Astua J. Ecology and diversity of plant viruses, and epidemiology of plant virus-induced diseases. *Ann. Appl. Biol.* 2017. Vol. 171, Iss. 1. P. 1–4.

8. Boiteau G., Singh M., Lavoie J. Crop border and mineral oil sprays used in combination as physical control methods of the aphid-transmitted potato virus Y in potato. *Pest Manag. Sci.* 2009. Vol. 65, Iss. 3. P. 255–259. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1679>.

9. Control of potato virus Y (PVY) in seed potatoes by oil spraying, straw mulching and intercropping First published / B. Dupuis et al. *Plant Pathology*. 2017. Vol. 66, Iss. 6. P. 960–969. DOI: [10.1111/ppa.12698](https://doi.org/10.1111/ppa.12698).

10. Effectiveness of Combined Use of Mineral Oil and Insecticide Spray in Reducing Potato Virus Y(PVY) Spread under Field Conditions in New Brunswick, Canada / T. D. B. MacKenzie et al. *Am. J. of Potato Research*. 2017. Vol. 94. P. 70–80. DOI: [10.1007/s12230-016-9550-4](https://doi.org/10.1007/s12230-016-9550-4).

11. Hansen L. M., Nielsen S. L. Efficacy of mineral oil combined with insecticides for the control of aphid virus vectors to reduce potato virus Y infections in seed potatoes (*Solanum tuberosum*). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science*. 2012. Vol. 62, Iss. 2. P. 132–137.

12. Hegde K., Kalleshwaraswamy C. M., Venkataravanappa V. Role of Virus Infection in Seed Tubers, Secondary Spread and Insecticidal Spray on the Yield of Potato in Deccan Plateau, India. *Potato Res.* 2021. Vol. 64. P. 339–351. DOI: [10.1007/s11540-020-09480-y](https://doi.org/10.1007/s11540-020-09480-y).

13. Incomplete Infection of Secondarily Infected Potato Plants – an Environment Dependent Underestimated Mechanism in Plant Virology / L. Bertschinger et al. *Front. Plant Sci.* 2017. Vol. 8. P. 1–13. DOI:

10.3389/fpls.2017.00074.

14. Karan Y. B. The impact of haulm killing on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *PLoS One*. 2021. Vol. 16, Iss. 8. P. 0255536. DOI: 10.1371/journal.pone.0255536.

15. Management of aphids and their vectored diseases on seed potatoes in Kenya using synthetic insecticides, mineral oil and plant extract / F. Olubayo et al. *Journal of Innovation Development Strategy*. 2010. Vol. 4, Iss. 2. P. 1–5.

16. Milošević D., Stemenković S., Perić P. Potential use of insecticides and mineral oil for the control of transmission of major aphid-transmitted potato viruses. *Pesticides and Phytomedicine*. 2012. Vol. 27, Iss. 2. P. 97–106.

17. Responses of aphid vectors of Potato leaf roll virus to potato varieties / S. Mondal et al. *Plant Dis*. 2017. Vol. 101, No. 10. P. 1812–1818. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-16-1811-RE>.

18. Rolot J. L., Seutin H., Deveux L. Assessment of Treatments to Control the Spread of PVY in Seed Potato Crops: Results Obtained in Belgium Through a Multi-Year Trial. *Potato Res*. 2021. Vol. 64. P. 435–458. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09485-7>.

19. Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review / Shirley L. Sampaio et al. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 103. P. 118–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.015>.

20. Productivity and viral diseases of seed potatoes depending on the period of potato desiccation / O. Vushnevskva et al. *EUREKA: Life Sciences*. 2021. Vol. 5. P. 26–34. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.002067>.

21. Salas F. J., Lopes J. R., Fereres A. Resistance of potato cultivars to Myzus persicae (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae). *Neotrop Entomol*. 2010. Vol. 39, Iss. 6. P. 1008–1015. DOI: 10.1590/s1519-566x2010000600025.

22. Seed degeneration in potato: the need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries / S. Thomas-Sharma et al. *Plant Pathologi*.

10.3389/fpls.2017.00074.

14. Karan Y. B. The impact of haulm killing on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *PLoS One*. 2021. Vol. 16, Iss. 8. P. 0255536. DOI: 10.1371/journal.pone.0255536.

15. Management of aphids and their vectored diseases on seed potatoes in Kenya using synthetic insecticides, mineral oil and plant extract / F. Olubayo et al. *Journal of Innovation Development Strategy*. 2010. Vol. 4, Iss. 2. P. 1–5.

16. Milošević D., Stemenković S., Perić P. Potential use of insecticides and mineral oil for the control of transmission of major aphid-transmitted potato viruses. *Pesticides and Phytomedicine*. 2012. Vol. 27, Iss. 2. P. 97–106.

17. Responses of aphid vectors of Potato leaf roll virus to potato varieties / S. Mondal et al. *Plant Dis*. 2017. Vol. 101, No. 10. P. 1812–1818. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-16-1811-RE>.

18. Rolot J. L., Seutin H., Deveux L. Assessment of Treatments to Control the Spread of PVY in Seed Potato Crops: Results Obtained in Belgium Through a Multi-Year Trial. *Potato Res*. 2021. Vol. 64. P. 435–458. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09485-7>.

19. Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review / Shirley L. Sampaio et al. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 103. P. 118–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.015>.

20. Productivity and viral diseases of seed potatoes depending on the period of potato desiccation / O. Vushnevskva et al. *EUREKA: Life Sciences*. 2021. Vol. 5. P. 26–34. DOI: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.00206721>.

21. Salas F. J., Lopes J. R., Fereres A. Resistance of potato cultivars to Myzus persicae (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae). *Neotrop Entomol*. 2010. Vol. 39, Iss. 6. P. 1008–1015. DOI: 10.1590/s1519-566x2010000600025.

22. Seed degeneration in potato: the need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries / S. Thomas-Sharma et al. *Plant Pathologi*.

2016. Vol. 65, Iss. 1. P. 3–16. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12439>.

23. Simulation modelling of potato virus Y spread in relation to initial inoculum and vector activity / A. Galimberti et al. *J. of Integrative Agriculture*. 2020. Vol. 19, Iss. 2. P. 376–388. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62656-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62656-0).

24. Synergistic Field Crop Pest Management Properties of Plant-Derived Essential Oils in Combination with Synthetic Pesticides and Bioactive Molecules: A Review / M. K. Dassanayake et al. *Foods*. 2021. Vol. 10. P. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10092016>.

25. Technical Information. ELISA Data Analysis. Version: 4 - 11.07.2014. P. 1–2. URL: <http://www.bioreba.ch/?idpage=6> (last accessed: 26.10.2022).

26. The Use of Mineral Oil in Potato Protection: Dynamics in the Plant and Effect on Potato Virus Y Spread / M. S. Fageria et al. *Am. J. of Potato Research*. 2014. Vol. 91, Iss. 6. P. 476–484. DOI: [10.1007/s12230-014-9377-9](https://doi.org/10.1007/s12230-014-9377-9).

27. Torrance L., Talianksy M. E. Potato Virus Y Emergence and Evolution from the Andes of South America to Become a Major Destructive Pathogen of Potato and Other Solanaceous Crops Worldwide. *Viruses*. 2020. 12. P. 1430. DOI: <https://doi.org/10.3390/v12121430>.

28. Use of Petroleum-Derived Spray Oils for the Management of Vector-Virus Complex in Potato / M. A. Shah et al. *Potato Research*. 2022. Vol. 65. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09505-0>.

29. Viral Diseases in Potato / J. F. Kreuze et al. In H. Campos, O. Ortiz (Eds.). *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*. Springer International Publishing, 2020. P. 389–430. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11.

30. Wróbel S. Comparison of Mineral Oil and Rapeseed Oil Used for the Protection of Seed Potatoes against PVY and PVM Infections. *Potato Research*. 2012. Vol. 55, Iss. 1. P. 83–96. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-012-9210-0>.

2016. Vol. 65, Issue 1. P. 3–16. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.12439>.

23. Simulation modelling of potato virus Y spread in relation to initial inoculum and vector activity / A. Galimberti et al. *J. of Integrative Agriculture*. 2020. Vol. 19, Iss. 2. P. 376–388. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62656-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62656-0).

24. Synergistic Field Crop Pest Management Properties of Plant-Derived Essential Oils in Combination with Synthetic Pesticides and Bioactive Molecules: A Review / M. K. Dassanayake et al. *Foods*. 2021. Vol. 10. P. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10092016>.

25. Technical Information. ELISA Data Analysis. Version: 4 - 11.07.2014. P. 1–2. URL: <http://www.bioreba.ch/?idpage=6> (last accessed: 26.10.2022).

26. The Use of Mineral Oil in Potato Protection: Dynamics in the Plant and Effect on Potato Virus Y Spread / M. S. Fageria et al. *Am. J. of Potato Research*. 2014. Vol. 91, Iss. 6. P. 476–484. DOI: [10.1007/s12230-014-9377-9](https://doi.org/10.1007/s12230-014-9377-9).

27. Torrance L., Talianksy M. E. Potato Virus Y Emergence and Evolution from the Andes of South America to Become a Major Destructive Pathogen of Potato and Other Solanaceous Crops Worldwide. *Viruses*. 2020. 12. P. 1430. DOI: <https://doi.org/10.3390/v12121430>.

28. Use of Petroleum-Derived Spray Oils for the Management of Vector-Virus Complex in Potato / M. A. Shah et al. *Potato Research*. 2022. Vol. 65. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09505-0>.

29. Viral Diseases in Potato / J. F. Kreuze et al. In H. Campos, O. Ortiz (Eds.). *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*. Springer International Publishing, 2020. P. 389–430. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11.

30. Wróbel S. Comparison of Mineral Oil and Rapeseed Oil Used for the Protection of Seed Potatoes against PVY and PVM Infections. *Potato Research*. 2012. Vol. 55, Iss. 1. P. 83–96. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11540-012-9210-0>.

31. Xu Y., Gray S. M. Aphids and their transmitted potato viruses: A continuous challenges in potato crops. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. Vol. 19, Iss. 2. P. 367–375. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62842-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62842-X).

31. Xu Y., Gray S. M. Aphids and their transmitted potato viruses: A continuous challenges in potato crops. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020. Vol. 19, Iss. 2. P. 367–375. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62842-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62842-X)

Отримано 22 листопада 2022 р.
Погоджено до друку 26 грудня 2022 р.

ТВАРИНИЦТВО

DOI: 10.32636/01308521.2022-(72)-2-8

UDC: 636.92:636.084

M. V. HRYNIV¹, teacher

I. V. TRYNIV¹, candidate of agricultural sciences

L. M. DARMOHRAI², doctor of agricultural sciences

¹Rohatyn State Agricultural College

Shashkevycha street, 61, Rohatyn city, Ivano-Frankivsk region,

77001, e-mail: gryniv_misha@ukr.net

²Institute of Agriculture of Carpathian Region NAAS

Hrushevskoho street, 5, v. Obroshyne, Lviv district, Lviv region,

81115, e-mail: murolub15@gmail.com

DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS IN THE BODY AND GROWTH INTENSITY OF YOUNG RABBITS USING TRITICALE GRAIN IN FEED RATIONS

The article is devoted to the study of the effect of feeding different amounts of triticale grain in the diet on digestibility of nutrients, body weight, average daily gain, carcass weight and slaughter yield of rabbits from 40 to 90 days of age. It was established that the intake of nitrogen exceeded its excretion with faeces in the animals of the experimental groups, whose rations included triticale grain. It was experimentally proven that the rabbits of the second research group, which were fed compound feed with 12.5% of the grain component replaced by triticale grain, better digested feed nitrogen by 1.39 g or 5.15% ($P < 0.05$), compared to the control group. The body weight of animals of all groups during the preparation period was almost the same, but already after 10 days of using different amounts of triticale grain in the diet of rabbits, it was 8% higher in rabbits of the II and III groups. Feeding different amounts of triticale grain in the composition of granulated feed positively affected the weight growth of the rabbits of the experimental groups. It was established that both on the 50th and 90th day, the growth intensity was the highest in rabbits of the II experimental group, in which 12.5% of triticale grain in the composition of the granulated compound feed were replaced, compared to the control. In the animals of the II and III research groups, which consumed granulated compound feed with a content of 12.5% and 35% of triticale grain at the fourth and fifth stages of determination (80th and 90th day of the study), absolute growth increased by 1.3 and 1.2% compared to control group. This indicates an increase in the intensity of their growth. The final stage of the study showed that feeding granulated compound feed containing triticale grain did not have a negative effect on massometric indicators of internal organs. Slaughter yield in II, III and IV experimental groups was 50.2%, 49.5 and 48.3% against 47.6% in the control group. The superiority of the experimental rabbits over the control ones in pulp mass was noted -21.4%, 15.4% and 5.4% by groups respectively. Thus, the obtained results indicate that the introduction of various amounts of triticale grain into the diet as part of granulated

compound feed significantly affects the degree of digestion and assimilation of nutrients in the body of young rabbits, growth intensity, carcass weight and slaughter yield. This means that triticale grain can be partially introduced into the diets of rabbits to increase the intensity of their growth.

Keywords: rabbits, triticale grain, nutrient digestibility, growth intensity, internal organs.

Гринів М. В.¹, Тринів І. В.¹, Дармограй Л. М.²

¹Рогатинський аграрний фаховий коледж

²Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Перетравність поживних речовин в організмі та інтенсивність росту молодняку кролів за використання зерна тритикале у раціонах

Статтю присвячено дослідженню впливу згодовування різної кількості зерна тритикале сорту Поліське 7 у складі раціону на перетравність поживних речовин, масу тіла, середньодобовий приріст, масу тушки та забійний вихід кролів із 40 до 90-добового віку. Встановлено, що надходження Нітрогену перевищувало його виведення з калом у тварин дослідних груп, до складу раціонів яких входило зерно тритикале. Експериментально доведено, що кролі другої дослідної групи, яким згодовували комбікорм із заміною у ньому 12,5 % зернового компонента зерном тритикале, краще перетравлювали Нітроген корму на 1,39 г, або 5,15 % ($P < 0,05$), порівняно з контрольною групою. Маса тіла тварин усіх груп у підготовчий період була майже однаковою, проте вже через 10 діб застосування у раціоні кролів різної кількості зерна тритикале вона була вищою на 8 % у II і III групі. Згодовування у складі гранульованого комбікорму різної кількості зерна тритикале проявило позитивний вплив на ваговий ріст кролів дослідних груп. Встановлено, що як на 50-ту, так і 90-ту добу інтенсивність росту була найвищою у кролів II дослідної групи, яким замінювали 12,5 % зерна тритикале у складі гранульованого комбікорму, порівняно з контролем. У тварин II і III дослідних груп, які споживали гранульований комбікорм з вмістом 12,5 та 35 % зерна тритикале, на четвертому і п'ятому етапі визначення (80 і 90 доба дослідження) збільшився абсолютний приріст на 1,3 та 1,2 % порівняно з контрольною групою. Це свідчить про підвищення інтенсивності їхнього росту. Завершальний етап дослідження показав, що згодовування гранульованого комбікорму із вмістом зерна тритикале не мало негативного впливу на масометричні показники внутрішніх органів. Забійний вихід у II, III і IV дослідних групах становив 50,2 %, 49,5 і 48,3 % проти 47,6 % у групі контрольних ровесників. Відзначено перевагу дослідних кролів щодо контрольних за масою м'якоти – на 21,4 %, 15,4 і 5,4 % відповідно в групах.

Таким чином, отримані результати свідчать, що введення до раціону у складі гранульованого комбікорму різних кількостей зерна тритикале суттєво впливає на ступінь перетравлення і засвоєння поживних речовин в організмі молодняку кролів, інтенсивність росту, масу тушки та забійний вихід. Це означає, що в раціоні кролів можна частково вводити зерно тритикале для збільшення інтенсивності їх росту.

Ключові слова: кролі, зерно тритикале, перетравність поживних речовин, інтенсивність росту, внутрішні органи.

Introduction. Rabbit breeding is one of the branches of agriculture that provides the population with dietary meat and valuable down [5, 11, 18]. Rabbits became widespread due to their small size, fast growth, high fecundity, short interval between generations and the ability to consume agricultural by-products as feed [10, 17, 23]. Only in the last 5 years, the industrial population of rabbits has increased by more than 40% [16, 28]. Keeping young rabbits and intensive production of rabbit meat is a resource-intensive process, therefore, a constant search is being made for ways to improve and reduce the cost of their breeding technologies [19, 21]. Taking into account the growing demand for ecologically safe and organic livestock products, several ways of solving this problem have recently been outlined [20]. Important in this regard are measures and techniques that improve the feed conversion ratio, in particular, the use of pro- and prebiotics in fattening rations [12, 25], their enrichment with vitamin and mineral preparations [3, 4, 22], etc. Also for this purpose, the authors [7, 26] propose to optimize the rabbit-keeping system, which allows to reduce the use of antibiotics and improves the quality of rabbit meat products.

As we know, digestibility, i.e., the level of use of feed nutrients in the body, largely depends on the age, the intensity of growth, breed, as well as individual characteristics of animals. Scientific studies have proven that genetic factors have a significant impact on the digestibility of feed nutrients [30]. Some authors claim that the difference in feed digestibility by animals of certain breeds is so insignificant that it does not go beyond their individual deviations [24]. Other researchers found that individual breeds and their hybrids differ in metabolism [27]. It is also known that more intense growth, high precocity, and better fattening qualities of cross-bred animals are associated with an increased level of metabolism in their bodies and that animals of the meat production direction have a higher digestibility of feed nutrients [29].

Optimizing rations during the intensive breeding of rabbits of highly productive hybrids in terms of energy [13, 15], the balance of nutrients, in particular protein [9, 14] is also a relevant way to solve the problem, as it allows the genetic potential of animals to be fully realized.

At the current stage of development of rabbit breeding in Ukraine, the level of feeding and balanced rations in many cases does not meet scientifically based norms [2], which significantly increases the cost of production. One of the means of improving the fodder base is the use of grain from new crops in compound feed, in particular triticale, a cereal crop bred by crossing wheat with rye, which is characterized by high yield, a

high content of protein and essential amino acids, namely lysine [1, 6]. Due to the high content of protein, lysine and tryptophan, triticale grain is well combined with other components in compound feed [2]. The recommended amount of its introduction for young pigs is 40–50%, for broiler chickens – 10–15% of the weight of grain, while the reduction in the price of compound feed is 8–9% for piglets and 4.5–9% for poultry.

Based on the above, as well as the fact that the volume of triticale grain production in our country is growing annually, its use in the diets of various species of animals and poultry is increasing. Research aimed at studying the metabolic and productive effects of the use of this cereal crop is of scientific and practical interest in compound feed for rabbits.

Materials and methods. The research was conducted on the basis of LLC "Pan krol" of the Rohatyn district, Ivano-Frankivsk region, on young rabbits of the Termon breed. According to the principle of analogues, at the age of 40 days, four groups of animals (I – control and II–IV – experimental) were formed, 15 animals each. They were kept in rooms with regulated microclimate and lighting in cages measuring 50x120x30 cm (Table 1). The conditions of keeping corresponded to the accepted veterinary and sanitary standards.

1. Scheme of the experiment

Group	n	Nature of feeding
I control	15	MR (main ration)
II experimental		MR + 12.5 % triticale grain grits
III experimental		MR + 35 % triticale grain grits
IV experimental		MR + 50 % triticale grain grits

Rabbits of the control group were fed ad libitum standard completion granulated compound feed (MR), which included: barley and oat grain, wheat bran, soybean cake, sunflower meal, grass flour, premix. Animals had free access to water. Rabbits of the II, III and IV experimental groups were fed the compound feed of the control group with the replacement of oat and barley grains in its composition (from their mass in the compound feed) with triticale grain of the Poliske 7 variety, at the rate of 12.5%, 35% and 50%, respectively. The duration of the study – 50 days. All animal manipulations were performed in accordance with the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Scientific Purposes. Digital data were processed statistically using computer programs "Statystyka" and MS Office 2007.

Results and discussion. The control group of rabbits received the basic diet, which provided the need of animals for nutrients, vitamins,

macro- and microelements. For the animals of the research groups we developed a recipe of experimental granulated compound feed according to the European norms for the intensive growth of young rabbits (European table of nutrition of feed for rabbits 2002 EGRAN). The structure of the recipes is given in Table 2.

2. Structure of compound feed recipes for feeding experimental rabbits, % natural feed

Fodder components	Recipes No			
	I control	II exp.	III exp.	IV exp.
Oat grits	18.0	18.0	8.0	-
Barley grits	17.0	17.0	7.0	-
Wheat grits	15.00	2.5	-	-
Triticale grits	-	12.5	35.0	50.0
Soy cake 41 %	5.00	5.00	5.00	5.00
Sunflower meal 35 %	16.0	16.00	16.00	16.00
Alfalfa flour	25.00	25.00	25.00	25.00
Enzyme preparation	-	0.5	0.5	0.5
Premix	4	3.5	3.5	3.5
Total %	100	100	100	100
Content in 1 kg of compound feed:				
Dry matter, kg	0.920	0.920	0.920	0.920
Exchange energy, MJ	10.2	10.4	10.4	10.0
Crude protein, g	170.0	175.0	175.7	160.2
Crude fiber, g	112.5	112.2	112.0	111.4
The cost of compound feed, UAH/100 kg	490	525	580	620

The analysis of the given compound feed recipes shows that the rations for experimental young rabbits were balanced according to the main indicators of nutrition.

In particular, 1 kg of ready-made granulated compound feed contained 10.0–10.4 MJ of exchangeable energy, 160.2–175.7 g of crude protein, 111.4–122.5 g of crude fibre. These fluctuations are not significant and did not affect the results of the study.

Listed in table 3 research results indicate that the use of complete granulated compound feed with a content of 12.5% of Poliske 7 triticale grain significantly increases the digestibility coefficients of

compound feed nutrients: organic matter – by 2.5%, crude fat – by 2.8%, raw fibre – by 6.5%, crude protein – by 3.5 ($P<0.05$) and Nitrogen-Free Extractive Substances (NFES) – by 4.5% compared to the control group.

3. Coefficients of digestibility of nutrients by the introduction of different amounts of triticale grain ($M\pm m, n=4$)

Indicators	Group			
	I control	II exp.	III exp.	IV exp.
Organic matter	70.8±0.29	72.6±0.62	72.1±0.56	71.1±0.46
% to control	-	+2.5	+1.8	+0.4
Crude protein	71.9±0.42	74.4±0.62*	73.1±0.38	72.7±0.36
% to control	-	+3.5	+1.7	+1.1
Crude fat	77.6±0.33	79.8±0.64	78.2±0.57	77.8±0.44
% to control	-	+2.8	+0.8	+0.3
Crude fibre	32.5±1.16	34.6±1.69	33.5±1.52	33.0±1.15
% to control	-	+6.5	+3.1	+1.5
NFES	80.1±0.27	83.6±0.65	82.8±0.62	81.6±0.42
% to control	-	+4.5	+3.4	+1.9

Note: In this and the following tables, the probability of differences between the control and the experiment * – $P<0,05$; ** – $P<0,01$.

In the III and IV (35 and 50% replacement with triticale grain) experimental groups, there is also a tendency to increase the digestibility coefficients of nutrients compared to the control group, however, no statistically significant difference between the indicators has been established.

The most advanced method that allows to determine the qualitative transformation of nutrients in the body under the influence of the feed factor is the study of the nitrogen balance, which is the main element of nitrogen metabolism. The increase or decrease in protein content in the body is calculated based on the amount of nitrogen retained in the body (Table 4).

The results of the physiological experiment showed that the use by the body of nitrogenous substances in feed is uneven. It was found that the intake of nitrogen with the diet exceeded its excretion with feces, that is, its balance was positive in all groups. According to the conducted experiment, it was found that the rabbits of the II research group, which were fed compound feed with a content of 12.5% of triticale grain, digested the nitrogen of the feed better than the counterparts of the control group by 1.39 g or 5.15% ($P<0.05$).

It should be noted that the digestibility of nitrogen in the body of animals of the III and IV research groups was also higher by 2.1% or by 0.29 g compared to the control.

4. Average daily nitrogen balance after introducing different amounts of triticale grain ($M \pm m$, $n=4$)

Indicators	Group			
	I control	II exp.	III exp.	IV exp.
Taken with food, g	5.16±0.085	6.35±0.097	6.13±0.091	5.74±0.078
Excreted with faeces, g	2.64±0.021	2.44±0.028	2.48±0.028	2.54±0.025
Digested, g	2.52±0.066	3.91±0.092*	3.65±0.085	3.20±0.072
Excreted in urine, g	1.12±0.017	1.27±0.029	1.23±0.026	1.19±0.019
Retained in the body, g	1.40±0.071	2.64±0.092	2.42±0.079	2.01±0.061
% of taken	38.52	39.87	39.72	39.24
% of digested	47.20	55.95	55.89	55.33

No less important indicators are the ratio of assimilated nitrogen to that taken and digested. In rabbits of the II experimental group, this indicator was the largest – 39.87% and 55.95%, respectively, compared to the control.

The increase in nutrient digestibility coefficients also affected the indicators of animal growth and development: live weight, absolute and average daily gains (Table 5).

Thus, the live weight at the beginning of the experiment was practically the same in rabbits of all groups, and already at the age of 90 days it was higher in the II, III and IV experimental groups by 3.8%, 1.4 and 0.3%, respectively, compared to their counterparts.

The same trend was observed with absolute and average daily increases in live weight.

5. Productive indicators of young rabbits with the introduction of different amounts of triticale grain ($M \pm m$, $n=4$)

Indicators	Group			
	I control	II exp.	III exp.	IV exp.
Live weight at the beginning of the experiment, g	2126.0±46.8	2050.7±41.9	2095.7±37.6	2120.6±32.9
Live weight at the end of the experiment, g	2856.2±44.6	3005.2±78.4	2965.0±45.6	2895.0±88.6
% to control	-	+5.2	+3.8	+1.4
Absolute increase in live weight, g	730.2±1.23	954.5±2.10	869.3±2.05	774.4±1.33
% to control	-	+1.3	+1.2	+1.1
Average daily gain, g	36.5±0.29	47.7±0.82	43.4±1.02	38.7±0.99
% to control	-	+30.7	+18.9	+6.0

Control slaughter of young rabbits (four animals per group) was carried out at the age of 90 days in a specially adapted workshop, according to accepted veterinary and sanitary standards (Table 6).

Listed in table 6 data shows that the weight of the carcass of a freshly slaughtered animal with internal organs in experimental groups of rabbits was 9.3%, 6.8, and 2.4% higher, respectively, than in the control group, and the weight of the carcass of a freshly slaughtered animal without internal organs was also higher by 10.9%, 7.9 and 2.7% in relation to the control.

Slaughter yield in II, III and IV experimental groups was 50.2, 49.5 and 48.3% against 47.6% in the group of control analogues.

12 hours after slaughter, the weight of the cooled carcass was determined. It was the highest in rabbits of the II group (with the replacement of 12.5% of the grain component with triticale grain). In III and IV experimental groups, this indicator was also higher than in the control by 8.2 and 2.8%, respectively. A significant advantage of experimental rabbits in pulp mass was noted – by 21.4%, 15.4 and 5.4%, respectively, by groups.

The mass of visceral fat was lower in all experimental groups of rabbits compared to the control.

6. Carcass weight of rabbits and slaughter yield when fed different amounts of triticale grain ($M \pm m$, $n=4$)

Indicators	Group			
	I control	II exp.	III exp.	IV exp.
Weight of carcass of a freshly slaughtered animal with internal organs, g	1595.0 \pm 44.6	1744.0 \pm 88.6	1703.7 \pm 45.6	1633.8 \pm 17.7
% to control	-	+9.3	+6.8	+2.4
Weight of carcass of a freshly slaughtered animal without internal organs, g	1360.2 \pm 44.6	1509.0 \pm 88.6	1468.5 \pm 46.1	1398.0 \pm 16.6
% to control	-	+10.9	+7.9	+2.7
Slaughter yield, %	47.6 \pm 0.67	50.2 \pm 1.44	49.5 \pm 0.75	48.3 \pm 0.30
Mass of cooled carcass, g	1317.7 \pm 95.8	1466.5 \pm 88.6	1426.0 \pm 46.1	1355.5 \pm 16.6
% to control	-	+11.3	+8.2	+2.8
Mass of flesh, g	695.0 \pm 28.7	843.8 \pm 50.6	802.3 \pm 43.9	732.8 \pm 32.7
% to control	-	+21.4	+15.4	+5.4
Bone mass, g	473.5 \pm 16.1	622.3 \pm 38.5	580.8 \pm 19.0	511.3 \pm 18.5
% to control	-	+13.4	+12.2	+7.9
Internal fat mass, g	33.2 \pm 1.65	32.5 \pm 2.75	30.0 \pm 4.5	31.0 \pm 0.91
% to control	-	-10.2	-10.6	-10.7

During the examination of the internal organs of the slaughtered rabbits, no significant deviations from the norm were found, although some tend to their increase was observed (Table 7).

The obtained data on the mass of internal organs (liver, spleen, kidneys, lungs, heart) indicate that their mass was higher in rabbits of the II, III and IV experimental groups, in particular, the liver – by 6.3%, 5.8 and 4.5%, spleen – by 6.8%, 5.7 and 2.8%, kidney – by 5.9%, 3.3 and 1.7%, lungs – by 9.2%, 3.8 and 1.5%, heart – by 10.0%, 7.0 and 5.0% compared to control analogues [8].

The chemical composition of rabbit meat differs from the meat of other farm animals – it has a higher content of complete proteins, a lower amount of fat, extractive substances, purine bases and cholesterol. It has good taste and culinary properties, is easily absorbed by the body, therefore it belongs to the category of dietary and is used in the nutrition of people of any age.

7. Weight of internal organs of rabbits fed different amounts of triticale grain ($M \pm m$, $n=4$)

Indicators	Group			
	I control	II exp.	III exp.	IV exp.
Liver, g	89.5±2.02	95.2±1.75	94.7±0.85	93.5±0.64
% to control	-	+6.3	+5.8	+4.5
Spleen, g	1.75±8.66	1.87±0.07	1.85±0.06	1.80±8.16
% to control	-	+6.8	+5.7	+2.8
Kidneys, g	30.2±1.43	32.0±0.81	31.2±0.47	30.7±1.10
% to control	-	+5.9	+3.3	+1.7
Lungs, g	13.0±0.40	14.2±0.47	13.5±0.64	13.2±0.75
% to control	-	+9.2	+3.8	+1.5
Heart, g	10.0±0.40	11.0±0.40	10.7±0.47	10.5±0.64
% to control	-	+10.0	+7.0	+5.0

Conclusions

The use of complete-ration granulated compound feed with a content of 12.5% of Poliske 7 triticale grain increases the digestibility coefficients of compound feed nutrients: organic matter – by 2.5%, crude fat – by 2.8%, crude fibre – by 6.5%, crude protein – by 3.5 ($P<0.05$) and NFES by 4.5% compared to the control.

Rabbits of the II experimental group, which were fed compound feed with a content of 12.5% triticale grain, digested feed nitrogen better than the counterparts of the control group by 1.39 g or 5.15% ($P<0.05$).

The amount of absorbed nitrogen in the rabbits' bodies was greater in II, III and VI experimental groups by 1.24 g (8.57%), 1.02 g (5.71 %) and 0.61 g (3.57 %). The ratio of assimilated nitrogen to taken and digested in rabbits of the II research group was the highest – 39.87% and 55.95%, respectively, compared to the control.

The weight of carcasses of freshly slaughtered animals with internal organs in experimental groups of rabbits was by 9.3%, 6.8 and 2.4%, respectively, and the weight of carcasses of freshly slaughtered animals without internal organs was by 10.9%, 7.9 and 2.7% % higher than in the control.

Slaughter yield in II, III and IV experimental groups was 50.2%, 49.5 and 48.3% against 47.6 in the group of control analogues.

Average daily weight gain, as one of the main performance indicators, was higher in rabbits of the II, III and IV experimental groups by 30.7%, 18.9 and 6.0%, respectively, than in the control peers.

The introduction of triticale grain in the amount of 12.5% into the composition of granulated compound feed has a positive effect on the intensity of growth of young rabbits, digestion and assimilation of nutrients, as well as the mass of internal organs.

Список використаної літератури

1. Білітюк А. П., Ісаков В. В., Потапчук Ю. В. Тритикале – кормова білкова культура. *Корми і кормовиробництво*. 2010. Вип. 66. С. 38–43.
2. Єгоров Б. В., Кузьменко Ю. Я. Біологічна оцінка функціональних комбікормів для сільськогосподарської птиці. *Зернові продукти і комбікорми*. 2015. № 1 (57). С. 12–18.
3. Дармограй Л. М., Шевченко М. Є., Лучин І. С. Конверсія комбікорму та продуктивні показники молодяку кролів за різної кількості дріжджів. *Наук. вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 3 (60), ч. 3. С. 91–100.
4. Дармограй Л. М., Шевченко М. Є. Вплив біомаси дріжджів на забійні показники та м'ясні якості кролів. *Вісник Сумського НАУ. Серія «Тваринництво»*. 2016. Вип. 5 (29), т. 15. С. 157–160.
5. Коцюбенко Г. А. Науково-практичні методи підвищення продуктивності кролів : монографія. Миколаїв : МНАУ, 2013. 191 с.
6. Васильєва С. В. Народногоподарське значення тритикале та перспективи його використання для розширення сировинної бази харчових виробництв. *Зернові продукти і комбікорми*. 2016. Вип. 62. С. 44–56.
7. Сачук Р. М. Особливості постембріонального розвитку молодяку кролів в залежності від системи утримання. *Наук. вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2012. Т. 14, № 3 (53), ч. 2. С. 384–387.
8. Сломчинський М. М., Чернявський О. О. Динаміка маси внутрішніх органів молодяку кролів за згодовування високопротеїнових кормів. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2015. № 2. С. 153–156.
9. Abecia L. et al. Biodiversity and fermentative activity of caecal microbial

References

1. Bilitiuk A. P., Isakov V. V., Potapchuk Yu. V. Triticale – fodder protein crop. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2010. Issue 66. С. 38–43.
2. Yehorov B. V., Kuz'menko Yu. Ya. Biological evaluation of functional compound feed for poultry. *Zernovi produkty i kombikormy*. 2015. No. 1 (57). P. 12–18.
3. Darmohray L. M., Shevchenko M. Ye., Luchyn I. S. Conversion of compound feed and productive indicators of young rabbits with different amounts of yeast. *Nauk. visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhyts'koho*. 2014. Vol. 16. No. 3 (60), p. 3. P. 91–100.
4. Darmohray L. M., Shevchenko M. Ye. The influence of yeast biomass on slaughter performance and meat qualities of rabbits. *Visnyk Sums'koho NAU. Seriiia «Tvarynnytstvo»*. 2016. Issue 5 (29). T. 15. P. 157–160.
5. Kotsiubenko H. A. Scientific and practical methods of increasing the productivity of rabbits: monograph. 2013. Mykolayiv : MNAU. 191 p.
6. Vasyli'ieva S. V. The importance of triticale as a folk food and the prospects of its use for the expansion of the raw material base of food production. *Zernovi produkty i kombikormy*. 2016. Issue 62. P. 44–56.
7. Sachuk R. M. Peculiarities of the post-embryonic development of young rabbits depending on the housing system. *Nauk. visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhyts'koho*. 2012. Vol. 14. No. 3 (53), p. 2. P. 384–387.
8. Slomchyns'kyi M. M., Chernyavs'kyi O. O. Dynamics of the mass of internal organs of young rabbits fed high-protein feed. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsiyi tvarynnytstva*. 2015. No. 2. P. 153–156.
9. Abecia L. et al. Biodiversity and fermentative activity of caecal microbial

- communities in wild and farm rabbits from Spain. *Anaerobe*. 2012. Vol. 3. P. 344–349.
10. Abu Hafsa S. H., Mahmoud A. E., Fayed A. M. The Effect of Exogenous Lysozyme Supplementation on Growth Performance, Caecal Fermentation And Microbiota, and Blood Constituents in Growing Rabbits. *Animals*. 2022. Vol. 12. P. 899. Doi: 10.3390/ani12070899.
11. Adelodun O. Fadare. Carcass Traits of New Zealand White, Californian, Palomino Brown and Havana Black Rabbit In the Humid Tropics. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2015. Vol. 8. Issue 3. P. 19–23. www.iosrjournals.org.
12. Adhikari P. A., Kim W. K. Overview of prebiotics and Probiotics: focus on performance, gut health and immunity – a review. *Annals of Animal Science*. 2017. Vol. 17(4). P. 949–966. DOI: 10.1515/aoas-2016-0092.
13. Alejandro S. d. B., Ana Isabel G.-R., Nuria N. Effect of Type and Dietary Fat Content on rabbit growing Performance and Nutrient Retention from 34 to 63 Days Old. *Animals*. 2021. Vol. 11. P. 3389. DOI: 10.3390/ani11123389.
14. Anous M. R. Growth performance, slaughter and carcass compositional traits in rabbits of a local strain and New Zealand white breed raised in Burundi. *World Rabbit Science*. 2019. Vol. 7 (3). P. 139–143.
15. Belenguer A. et al. Methanogenesis in rabbit caecum as affected by the fermentation pattern: *in vitro* and *in vivo* measurements. *World Rabbit Sci*. 2012. Vol. 19. P. 758–764.
16. Bharathy N., Sivakumar K., Vasanthakumar P. Rabbit Farming in India : An Overview. *Agricultural Reviews*. 2022. (43) P. 223–228. DOI: 10.18805/ag.R-1907.
17. Birolo M. et al. Growth Performance, Digestive Efficiency, and Meat Quality of Two Commercial Crossbred Rabbits Fed Diets Differing in Energy and Protein Levels. *Animals*. 2022. Vol. 12 (18). P. 2427. DOI: 10.3390/ani12182427
18. Bivolarski B., Vachkova E., Ribarski S. Effect of weaning age upon the slaughter and physicochemical traits of rabbit meat. *Veterinarski archive*. 2012. communities in wild and farm rabbits from Spain. *Anaerobe*. 2012. Vol. 3. P. 344–349.
10. Abu Hafsa S. H., Mahmoud A. E., Fayed A. M. The Effect of Exogenous Lysozyme Supplementation on Growth Performance, Caecal Fermentation And Microbiota, and Blood Constituents in Growing Rabbits. *Animals*. 2022. Vol. 12. P. 899. Doi: 10.3390/ani12070899.
11. Adelodun O. Fadare. Carcass Traits of New Zealand White, Californian, Palomino Brown and Havana Black Rabbit In the Humid Tropics. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2015. Vol. 8. Issue 3. P. 19–23. www.iosrjournals.org.
12. Adhikari P. A., Kim W. K. Overview of prebiotics and Probiotics: focus on performance, gut health and immunity – a review. *Annals of Animal Science*. 2017. Vol. 17(4). P. 949–966. DOI: 10.1515/aoas-2016-0092.
13. Alejandro S.d.B., Ana Isabel G.-R., Nuria N. Effect of Type and Dietary Fat Content on rabbit growing Performance and Nutrient Retention from 34 to 63 Days Old. *Animals*. 2021. Vol. 11. P. 3389. DOI: 10.3390/ani11123389.
14. Anous M. R. Growth performance, slaughter and carcass compositional traits in rabbits of a local strain and New Zealand white breed raised in Burundi. *World Rabbit Science*. 2019. Vol. 7 (3). P. 139–143.
15. Belenguer A. et al. Methanogenesis in rabbit caecum as affected by the fermentation pattern: *in vitro* and *in vivo* measurements. *World Rabbit Sci*. 2012. Vol. 19. P. 758–764.
16. Bharathy N., Sivakumar K., Vasanthakumar P. Rabbit Farming in India : An Overview. *Agricultural Reviews*. 2022. (43) P. 223–228. DOI: 10.18805/ag.R-1907.
17. Birolo M. et al. Growth Performance, Digestive Efficiency, and Meat Quality of Two Commercial Crossbred Rabbits Fed Diets Differing in Energy and Protein Levels. *Animals*. 2022. Vol. 12 (18). P. 2427. DOI: 10.3390/ani12182427
18. Bivolarski B., Vachkova E., Ribarski S. Effect of weaning age upon the slaughter and physicochemical traits of rabbit meat. *Veterinarski archive*. 2012. P. 499–511.

Vol. 81 (4). P. 499–511.

19. Bouatene D, Bohoua L, Guichard S. Effect of Moringa oleifera on Growth Performance and Health Status of Young Post-Weaning Rabbits. *Research Journal of Poultry Sciences*. 2014. Vol. 6 (1). P. 7–13.

20. Crovato S. et al. Purchasing Habits, Sustainability Perceptions, and Welfare Concerns of Italian Consumers Regarding Rabbit Meat. *Foods*. 2022. Vol. 11 (9). P. 1205. <http://dx.doi.org/10.3390/foods11091205>.

21. Cullere M., Dalle Zotte A. Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Science*. 2018. Vol. 143. P. 137–146. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.04.029.

22. Fedorchenko M. Influence of vitamin-mineral supplement on protein metabolism in rabbits' organisms. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 4 (1). P. 3–6. DOI: 10.32718/ujvas4-1.01

23. Macari A. et. al. Productiv Index of Meat Rabbits of White New Zealand Breed Californian and their Crossbreeds. *Animal Science and Biotechnologies*. 2012. Vol. 45 (2). P. 365–369.

24. Maji D., Bienieki J., Lapal P. The effect of crossing New Zealand White with Californian rabbits on growth and slaughter traits. *Archiv Tierzucht*. 2019. Vol. 52 (2). P. 205–211.

25. Mancini S., Paci G. Probiotics in Rabbit Farming: Growth Performance, Health Status, and Meat Quality. *Animals*. 2021. Vol. 11. P. 3388. DOI: 10.3390/ani11123388.

26. Mondin C., Trestini S., Trocino A. The Economics of Rabbit Farming: A Pilot Study on the Impact of Different Housing Systems. *Animals*. 2021. Vol. 11(11). P. 3040. DOI: 10.3390/ani11113040.

27. Petrescu D. C., Petrescu-Mag R. M. Consumer behaviour related to rabbit meat as functional food. *World Rabbit Sci*. 2018. Vol. 26. P. 321–333. DOI: 10.4995/wrs.2018.10435.

28. Trocino A. et al. Rabbit production and science: the world and Italian scenarios from 1998 to 2018. *Italian Journal of Animal Science*. 2019. Vol.18 (1). P. 1361–1371.

19. Bouatene D, Bohoua L, Guichard S. Effect of Moringa oleifera on Growth Performance and Health Status of Young Post-Weaning Rabbits. *Research Journal of Poultry Sciences*. 2014. Vol. 6 (1). P. 7–13.

20. Crovato S. et al. Purchasing Habits, Sustainability Perceptions, and Welfare Concerns of Italian Consumers Regarding Rabbit Meat. *Foods*. 2022. Vol. 11 (9). P. 1205. <http://dx.doi.org/10.3390/foods11091205>.

21. Cullere M., Dalle Zotte A. Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Science*. 2018. Vol. 143. P. 137–146. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.04.029.

22. Fedorchenko M. Influence of vitamin-mineral supplement on protein metabolism in rabbits' organisms. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 4 (1). P. 3–6. <https://doi.org/10.32718/ujvas4-1.01>

23. Macari A. et. al. Productiv Index of Meat Rabbits of White New Zealand Breed, Californian and their Crossbreeds. *Animal Science and Biotechnologies*. 2012. Vol. 45 (2). P. 365–369.

24. Maji D., Bienieki J., Lapal P. The effect of crossing New Zealand White with Californian rabbits on growth and slaughter traits. *Archiv Tierzucht*. 2019. Vol. 52 (2). P. 205–211.

25. Mancini S., Paci G. Probiotics in Rabbit Farming : Growth Performance, Health Status, and Meat Quality. *Animals*. 2021. Vol. 11. P. 3388. DOI: 10.3390/ani11123388.

26. Mondin C., Trestini S., Trocino A. The Economics of Rabbit Farming: A Pilot Study on the Impact of Different Housing Systems. *Animals*. 2021. Vol. 11(11). P. 3040. DOI: 10.3390/ani11113040.

27. Petrescu D. C., Petrescu-Mag R. M. Consumer behaviour related to rabbit meat as a functional food. *World Rabbit Sci*. 2018. Vol. 26. P. 321–333. DOI: 10.4995/wrs.2018.10435.

28. Trocino A. et al. Rabbit production and science: the world and Italian scenarios from 1998 to 2018. *Italian Journal of Animal Science*. 2019. Vol.18 (1). P. 1361–1371. DOI: 10.1080/1828051X.2019.1662739.

DOI: 10.1080/1828051X.2019.1662739.

29. Vincent J. B., Love S.T. The need for combined inorganic, biochemical, and nutritional studies of chromium (III). *Chem. Biodivers.* 2012. Vol. 9 (9). P. 1923–1941.

30. Wu L. Rabbit meat trade of major countries : regional pattern and driving forces. *World Rabbit Sci.* 2022. Vol. 30. P. 69–82. DOI: 10.4995/wrs.2022.13390.

29. Vincent J. B., Love S.T. The need for combined inorganic, biochemical, and nutritional studies of chromium (III). *Chem. Biodivers.* 2012. Vol. 9 (9). P. 1923–1941.

30. Wu L. Rabbit meat trade of major countries : regional pattern and driving forces. *World Rabbit Sci.* 2022. Vol. 30. P. 69–82. DOI: 10.4995/wrs.2022.13390.

Received October 17, 2022

Accepted: October 31, 2022

HEMATOLOGICAL INDICATORS AND ACTIVITY OF TRANSAMINASES IN THE BLOOD SERUM OF FARROW SOWS DEPENDING ON THE MICROCLIMATE OF THE PREMISES*

A number of scientific studies have established that during the farrow period sows are particularly sensitive to the action of various stress factors, including housing conditions, which lead to a violation of the activity of the antioxidant status system in their body and the occurrence of oxidative stress. Therefore, maintaining the optimal parameters of the microclimate in the premises where animals are kept during this period is important factor of the proper course of metabolism in the body of sows, fetuses and in the entire farrow process.

The article presents the results of experimental studies on the influence of such microclimate parameters as temperature, air humidity and the level of harmful gases (methane, ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide, nitrogen oxide) on the number of erythrocytes, leukocytes and hemoglobin content in the blood and the activity of transamination enzymes – alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST). The article also provides data on the use of Vikasol and Alkosel antioxidant additives in the main diet of farrowing sows with the aim of correcting of hematological indicators and the activity of transamination enzymes in blood serum by the violation of the microclimate parameters of the premises.

As a result of the conducted research, it was established that increased parameters of air temperature and relative humidity in the premises for keeping farrowing sows significantly reduce the number of erythrocytes, leukocytes and the hemoglobin content in the animals' blood. The use of Vikasol supplements in the diet of sows increased the number of erythrocytes, leukocytes and the hemoglobin content by 3.7%; 8.5%; 13.8%; and the use of Alkosel – respectively by 2.4%; 22.7% and 5.07%. The combined use of both preparations increased the number of erythrocytes by 4.2%; leukocytes – by 21.1% and hemoglobin content by 29.2% compared to the control. As for transamination enzymes, the use of Vikasol reduces the activity of ALT by 10.4%, the use of Alkosel – by 18.5%. The combined use of both preparations – by 27.5%, increasing the activity of AST from 4.7% to 21.4% in relation to standards.

Keywords: Vikasol, Alkosel, indoor microclimate, transamination enzymes, hematology, farrowing sows.

* Scientific supervisor – doctor of biological sciences S. O. Vovk.

© Dmytrotsa A. I., 2022

Дмитроца А. І.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Гематологічні інгредієнти і активність трансаміназ у сироватці крові поросних свиноматок залежно від мікроклімату приміщень

Низкою наукових досліджень встановлено, що в період поросності свиноматки особливо чутливі до дії різних стресових факторів, зокрема й умов утримання, які призводять до порушення діяльності системи антиоксидантного статусу в їхньому організмі та виникнення оксидативних стресів. Тому дотримання оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин у цей період є важливим фактором належного перебігу обміну речовин в організмі маток та плодів і в цілому процесу поросності.

Представлено результати експериментальних досліджень щодо впливу таких параметрів мікроклімату, як температура і вологість повітря та рівень шкочинних газів (метан, аміак, сірководень, вуглекислий газ, оксид азоту) на чисельність у крові еритроцитів, лейкоцитів й вміст гемоглобіну і активність ензимів преамінування аланінаміотрансферази (АЛТ) та аспаратаміотрансферази (АСТ). Також наведено дані щодо використання у складі основного раціону поросних свиноматок добавок антиоксидантів Вікасолу та Алкоселю для корекції гематологічних показників та активності ензимів преамінування у сироватці крові за порушень параметрів мікроклімату приміщень.

У результаті проведених досліджень встановлено, що підвищені параметри температури повітря і відносної вологості у приміщенні для утримання поросних свиноматок істотно знижують кількість еритроцитів і лейкоцитів та вміст гемоглобіну в крові тварин. Застосування у раціоні свиноматок добавок Вікасолу збільшило кількість еритроцитів і лейкоцитів та вміст гемоглобіну на 3,7; 8,5; 13,8 %, а використання Алкоселю – відповідно на 2,4; 22,7 і 5,07 %. Поєднане застосування обох препаратів збільшило кількість еритроцитів на 4,2 %, лейкоцитів – на 21,1% і вміст гемоглобіну – на 29,2 % щодо контролю. Що ж стосується ензимів преамінування у крові, то застосування Вікасолу зменшує активність аланінаміотрансферази (АЛТ) на 10,4 %, Алкоселю – на 18,5 %, поєднане використання обох препаратів – на 27,5 %, водночас підвищуючи активність аспаратаміотрансферази (АСТ) з 4,7 % до 21,4 % щодо нормативів.

Ключові слова: Вікасол, Алкосель, мікроклімат приміщень, ферменти преамінування, гематологія, поросні свиноматки.

Introduction. The modern production of swine breeding products is based on industrial technologies, which provide for the creation of optimal microclimate conditions for keeping animals isolated from environmental influences [12]. It is known that proper housing conditions contribute to the full realization of the genetic potential of pigs in terms of reproductive functions, high productivity and preservation of livestock, obtaining high-quality products [9].

The immune system of animals is the most vulnerable under the conditions of violation of microclimate standards of premises for keeping pigs [8]. Despite the genetic conditioning of immune functions, their manifestation in the body also depends on the age, sex of pigs and environmental factors. It has been proven that violations of such indoor microclimate parameters as relative humidity, air temperature and the content of harmful gases can contribute to a decrease in the natural resistance of pigs and their productivity [5].

The role of indoor microclimate and its influence on the course of metabolic processes in the body of pigs is highlighted in a number of scientific works [4, 11, 14], which state that extreme conditions have a negative effect on them. In particular, the physiological state of sows is negatively affected by high temperature and relative humidity, as well as the presence of harmful gases in the room [30].

As is known, pigs are very sensitive to heat stress, which is the body's reaction to high temperatures and causes changes in all animal organ systems, provoking the activation of redox processes. Therefore, on pig farms are constantly monitored the parameters of the microclimate in the premises [7].

Based on the analysis of literary sources, the negative influence of both high and low temperatures on the vital activity of monogastric animals was established. In particular, it is optimal to keep pigs of various ages comfortably within the range of 15–23°C. At the same time, the temperature in the range of 27–35°C and above has a negative effect on the vitality of the animal organism, namely, heat stress is observed, which is accompanied by a decrease in the level of oxidation-reduction processes, and therefore a deterioration in appetite and feed consumption [26]. It was also established that keeping pigs at a temperature of 35 °C for 24 hours inhibits the body's protective functions and increases the level of endotoxins in the blood plasma, thereby increasing susceptibility to infectious diseases. [6, 27].

Excessive moisture in premises where pigs are kept also negatively affects the metabolism and productivity of animals [20, 22]. In case of insufficient ventilation of the room together with increased humidity, there is an accumulation of gaseous waste products, which irritate the covering tissues and often cause dermatoses in animals [12, 17].

Long-term keeping of animals in rooms with high humidity and a high, although non-toxic, concentration of harmful gases does not directly cause pathological changes, but contributes to the weakening of the protective functions of the body, contributes to an increase in the susceptibility of animals to stress and various diseases [14, 15].

It is known that harmful gases in excessive concentrations are toxic and can cause health problems in both humans and animals. The biggest source of pollution in the premises where pigs are kept is manure. The main dangerous gases are emitted from it into the atmospheric air – hydrogen sulfide, methane, ammonia, carbon dioxide and nitrogen oxide [28].

The results of numerous studies show that in livestock premises with excessive levels of ammonia, hydrogen sulfide, and carbon dioxide in the air, the productivity of animals decreases and the percentage of culling increases, as well as the level of feed overexpenditure per unit of production increases [18, 32].

It should be emphasized that in the conditions of an unsatisfactory microclimate in the premises for keeping pigs, the natural resistance and immunological reactivity of their organism decreases. In addition, increased amounts of harmful gases in pig houses significantly affect the health of service personnel, as well as shorten the service life of equipment and mechanisms [16].

In livestock premises, the chemical composition of the air as a result of the release of various gases from the breathing of animals and the decomposition of manure is significantly different from the surrounding air. In the process of breathing of animals, a large amount of carbon dioxide is released, and oxygen is absorbed. As a result of biochemical reactions that occur in manure, a significant amount of ammonia, carbon dioxide, hydrogen sulfide, and other harmful gases with an unpleasant smell is released into the air. [19, 21].

Based on the above, research aimed at studying the influence of environmental factors and microclimate parameters of rooms for keeping pigs, on their physiological state and the course of biochemical processes in the body and the development of effective methods of increasing resistance [23, 29] are of scientific and practical interest.

Considering the above, the goal of our work was to establish the influence of the microclimate parameters of the room, for keeping farrowing sows, on the hematological ingredients and activity of transaminases in cow's serum and their correction by using antioxidant additives Vikasol and Alkosel.

Research materials and methods. The research was carried out in the conditions of the pig farm of the State Research Enterprise "Radehivske" of the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of the National Academy of Sciences of Ukraine in the summer period. Using the method of analogues, four groups of farrowing sows of the Great White breed (control and three experimental ones) of 5 heads each were formed by live weight and age. The diet of the sows of the control group consisted of

standard compound feed, which provided their needs for nutrients and biologically active substances, vitamins, macro- and microelements according to national standards and had the following composition: "AVA ZDOROVA Suporos 10%" - 10%, wheat – 10%, corn - 5%, barley – 60%, wheat bran -15%. The sows of the first experimental group were given Vikasol at a dose of 6 mg/kg of compound feed, the second group – Alkosel (a Belgian preparation based on baker's yeast treated with selenium methionine), at a dose of 5 mg/kg of compound feed, the third – a combination of both drugs in the tested doses. Animals of all groups had free access to drinking water. Supplements of these drugs began to be fed to sows from the 90th day of gestation. The duration of the experiment – 24 days. At the end of the experimental period, on the 114th day of gestation, after morning feeding, blood samples were taken from the ear vein of all sows of the control and experimental groups for biochemical studies.

In the freshly collected blood of animals, the number of erythrocytes and leukocytes and the hemoglobin content, as well as the activity of the transamination enzymes alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (ALT) were determined according to the methods described in the manual "Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine" (Vlizlo V.V. etc. 2012).

In addition to the above indicators, the parameters of the microclimate were determined. The air temperature in the room where the sows were kept was measured with a mercury thermometer, and the humidity – with a psychrometer – hygrometer. The determination of the level of harmful gases (NO₂, H₂S, NH₃, CO₂ and CH₄) in the air of the room was carried out by the electrochemical method using a portable multi-component gas analyzer DOZOR – 5 CM, which provides simultaneous digital indication of the concentration of all measured components on the built-in liquid crystal indicator (display with backlight), as well as separate light signaling for each measured component and a single sound signaling when the thresholds are exceeded. Adjustment of indicators and setting of gas analyzer modes is carried out using the menu, which is displayed on the alphanumeric display.

To obtain more reliable data, measurements of temperature, concentration of harmful gases, as well as relative humidity in the air were carried out at 5 points on the diagonal of the room at the level of the animal accommodation. Biometric processing of research results was carried out according to the methodology of I. R. Petrovska and co-authors [10], using the package of statistical programs STATISTICA.

Research results. It is known that the formation of the microclimate of livestock premises is influenced by the construction of the building, the

materials used in construction, as well as the technology of keeping animals. In addition, the climate zone in which the room is built affects the microclimate of the room for keeping animals. The concept of microclimate includes such components as the physical state of the air environment (temperature, humidity, atmospheric pressure, speed of movement), its gas, microbial and dust pollution, i.e. a set of physical, chemical and biological parameters [3]

According to the regulatory requirements of VNTP – APK – 02.05 "Pig enterprises (complexes, farms, small farms)", the maximum permissible concentration of carbon dioxide (CO₂) in the air of pig production premises should be no more than 0.2% (by volume) or 2 liters /m³, ammonia (NH₃) – 20.0 mg/m³, hydrogen sulfide (H₂S) – 10.0 mg/m³, CH₄ and NO₂ – not standardized, relative humidity – 70%, indoor air temperature should not exceed 22 °C [4].

The practical experience of keeping pigs in farms of medium capacity, which currently occupy a leading place in the structure of the pig industry of Ukraine, shows that ensuring ideal regulatory indicators of the microclimate in the premises requires significant efforts and capital investments. This especially applies to peak temperature and humidity loads during periods of summer heat. Therefore, when keeping and breeding pigs in real production conditions, there are certain deviations from the requirements of VNTP – APK – 02.05 [4].

As a result of the research, it was established that such parameters of the microclimate as temperature and humidity in the room during the experimental period did not meet the current standards. In particular, the air temperature was 35% higher than normal, and the relative humidity was 21.4% higher. As for the level of harmful gases in the room, they were within the permissible domestic standards for keeping farrowing sows.

The results of research on the determination of hematological ingredients and the activity of transaminases in the blood of farrowing sows and the change in these indicators after the correction of the addition of the antioxidants Vikasol and Alkosel to the diet of animals are shown in Table 1.

The obtained results show that the increase in air temperature and humidity in the room reduces the number of erythrocytes and leukocytes and the hemoglobin content in the blood of the control group of pigs. Addition of antioxidant drugs to the main diet of sows significantly corrects these indicators. In particular, with the addition of Vikasol, the hemoglobin content in the blood increased by 13.8%, erythrocytes – by 3.7%, leukocytes – by 8.5%; with the addition of Alkosel - these indicators increased by 2.4% and 22.7%, respectively, while the hemoglobin content

decreased by 5.1%. The combined use of both drugs in the combined feed of sows increased the hemoglobin content by 29.2%, the number of erythrocytes by 4.2%, and the leukocytes by 21.1% compared to the control.

1. Hematological indicators and activity of transamination enzymes of farrowing sows, (M±m; n=5)

Indicator	Groups of animals			
	control	1 experimental	2 experimental	3 experimental
Hemoglobin g/l	76,8±0,43	87,4±0,48***	72,9±0,92**	99,3±0,65***
Erythrocytes g/l	6,67±0,20	6,92±0,09	6,83±0,08	6,95±0,083
Leukocytes g/l	8,81±0,08	9,56±0,19**	10,81±0,06***	10,67±0,05***
ALT, $\mu\text{mol/h}\times\text{ml}$	2,98±0,09	2,67±0,30***	2,43±0,23**	2,16±0,07***
AST, $\mu\text{mol/h}\times\text{ml}$	1,26±0,03	1,32±0,10*	1,45±0,13**	1,53±0,09**

Note. The asterisks in the table indicate probable differences compared to control. Accordingly: * P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001.

Of particular interest are data on the influence of indoor microclimatic factors on activity indicators of transamination enzymes (ALT, AST), as they are considered markers for the development of pathological processes in the animal body [24, 25]. Based on the data in Table 1, it can be seen that the activity of ALT is higher relative to AST in the control group, which indicates damage to liver cells. As for experimental groups of sows, the addition of Vikasol and Alkosel to the main diet of animals shows a pronounced corrective effect on the studied indicators. In the first experimental group of animals, the activity of ALT in the blood decreased by 10.4%, and the activity of AST increased by 4.7%, in the second experimental group, the activity of ALT decreased by 18.5%, AST increased by 15%, in the third experimental group, the decrease ALT activity was 27.5%, and AST activity, on the contrary, increased by 21.4% in relation to the control.

Summarizing the obtained results, it should be noted that the temperature and humidity parameters in the premises for keeping farrowing sows, increased in relation to the standards, have a negative effect on the course of metabolic processes in the animal's body, as evidenced by changes in hematological indicators and the activity of blood transaminases, which is also confirmed by a number of authors, who conducted similar studies on other ages and productive groups of pigs [1, 2, 31].

The data obtained by us indicate that the use of adaptogenic drugs Vikasol and Alkosel in the diets of farrowing sows, under such conditions of violation of microclimate parameters, both separately and in a complex

combination, have a pronounced positive corrective effect on the indicated blood parameters.

Conclusion

Increased parameters of air temperature to (27 – 30°C) and relative humidity (74-85%) in the room for keeping farrowing sows have a negative effect on hematological indicators and the activity of blood transaminases.

The use of Vikasol in the rations of sows under conditions of disturbed microclimate parameters increases the number of erythrocytes and leukocytes and the hemoglobin content in the blood by 3.7%; 8.5%; 13.8%; the use of Alkosel – by 2.4%; 22.7% and reduces hemoglobin content by 5.07%. The combined use of both drugs increases the number of erythrocytes in the blood by 4.2%; leukocytes – by 21.1% and hemoglobin content – by 29.2% compared to the control. As for transamination enzymes, the use of Vikasol in the diet of animals reduces the activity of ALT in the blood by 10.4%, Alkosel – by 18.5%, and the combined use of both drugs by 27.5%. The use of the above drugs in the diet of sows, on the contrary, increases the activity of AST from 4.7% to 21.4% relative to the control.

Список використаної літератури

1. Бегма Н. А. Біохімічні показники крові молодяку свиней за використання у комбікормах анісорбу. *Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК*. 2016. Т. 4, № 1. С. 27–31.
2. Бірта Г. О. Гематологічні показники свиней різних генотипів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 1. С. 77–88.
3. ВНТП – АПК – 02.05. Відомчі норми технологічного проектування. Свинарські підприємства (комплекс, ферми, малі ферми) / Мінагрополітики України. Київ, 2005. 97 с.
4. Волощук В. М. Вплив умов утримання на репродуктивні якості свиноматок. *Свинарство*. 2013. Вип. 62. С. 27–32.
5. Гуцол А. В., Кирилів Я. І., Мазуренко М. О. Біохімічні показники крові свиней при згодовуванні ферментних препаратів. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. 2013. Вип. 13. С. 80–82.
6. Дмитроца А. І. Вплив температурного режиму на продуктивні якості свиней. Матеріали Міжнар. наук.-

References

1. Behma N. A. Biochemical parameters of the blood of young pigs due to the use of anisorb in compound feed. *Naukovo-tehnichniy biuleten NDTs biobezpeky ta ekolohichnoho kontroliu resursiv APK*. T.4.№1, 2016 p.27 – 31.
2. Birta H. O. Hematological parameters of pigs of different genotypes. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2011, № 1, p. 77 – 88.
3. VNTP – APK – 02.05 Departmental norms of technological design Pig farms (Complexes, farms, small farms), Minahropolytyky Ukrainy, Kyiv, 2005. 97 p.
4. Voloshchuk V. M. The influence of housing conditions on the reproductive qualities of sows. *Svynarstvo. Poltava*. 2013. Issue 62. P.27 – 32.
5. Hutsol A. V., Kyryliv Ya. I., Mazurenko M. Biochemical indicators of the blood of pigs when fed enzyme preparations. *Zbirnyk naukovykh prats PDATU*. 2013. Issue 13. P. 80–82.
6. Dmytrotsa A. I. The influence of the temperature regime on the productive qualities of pigs. *Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Stan,*

практ. конф. «Стан, досягнення та перспективи аграрної науки і виробництва в умовах євроінтеграції», с. Оброшине, 2–3 черв. 2022 р. Оброшине, 2022. С. 29–32.

7. Дмитроца А. І. Metabolic processes in pigs and their productivity depending on the microclimate of the premises. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (2). С. 124–137.

8. Мельничук В. В., Назаренко О. С., Назаренко С. І. Біохімічні зміни в сироватці крові свиней, хворих на трихуроз. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 1/2. С. 124–126.

9. Огородник Н. З. Метаболічний гомеостаз у свиней і роль імунотропних препаратів у його регуляції : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра вет. наук : спец. 03.00.04 «Біохімія» / Інститут біології тварин НААН. Львів, 2016. 212 с.

10. Петровська І. Р., Салига Ю. Т., Вудмаска І. В. Статистичні методи в біологічних дослідженнях : навч.-метод. посіб. Київ : Аграрна наука, 2022. 172 с.

11. Повод М. Г. Санітарно-гігієнічні детермінанти відтворювальних властивостей свиноматок та резистентність поросят. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини* : зб. наук. пр. ХЗВА. 2015. Вип. 31, ч. 1. С. 261–270.

12. Ремізова Ю. О. Вплив мікроклімату на гомеостаз організму свиней, продуктивність та якість свинини : дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук (доктора філософії) : спец. 06.02.04 «Технологія виробництва продуктів тваринництва» / Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН України. Полтава, 2019. 148 с.

13. Стародубець О. О. Вплив сезону року на відтворювальні якості свиноматок. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 4, т. 2. С. 100–103.

14. Ткачук О. Д. Вплив мікроклімату на основні показники резистентності свиней. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 2. С. 136–140.

15. Шаповалов С. О., Долгая М. М. Вітамінне забезпечення організму поросят за умов уведення мікроелементної композиції супоросним свиноматкам та

dosiahnennia ta perspektvyu ahrarnoi nauky i vyrobnytstva v umovakh yevrointehratsii», s. Obroshyne, 2–3 chervnya 2022 r. p. 29 – 32.

7. Dmytrotsa A. I. Metabolic processes in pigs and their productivity depending on the microclimate of the premises. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2021. Issue 70 (2), p.124 – 137.

8. Melnychuk V. V., Nazarenko O. S., Nazarenko S. I. Biochemical changes in blood serum of pigs with trichurosis. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2015. № 1-2, p. 124 – 126.

9. Ohorodnyk N. Z. Metabolic homeostasis in pigs and the role of immunotropic drugs in its regulation: dys. na zbuttia naukovoho stupenia doktora vet. nauk za spetsialnistiu 03.00.04 – biokhimiia. — Instytut biolohii tvaryn NAAN, Lviv, 2016.

10. Petrovska I. R., Salyha Yu. T., Vudmaska I. V. Statistical methods in biological research: educational and methodological manual. Kyiv: Ahrarna nauka, 2022. 172 p.

11. Povod M. H. Sanitary and hygienic determinants of reproductive properties of sows and resistance of piglets. *Problemy zoonzhenerii ta veterynarnoi medytyny. Zbirnyk nauk. prats KhZVA*. 2015. Issue 31. Part 1. P. 261 – 270.

12. Remizova Yu.O. The influence of microclimate on the homeostasis of the pig body, productivity and quality of pork. –dys. na zbuttia naukovoho stupenia kandydata silskohospodarskykh nauk (doktora filosofii) za spetsialnistiu 06.02.04 – tekhnolohiia vyrobnytstva produktiv tvarynnystva. – Instytut svynarstva i ahropromysloвого vyrobnytstva NAAN Ukrainy. – Poltava, 2019, 148 s.

13. Starodubets O. O. The influence of the season on the reproductive qualities of sows. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. 2015. Vyp. 4. T. 2, p.100 – 103.

14. Tkachuk O.D. The influence of microclimate on the main indicators of pig resistance. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2010. № 2. p. 136 – 140.

15. Shapovalov S. O., Dolhaia M. M.. Vitamin supply of piglets under conditions of

- поросят у ранньому постнатальному онтогенезі. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Медицина*. 2011. Вип. 2, т. 1. С. 120–124.
16. Шуст О. А. Економічні засади виробництва та реалізації продукції свинарства в сільськогосподарських підприємствах. *Сталий розвиток економіки*. 2011. № 1 (4). С. 276–280.
17. Ajala, O., Abiola, J., Akinjiola, A., Ojomo, T.O. and Samuel, E.S. Stages of gestation in mixed breed sows: Hematological and serum biochemical parameters. *Journal of Reproduction and Infertility*. 2016. 7(3): 75–80.
18. Ammonia emissions affected by airflow in a model pig house: effects of ventilation rate, floor slat opening, and headspace height in a manure storage pit. Ye Z. et al. *Transactions of the ASABE*. 2008. Issue 51 (6). P. 2113–2122.
19. Atmospheric NH₃ dynamics at a typical pig farm in China and their implications. Xu W., et al. *Atmospheric Pollution Research*. 2014. Issue 3, v. 5. P. 455–463.
20. Bazer, F.W. Pregnancy recognition signaling mechanisms in ruminants and pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2013. 4(1): 23.
21. Bhatia P., Chhabra S. Physiological and anatomical changes of pregnancy: Implications for anaesthesia. *Indian Journal of Anaesthesia*. 2018. 62(9): 651.
22. Choi, Y. M. Practical use of surimi-like material made from porcine longissimus dorsi muscle for the production of low-fat pork patties. *Meat Science*. 2012. № 90. 292–296.
23. Das S., Char D., Sarkar S. Study of hematological parameters in pregnancy. *IOSR Journal of Dental Medical Sciences*. 2013. 12(1): 42–44.
24. Daramola J. O., Abioja M. O., Onagbesan O. M. Heat Stress Impact on Livestock Production. *Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012; pp. 53–73.*
25. Datta, S., Kodali, B.S. and Segal, S. Maternal physiological changes during pregnancy, labor and the postpartum period. administration of microelement composition to pregnant sows and piglets in early postnatal ontogeny. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biolohiia. Medytsyna*. 2011. Vyp. 2, t. 1. p. 120–124.
16. Shust O. A. Economic principles of production and sale of pig products in agricultural enterprises. *Stalyi rozvytok ekonomiky*. 2011. №1 (4). P. 276–280.
17. Ajala O., Abiola J., Akinjiola A., Ojomo T., Samuel E. Stages of gestation in mixed breed sows: Hematological and serum biochemical parameters. *Journal of Reproduction and Infertility*. 2016. 7(3): 75–80.
18. Ammonia emissions affected by airflow in a model pig house: effects of ventilation rate, floor slat opening, and headspace height in a manure storage pit. Ye Z. et al. *Transactions of the ASABE*. 2008. Issue 51 (6). P. 2113–2122.
19. Atmospheric NH₃ dynamics at a typical pig farm in China and their implications. Xu W., et al. *Atmospheric Pollution Research*. 2014. Issue 3, v. 5. P. 455–463.
20. Bazer, F.W. Pregnancy recognition signaling mechanisms in ruminants and pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2013. 4(1): 23.
21. Bhatia P., Chhabra S. Physiological and anatomical changes of pregnancy: Implications for anaesthesia. *Indian Journal of Anaesthesia*. 2018. 62(9): 651.
22. Choi, Y.M. Practical use of surimi-like material made from porcine longissimus dorsi muscle for the production of low-fat pork patties. *Meat Science*. 2012. № 90.p. 292–296.
23. Das S., Char D., Sarkar S. Study of hematological parameters in pregnancy. *IOSR Journal of Dental Medical Sciences*. 2013. 12(1), p. 42–44.
24. Daramola J., Abioja M., Onagbesan O. Heat Stress Impact on Livestock Production. *Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012; pp. 53–73.*
25. Datta S., Kodali B., Segal S. Maternal physiological changes during pregnancy, labor and the postpartum period.

Obstetric Anesthesia Handbook Springer. New York. 2010. P. 1–14.

26. Effect of climate and insemination technique on reproductive performance of gilts and sows in a subtropical zone of Mexico. Mellado M. et al. *Austral. Journal of Veterinary Sciences*. 2018. Issue 50 (1). P. 27–34.

27. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. Suriyasomboon A., et al. *Theriogenology*. 2006. Issue 65. P. 606–628.

28. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. Blanes-Vidal V. et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2008. Issue 124 (3). P. 237–244.

29. Etim N., Williams M., Akpabio U., Offiong E. Hematological parameters and factors affecting their values. *Agricultural Science*. 2014. 2(1): 37–47.

30. Michael K. J. Effects of diverse developmental environments on neuronal morphology in domestic pigs (*Sus scrofa*). Powley. *Developmental Brain Research*. 1998. №107. P. 21–31.

31. Okaform S. C. Hematological changes associated with pregnancy in domestic sows. *Agricultural Science Digest*. 2022. V. 42. P. 98–103.

32. Perre V. V. Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. *Meat Science*. 2010. № 86. P. 931–937.

Obstetric Anesthesia Handbook Springer. New York. 2010. P. 1–14.

26. Effect of climate and insemination technique on reproductive performance of gilts and sows in a subtropical zone of Mexico. Mellado M. et al. *Austral. Journal of Veterinary Sciences*. 2018. Issue 50 (1). P. 27–34.

27. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. Suriyasomboon A., et al. *Theriogenology*. 2006. Issue 65. P. 606–628.

28. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. Blanes-Vidal V. et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2008. Issue 124 (3). P. 237–244.

29. Etim N., Williams M., Akpabio U., Offiong, E. Hematological parameters and factors affecting their values. *Agricultural Science*. 2014. 2(1): 37–47.

30. Michael K. J. Effects of diverse developmental environments on neuronal morphology in domestic pigs (*Sus scrofa*). *Developmental Brain Research*. 1998. №107. P. 21–31.

31. Okaform S. C. Hematological changes associated with pregnancy in domestic sows. *Agricultural Science Digest*. 2022. V. 42. P. 98 – 103.

32. Perre V. V. Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. *Meat Science*. 2010. № 86. P 931–937.

Received October 25, 2022
Accepted: December 16, 2022

DOI: 10.32636/01308521.2022-(72)-2-10

UDC 574.23:591.5:577.115:638

Y. F. RIVIS¹, V. O. POSTOENKO², O. F. STASIV¹, doctors of agricultural sciences

I. I. SARANCHUK³, O. Ya. KLYM¹, O. B. DIACHENKO¹, O. I. STADNYTSKA¹,

V. D. FEDAK¹, candidates of agricultural sciences

O. O. HOPANENKO⁴, candidate of biological sciences

¹Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Hrushevskoho street, 5, v. Obroshyne, Lviv region, Lviv district,

81115, e-mail: inagrokarpat@gmail.com

²NSC “Institute of beekeeping named after P. I. Prokopovych”

Zabolotoho street, 19, Kyiv city, 03680, e-mail: nnc_ibkiev@ukr.net

³Bukovyna state agricultural experimental station of IACR NAAS

Kryzhanivskoho street, 21-a, Chernivtsi city, 58025,

e-mail: saranchukiv@gmail.com

⁴CIHE of the LRC “Andrei Krupynskyi Lviv Medical Academy”

Doroshenka street, 70, Lviv city, 79000, e-mail: hopanenko@gmail.com

HEAVY METALS TRANSITION COEFFICIENTS AND ANIONIC FATTY ACID CONTENT IN BEE POLLEN (PLANT POLLEN) IN DIFFERENT NATURAL AREAS OF THE CARPATHIAN REGION

The aim of the work was to determine the coefficients of transition of heavy metals from the arable soil layer to bee pollen (plant pollen) and the content of heavy metals and weakly active anionic fatty acids in the mentioned plant material in different natural areas of the Carpathian region. Experimental apiaries of clinically healthy honey bees of the Carpathian breed were selected on the basis of private beekeeping farms in the mountain (urban village Slavsko, Stryj district), foothills (village Nyzhnia Stynava, Stryj district) and forest-steppe (village Myklashiv, Lviv district) zones of Lviv region. The content of Ferrum, Zinc, Copper, Chromium, Cobalt, Nickel, Plumbum and Cadmium in the arable layer of soil and bee pollen (plant pollen) was determined to assess the intensity of man-made load on the environment where the experimental apiaries of honey bees are located. The content of heavy metals in the selected samples of the arable soil layer, bee pollen (plant pollen) was determined on an atomic-absorption spectrophotometer, and anionic fatty acids in bee pollen (plant pollen) – on a gas-liquid chromatograph. It has been established that in the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region the content of Ferrum, Zinc, Copper, Cobalt, Chromium, Nickel, Plumbum and Cadmium in the arable soil layer and bee pollen (plant pollen) increases. At the same

© Rivis Y. F., Postoienco V. O., Stasis O. F.,
Saranchuk I. I., Klym O. Ya., Diachenko O. B.,
Stadnytska O. I., Fedak V. D., Hopanenko O. O., 2022

time, in the above direction, the coefficients of transition of Zinc, Chromium and Nickel from the arable layer of soil to bee pollen are decreasing; Zinc and Nickel – in dandelion pollen; Zinc – in apple pollen. In the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region, due to the high level of heavy metals, the value of anionic fatty acids of bee pollen (plant pollen) decreases for bees, beehives and hives. In the above direction due to the increase in the content of heavy metals and anionic forms of fatty acids in bee pollen (plant pollen), decreases the flight-harvest relative to the bee pollen (plant pollen) and honey productivity of worker bees. The high level of heavy metals and anionic fatty acids in bee pollen (plant pollen) obtained from hives located in the foothills and especially the forest-steppe zones of the Carpathian region is a consequence of urbanization and industrialization of the territory. Bee pollen, dandelion and apple pollen in general can be bioindicators of the ecological state of the environment. However, due to the optimal content of heavy metals and fatty acids, the best bioindicator of the ecological state of the environment is dandelion pollen.

Keywords: natural zones of the Carpathian region, bee pollen (plant pollen), heavy metals, anionic fatty acids, heavy metals transition coefficients, bioindicators, productivity of worker bees.

**Рівіс Й. Ф.¹, Постоснко В. О.², Стасів О. Ф.¹, Саранчук І. І.³,
Клим О. Я.¹, Дяченко О. Б.¹, Стадницька О. І.¹, Федак В. Д.¹, Гопаненко О. О.⁴**

¹Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

²ННЦ “Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича”

³Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН

⁴ВНКЗ ЛОР “Львівська медична академія імені Андрея Крупинського”

Коефіцієнти переходу важких металів і вміст аніонних жирних кислот у бджолиному обніжжі (пилку рослин) у різних природних зонах Карпатського регіону

Метою роботи було визначити коефіцієнти переходу важких металів із орного шару ґрунту в бджолине обніжжя (пилку рослин) та вміст важких металів і малоактивних аніонних жирних кислот у згадуваному матеріалі з рослин у різних природних зонах Карпатського регіону. Піддослідні пасіки клінічно здорових медоносних бджіл породи карпатська було підібрано на базі приватних пасічних господарств гірської (сmt Славсько Стрийського району), передгірної (с. Нижня Стінава Стрийського району) та лісостепової (с. Миклашів Львівського району) зон Львівської області. Для оцінки інтенсивності техногенного навантаження на довкілля, де знаходяться піддослідні пасіки медоносних бджіл, визначали вміст Феруму, Цинку, Купруму, Хрому, Кобальту, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію в орному шарі ґрунту та бджолиному обніжжі (пилку рослин). Вміст важких металів у відібраних зразках орного шару ґрунту, бджолиного обніжжя (пилку рослин) визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі, а аніонних жирних кислот у бджолиному обніжжі (пилку рослин) – на газо-рідинному хроматографі. Встановлено, що в напрямі від гірської до передгірної та далі до лісостепової зони Карпатського регіону зростає вміст Феруму, Цинку,

Купруму, Кобальту, Хрому, Ніколу, Плюмбуму та Кадмію в орному шарі ґрунту та бджолиному обніжжі (пилку рослин). Одночасно в наведеному вище напрямі знижуються коефіцієнти переходу Цинку, Хрому та Ніколу із орного шару ґрунту в бджолине обніжжя; Цинку та Ніколу – у пилок із кульбаби лікарської; Цинку – в пилок із яблуні. У напрямі від гірської до передгірної і далі до лісостепової зони Карпатського регіону через високий рівень важких металів знижується цінність аніонних жирних кислот бджолиного обніжжя (пилку рослин) для організму бджіл, бджолиних стільників і вуликів. У наведеному вище напрямі через зростання вмісту важких металів і аніонних форм жирних кислот у бджолиному обніжжі (пилку) знижується льотно-збиральна щодо обніжжя (пилку) і медова продуктивність робочих бджіл. Високий рівень важких металів і аніонних жирних кислот у бджолиному обніжжі (пилку рослин), отриманому з вуликів, розміщених у передгірній та особливо лісостеповій зонах Карпатського регіону, є наслідком урбанізації та індустріалізації території. Бджолине обніжжя та пилок із кульбаби лікарської і яблуні в загальному можуть бути біоіндикаторами екологічного стану довкілля. Однак через оптимальний вміст важких металів і жирних кислот найкращим біоіндикатором екологічного стану довкілля є пилок із кульбаби лікарської.

Ключові слова: природні зони Карпатського регіону, бджолине обніжжя (пилку рослин), важкі метали, аніонні жирні кислоти, коефіцієнти переходу важких металів, біоіндикатори, продуктивність робочих бджіл.

Introduction. The sources of heavy metals emissions and the ways of their entry into the environment are diverse, but in general they are of man-made origin as a result of urbanization and industrialization. Urbanization and industrialization, in particular the activities of industry, agriculture, energetics and transport, as well as intensive extraction of minerals – all this led to the entry of heavy metals into the air, water, soil and plants, including highly toxic ones (Plumbum, Cadmium and Arsenic) [16, 17].

The migration of heavy metals in objects of the external environment caused their accumulation in soils and plants [14, 16, 17]. As a result, some types of plants gave way to others and the terms of their flowering, and thereby the conditions of honey collection by bees, changed [1, 7].

Zinc, Copper, Cobalt, Chromium and Nickel in acceptable amounts are absolutely necessary for the normal vital activity of plant tissues [19]. But the increased level of toxic Plumbum and Cadmium in the topsoil is certainly able to neutralize the positive effect of probiotic heavy metals on the mentioned tissues. It is believed that the increase in the content of Plumbum in the arable layer of the soil is associated with the intensive movement of motor vehicles [17, 18, 25], and Cadmium – with the introduction of meliorants and mineral fertilizers, in particular phosphogypsum and superphosphate [5, 12].

The above-mentioned heavy metals are involved in metabolic processes in the tissues and pollen of plants, in the body tissues of bees. In particular, at a high level, Ferrum is able to stimulate peroxide processes in the tissues and pollen of plants and in the tissues of the body of bees, destroying, at the same time, its most valuable components – amino acids, polyunsaturated fatty acids and fat-soluble vitamins [22]. On the other hand, such heavy metals as Zinc and Copper, which in the tissues and pollen of plants and in the tissues of the body of bees, at a physiologically determined level, can act in the opposite way, because both of them are components of such an enzyme as superoxide dismutase, which strongly inhibits the development of peroxide processes [34]. And this despite the fact that Cuprum in the lymph of bees performs the same function as Ferrum in the blood of humans and animals – redox [31]. At a physiologically determined level, such heavy metals as Nickel and Chromium also have an antiperoxide effect [5]. The intensity of protein synthesis in plant and bee tissues depends on Cobalt through the enzyme cyanocobalamin [29]. It is believed that, regardless of the concentration, such heavy metals as Plumbum and Cadmium are toxicants for the body of bees [7].

Through the alimentary canal and wax glands heavy metals enter bee combs. In the latter, heavy metals behave almost the same as in the body of bees [19]. In addition, all heavy metals in large quantities are capable of reducing the strength of the walls of bee combs [33]. The presence of a large amount of toxic Plumbum and Cadmium in the composition of bee combs is undesirable for the body of larvae and adult bees [26]. A large amount of toxic Plumbum and Cadmium in the hive is also a bad sign [32].

It should be noted that at a high level, all studied heavy metals of plant pollen in the body of bees become toxicants [19]. At the same time, heavy metals in bee lymph bind more intensively to sulfhydryl groups of heat-resistant proteins and are transported into chitin [31]. In the latter, heavy metals are deposited.

The problem of heavy metals is as follows. At a physiologically determined level, they are involved in the synthesis, oxidation, deposition and exchange of fatty acids in the tissues and pollen of plants and in the body tissues of bees. In particular, Ferrum is able to stimulate the peroxide processes of polyunsaturated fatty acids in the tissues and pollen of plants and in the body of bees [7]. Zinc and Copper in the tissues and pollen of plants and in the tissues of bees are able to effectively inhibit the course of peroxide processes of the above-mentioned fatty acids [3]. To some extent, the anti-peroxide effect is also characteristic of Nickel and Chromium [5]. Cobalt, through such a vitamin as cobalamin, initiates the synthesis of proteins and related fatty acids in plant and bee tissues [20].

Due to the fact that it is a part of 9-desaturase, in the tissues and pollen of plants and in the tissues of bees, cuprum contributes to the formation of monounsaturated fatty acids of the omega-7 (palmitoleic) and omega-9 (oleic) families, respectively, from saturated palmitic and stearic fatty acids [19].

Linoleic and linolenic fatty acids, which are sequentially synthesized in the tissues and pollen of plants from oleic acid, are considered indispensable for bees and therefore must enter their body with food [20]. Already in the tissues of bees from linoleic and linolenic acids, due to the fact that Zinc is included in 2-, 3-, 4-, 5- and 6-desaturases, even longer-chain and more unsaturated fatty acids of the omega-6 and omega-3 families, respectively, are synthesized [19, 20].

Longer-chain and more unsaturated fatty acids of the omega-3 and omega-6 families are very valuable for the body of bees, since in their tissues they are mainly used for the construction of cell and cytoplasmic membranes and the synthesis of biologically active derivatives – prostaglandins, thromboxanes and leukotrienes [20] .

In plant organisms, the main biologically active substances involved in reproductive capacity are oxylipins [20], and in bees – prostaglandins [28]. It should be noted that oxylipins and prostaglandins are synthesized, respectively, in plant and bee tissues from polyunsaturated fatty acids – linoleic and linolenic [20, 28].

The low total content of polyunsaturated and monounsaturated fatty acids of the omega-3, omega-6, omega-7, and omega-9 families, respectively, linolenic, linoleic, palmitoleic, and oleic acids in bee pollen and pollen from dandelion and apple tree may through the body of bees, in particular wax glands, contribute to the increase in the fragility of the walls of bee combs [4, 10]. At the same time, a very low content of the above-mentioned fatty acids in plant pollen can cause a decrease in the permeability of its structural components to water and water-soluble substances and thereby inhibit the intensity of metabolic processes [4]. It can also help reduce the functional activity of cellular and cytoplasmic membranes of the body of honey bees and thus inhibit their vital activity [4, 23]. The above is reflected in the productivity of bee families and quality indicators of their products [15]. Therefore, the issue of production of ecologically safe beekeeping products is relevant [24]. Moreover, the production of honey bees occupies a prominent place in human life. Very high requirements are placed on the quality indicators of honey bee products, because currently Ukraine has become the main exporter of honey to Europe.

In the literature, there are only fragmentary data on the content of

heavy metals and fatty acids in bee honey in various natural zones of the Carpathian region [24].

In view of the above, the aim of the work was to determine the coefficients of transition of heavy metals, including toxic ones, from the arable layer of the soil into bee pollen and pollen from the dandelion and apple tree and the content of heavy metals and low-active anionic forms of fatty acids in the mentioned material from plants in various natural zones of the Carpathian region.

Materials and methods. Experimental apiaries of clinically healthy honey bees of the Carpathian breed (*Apis mellifera (L) carpatica*) were selected on the basis of private mountain (Slavsko village, Stryi district), foothills (Nyzhnia Stynava village, Stryi district) and forest-steppe (Myklashiv village) zone apiaries of Lviv region, where natural and climatic conditions and ecological situation are different.

In order to assess the intensity of the man-made load on the environment where experimental honey bee apiaries are located, the content of heavy metals (Ferrum, Zinc, Copper, Chromium, Cobalt, Nickel, Plumbum and Cadmium) in the topsoil, bee pollen and pollen of dandelion (*Taraxacum officinale* Wigg.) and apple tree (*Malus domestica* (Borkh) Borkh) was determined.

To clarify the species affiliation of the selected pollen, identification studies were carried out with the help of computer programs "LUCIA" (Laboratory Color Image Analysis) and "Pollen Data Bank". These programs make it possible to determine the main parameters of a pollen grain, captured by a video camera from a microscope, by overlaying images and comparing them with reference samples.

In the spring-summer period, in each of the above-described natural zones of the Carpathian region, in 3 apiaries and in each of 3 beehives, samples of bee pollen were collected for laboratory research using generally accepted methods [15]. At the same time, samples of the arable layer of the soil were taken in the radius of the useful flight of honey bees.

The content of heavy metals, including toxic ones, was determined in selected samples of the arable layer of the soil, bee pollen and pollen from dandelion and apple trees, and anionic forms of fatty acids in samples of bee pollen and pollen from dandelion and apple trees. At the same time, the value of the level of heavy metals, including toxic and anionic forms of fatty acids in bee pollen and pollen from dandelion and apple trees for the body of honey bees, bee combs and beehives in different natural zones of the Carpathian region was analyzed.

The content of heavy metals (Ferrum, Zinc, Copper, Cobalt, Chromium, Nickel, Plumbum, and Cadmium) in selected samples of the

arable layer of the soil, bee pollen, and pollen from the dandelion and apple tree was determined on an atomic absorption spectrophotometer (Selmi-115) according to V. V. Vlizlo et al. [9]. The concentration of anionic fatty acids in the investigated bee pollen and plant pollen was determined on a gas-liquid chromatograph (Chrom-5) according to Y. F. Ravis et al. [6].

The obtained digital material was processed by the method of variational statistics using the Student's criterion [10]. Arithmetic mean values (M) and arithmetic mean errors ($\pm m$) were calculated. Differences were considered probable at $p < 0.05$. The computer program Origin 6.0, Microsoft Excel was used for calculations.

Results and discussion. It was established that in the arable layer of the soil, bee pollen and pollen from the dandelion and apple tree of the foothills and forest-steppe zones of the Carpathian region, compared to the conditionally clean mountain zone, there is a higher content of Ferrum, Zinc, Cuprum, Cobalt, Chromium, Nickel, Plumbum and Cadmium (Tables 1, 2, 3 and 4).

1. The content of heavy metals, including toxic ones, in the topsoil in different natural zones of the Carpathian region, $g \cdot 10^{-3} / kg$ air-dry mass ($M \pm m$, $n=3$)

Metal and its symbol	Natural zones of the Carpathian region		
	mountain	foothill	forest-steppe
Ferrum, Fe	14325,00 \pm 294,214	15184,29 \pm 454,862*	16573,04 \pm 294,429**
Zinc, Zn	47,58 \pm 4,488	78,52 \pm 3,722**	96,13 \pm 4,890***
Copper, Cu	21,60 \pm 1,391	34,56 \pm 1,828**	45,64 \pm 2,264***
Cobalt, Co	11,76 \pm 0,375	13,63 \pm 0,560**	17,20 \pm 1,830***
Chromium, Cr	41,69 \pm 2,283	63,65 \pm 3,584**	87,53 \pm 4,163***
Nickel, Ni	21,24 \pm 1,625	41,33 \pm 2,512***	59,42 \pm 3,214***
Plumbum, Pb	19,37 \pm 0,784	25,83 \pm 1,442*	33,30 \pm 2,870***
Cadmium, Cd	2,03 \pm 0,088	2,60 \pm 0,115*	3,20 \pm 0,271***

Note: here and further the differences are probable, compared to the mountain zone:

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$.

The above tables also show that the top layer of the soil, bee pollen and pollen from the dandelion and apple tree of the forest-steppe zone of the Carpathian region contains the highest level of investigated heavy metals. At the same time, the content of Plumbum and Cadmium in the arable layer of the soil in the above zone is slightly higher than the maximum permissible concentration.

The level of the dangerous element of the first class of toxicity Cadmium increases especially significantly in bee pollen and pollen from dandelion and apple tree – by 2.5-4.0 times, compared to a conditionally clean mountain environment. The concentration of Chromium, an element of the second class of toxicity, also noticeably increases – by 1.6–2.7 times.

It should also be noted that dandelion pollen is a much more active accumulator of heavy metals, including toxic ones, compared to apple pollen. Practically all heavy metals accumulate in an average twice as much amount in dandelion pollen than in apple pollen.

2. The content of heavy metals, including toxic ones, in bee pollen in different natural zones of the Carpathian region, $g \cdot 10^{-3}/kg$ of air-dry mass ($M \pm m$, $n=3$)

Metal and its symbol	Natural zones of the Carpathian region		
	Mountain	foothill	forest-steppe
Ferrum, Fe	33,52±0,830	37,11±0,781*	43,39±2,253**
Zinc, Zn	34,39±1,91	39,20±0,900*	42,72±0,872**
Copper, Cu	2,01±0,089	3,02±0,169*	4,20±0,170**
Cobalt, Co	1,01±0,029	1,14±0,050*	1,44±0,112**
Chromium, Cr	4,10±0,177	5,02±0,180*	6,68±0,149**
Nickel, Ni	0,58±0,015	0,65±0,015*	0,74±0,023**
Plumbum, Pb	0,13±0,007	0,16±0,009*	0,21±0,012**
Cadmium, Cd	0,04±0,003	0,07±0,007*	0,10±0,009**

3. The content of heavy metals, including toxic ones, in dandelion pollen in different natural zones of the Carpathian region, $g \cdot 10^{-3}/kg$ of air-dry mass ($M \pm m$, $n=3$)

Metal and its symbol	Natural zones of the Carpathian region		
	mountain	foothill	forest-steppe
Ferrum, Fe	30,48±0,876	41,78±0,922***	51,77±1,230***
Zinc, Zn	42,02±1,020	54,35±0,640***	63,81±0,856***
Copper, Cu	3,17±0,111	5,17±0,091***	6,89±0,214***
Cobalt, Co	10,25±0,494	12,37±0,452*	13,83±0,235**
Chromium, Cr	3,21±0,121	5,53±0,184***	6,76±0,300***
Nickel, Ni	0,43±0,020	0,67±0,026**	0,95±0,040***
Plumbum, Pb	0,98±0,035	1,93±0,042***	2,69±0,123***
Cadmium, Cd	0,04±0,006	0,11±0,006**	0,15±0,009***

The obtained data characterize the level of man-made environmental pollution in the experimental territories. The high level of Ferrum, Zinc,

Copper, Cobalt, Chromium, Nickel, Plumbum and Cadmium in the air and soil is the reason for their increased concentration in bee pollen and dandelion and apple pollen obtained in the foothills and forest-steppe zones of the Carpathian region. All this is a consequence of greater urbanization and industrialization of the above territories.

4. The content of heavy metals, including toxic ones, in pollen from apple trees in different natural zones of the Carpathian region, g·10⁻³/kg of air-dry mass (M±m, n=3)

Metal and its symbol	Natural zones of the Carpathian region		
	mountain	foothill	forest-steppe
Ferrum, Fe	14,16±0,440	19,24±0,338 ^{***}	24,68±0,288 ^{***}
Zinc, Zn	16,72±0,323	23,54±0,336 ^{***}	29,00±0,480 ^{***}
Copper, Cu	1,19±0,046	2,06±0,073 ^{***}	2,94±0,049 ^{***}
Cobalt, Co	1,06±0,056	1,30±0,043 [*]	1,48±0,037 ^{**}
Chromium, Cr	1,10±0,057	2,34±0,192 ^{**}	2,97±0,051 ^{***}
Nickel, Ni	0,11±0,010	0,22±0,011 [*]	0,33±0,015 ^{***}
Plumbum, Pb	0,42±0,011	0,67±0,029 ^{**}	1,08±0,030 ^{***}
Cadmium, Cd	0,02±0,003	0,04±0,003 [*]	0,08±0,005 ^{**}

It was established that in the Carpathian region, Zinc has a very high coefficient of transition from the arable layer of the soil to bee pollen and pollen from the dandelion and the apple tree (Tables 5, 6 and 7). Copper and Chromium have much lower coefficients, other metals are even lower. At the same time, Ferrum has a very low coefficient of transition from the arable layer of the soil to bee pollen and pollen from the dandelion and the apple tree.

It should be noted that in the Carpathian region Cobalt also has a very high coefficient of transition from the arable layer of the soil to dandelion pollen (Table 6). This is possibly due to the high level of protein synthesis in dandelion tissues. As is known, Cobalt is part of such an enzyme as cyanocobalamin, which stimulates the processes of protein synthesis in plant and animal tissues [29].

The increased coefficient of Zinc transition from the arable layer of the soil to bee pollen and pollen from the dandelion and apple tree is obviously caused by the fact that this mineral element is extremely necessary for the normal functioning and high activity of male gametophytes [11]. It may also be absolutely necessary for the normal functioning and high activity of female gametophytes. The above is apparently related to the fact that Zinc is part of enzymes that contribute to the formation of a number of biologically active substances from

polyunsaturated fatty acids, which are involved in the reproductive capacity of plant organisms [11].

It was recorded that in the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region, the assimilation of some heavy metals by plants decreases. This fact is confirmed by the decrease in the coefficients of the transition of Zinc, Chromium and Nickel from the arable layer of the soil to bee pollen; Zinc and Nickel - in dandelion pollen; Zinc - in apple pollen (Tables 5, 6 and 7). At the same time, it has been recorded that the assimilation of some heavy metals by plants is increasing in the above direction. This fact is confirmed by the increase in the coefficients of the transition of Cadmium from the arable layer of the soil to bee pollen; Plumbum and Cadmium – in dandelion pollen; Chromium and especially Copper, Plumbum and Cadmium in apple pollen (Tables 5, 6 and 7).

5. Coefficients of transition of heavy metals, including toxic ones, from the arable layer of the soil to the bee pollen in different natural zones of the Carpathian region

Metal and its symbol	Natural zones of the Carpathian region		
	mountain	foothill	forest-steppe
Ferrum, Fe	0,002	0,002	0,003
Zinc, Zn	0,723	0,499	0,444
Copper, Cu	0,093	0,087	0,092
Cobalt, Co	0,086	0,084	0,084
Chromium, Cr	0,098	0,079	0,076
Nickel, Ni	0,027	0,016	0,012
Plumbum, Pb	0,007	0,006	0,006
Cadmium, Cd	0,020	0,027	0,031

It should be noted that in the forest-steppe zone of the Carpathian region, compared to the mountain zone, the arable layer of the soil has a fairly high content of probiotic Zinc, Copper, Cobalt, Chromium and Nickel. The above-mentioned heavy metals in acceptable quantities are absolutely necessary for the normal vital activity of plant tissues [19]. But the increased level of toxic Plumbum and Cadmium in the topsoil is apparently able to neutralize the positive effect of probiotic heavy metals on the mentioned tissues.

6. Transfer coefficients of heavy metals, including toxic ones, from the topsoil to dandelion pollen in different natural zones of the Carpathian region

Metal and its symbol	Natural zones of the Carpathian region		
	mountain	foothill	forest-steppe
Ferrum, Fe	0,002	0,003	0,003
Zinc, Zn	0,883	0,692	0,664
Copper, Cu	0,147	0,150	0,151
Cobalt, Co	0,872	0,908	0,804
Chromium, Cr	0,076	0,087	0,077
Nickel, Ni	0,020	0,016	0,016
Plumbum, Pb	0,051	0,075	0,081
Cadmium, Cd	0,020	0,042	0,047

7. Transfer coefficients of heavy metals, including toxic ones, from the topsoil to apple pollen in different natural zones of the Carpathian region

Metal and its symbol	Natural zones of the Carpathian region		
	mountain	foothill	forest-steppe
Ferrum, Fe	0,001	0,001	0,001
Zinc, Zn	0,351	0,300	0,302
Copper, Cu	0,055	0,060	0,064
Cobalt, Co	0,090	0,095	0,086
Chromium, Cr	0,026	0,037	0,034
Nickel, Ni	0,005	0,005	0,006
Plumbum, Pb	0,022	0,026	0,032
Cadmium, Cd	0,010	0,015	0,025

We studied the content of anionic forms of saturated fatty acids with an even (caprylic, capric, lauric, myristic, palmitic, and stearic) and odd (pentadecanoic) number of carbon atoms in the chain, monounsaturated fatty acids of the omega-7 families in bee honey and pollen from dandelion and apple tree (palmitoleic) and omega-9 (oleic) and polyunsaturated fatty acids of the omega-3 (linolenic) and omega-6 (linoleic) families.

It was established (Tables 8, 9 and 10) that the higher total concentration of anionic forms of fatty acids in bee pollen and pollen from dandelion and apple tree, obtained from beehives located in the foothills (2071.4, 2332.8 and 1130.4 g · 10⁻³/kg of air-dry mass) and forest-steppe (2285.7, 2380.4 and 1154.6) zones of the Carpathian region, compared to bee pollen and pollen from dandelion and apple tree, selected from beehives

located in the mountain zone (1798.0, 2153.2 and 1080.8 $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass), caused by a higher level of saturated fatty acids with steam (543.4, 458.6 and 208.6 and 601.0, 472.5 and 218.2 vs. 486.6, 418.7 and 186.9 and odd (96.8, 0.4 and 0.7 and 119.2, 0.6 and 0.8 against 54.2, 0.2 and 0.4) by the number of carbon atoms in the chain, monounsaturated fatty acids of the omega-7 families (73.8, 8.5 and 5.7 and 79.9, 9.0 and 6.7 against 66.1, 7.4 and 4.3) and omega-9 (177.2, 167.4 and 89.4 and 198.4, 167.4 and 89.4 against 137.6, 153.4 and 83.1) and polyunsaturated fatty acids of the omega-3 family (797.6, 1174.1 and 585.5 and 867.2, 1155.1 and 591.2 vs. 742.2, 1066.7 and 574.3) and omega-6 (respectively 382.6, 523.8 and 240.5 and 420.0, 528.9 and 245.8 against 329.3, 506.8 and 231.8 $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass).

8. The content of anionic forms of fatty acids in bee pollen obtained from beehives located in different natural zones of the Carpathian region, $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass ($M\pm m$, $n=3$)

Fatty acids and their code	Natural zones of the Carpathian region		
	mountain	foothill	forest-steppe
Capric, 10:0	25,4 \pm 1,51	30,9 \pm 1,31*	36,2 \pm 1,24**
Lauric, 12:0	87,3 \pm 2,20	100,1 \pm 2,35*	109,7 \pm 2,28**
Myristic, 14:0	68,4 \pm 3,49	80,2 \pm 2,24*	90,6 \pm 2,84**
Pentadecanoic, 15:0	54,2 \pm 6,26	96,8 \pm 3,31**	119,2 \pm 3,42**
Palmitic, 16:0	168,2 \pm 8,92	195,9 \pm 4,08*	221,2 \pm 3,89**
Palmitoleic, 16:1	66,1 \pm 1,99	73,8 \pm 1,42*	79,9 \pm 1,36**
Stearic, 18:0	119,3 \pm 7,02	135,3 \pm 7,81**	143,3 \pm 7,14**
Oleic, 18:1	137,6 \pm 11,03	177,2 \pm 3,41**	198,4 \pm 6,36**
Lino leic, 18:2	329,3 \pm 17,93	382,6 \pm 7,64*	420,0 \pm 11,07**
Linolenic, 18:3	742,2 \pm 21,19	797,6 \pm 8,03*	867,2 \pm 15,28**

The highest total content of anionic forms of fatty acids was found in bee pollen, dandelion pollen and apple pollen obtained from beehives located in the forest-steppe zone.

It should be noted that dandelion pollen contains a much larger amount of hard-to-reach anionic forms of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids compared to apple pollen. Practically, anionic forms of long-chain fatty acids are accumulated in an average of 2.1 times more in dandelion pollen than in apple pollen.

9. The content of anionic forms of fatty acids in dandelion pollen obtained from beehives located in different natural zones of the Carpathian region, g·10⁻³/kg of air-dry mass (M±m, n=3)

Fatty acids and their code	Natural zones of the Carpathian region		
	mountain	foothill	forest-steppe
Capric, 10:0	21,2±0,65	27,4±0,78**	29,0±0,61**
Lauric, 12:0	84,8±2,19	96,8±1,28**	100,9±1,23**
Myristic, 14:0	6,3±0,14	8,0±0,20**	8,8±0,34**
Pentadecanoic, 15:0	0,2±0,03	0,4±0,03*	0,6±0,03**
Palmitic, 16:0	213,8±1,86	224,6±1,27**	229,2±1,07**
Palmitoleic, 16:1	7,4±0,14	8,5±0,14*	9,0±0,12**
Stearic, 18:0	92,6±1,06	101,8±1,41**	104,6±1,17**
Oleic, 18:1	153,4±2,30	167,4±1,44**	174,3±1,27**
Lino leic, 18:2	506,8±9,35	523,8±4,62**	528,9±1,68**
Linolenic, 18:3	1066,7±14,89	1174,1±4,94*	1195,1±4,09*

10. The content of anionic forms of fatty acids in apple pollen obtained from beehives located in different natural zones of the Carpathian region, g·10⁻³/kg of air-dry mass (M±m, n=3)

Fatty acids and their code	Natural zones of the Carpathian region		
	mountain	foothill	forest-steppe
Caprylic, 8:0	6,3±0,13	7,3±0,27*	7,5±0,21*
Capric, 10:0	14,2±0,23	16,1±0,17**	16,6±0,29**
Lauric, 12:0	48,1±0,28	54,5±0,37**	57,0±0,52***
Myristic, 14:0	4,3±0,17	5,2±0,09**	6,3±0,34**
Pentadecanoic, 15:0	0,4±0,03	0,7±0,03**	0,8±0,03**
Palmitic, 16:0	96,8±1,15	105,3±0,93**	108,0±0,78**
Palmitoleic, 16:1	4,3±0,17	5,7±0,23**	6,7±0,15***
Stearic, 18:0	17,2±0,43	20,2±0,56*	22,8±1,05**
Oleic, 18:1	83,1±1,05	89,4±0,90*	91,9±0,64**
Lino leic, 18:2	231,8±1,30	240,5±0,92**	245,8±0,78***
Linolenic, 18:3	574,3±1,79	585,5±1,04**	591,2±1,47**

In terms of energy, lipids are much more valuable than proteins and carbohydrates [20]. Literature sources indicate that the greater the amount of fatty acids contained in plant pollen, the greater its energy value for the body of honey bees [4, 20]. We established (Tables 8, 9 and 10) that the largest amount of anionic forms of fatty acids, which perform energy functions, is contained in bee pollen and in pollen from dandelion and apple in the forest-steppe zone of the Carpathian region (respectively (2285.7,

2380,4 and 1154.6 $\text{g} \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass), a smaller amount of them is in bee pollen and in pollen from dandelion and apple in the foothills (2071.4, 2332.8 and 1130.4), even smaller in the mountain (respectively 1798.0, 2153.2 and 1080.8 $\text{g} \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass).

The above indicates that in the direction from the forest-steppe zone of the Carpathian region to the foothills and further to the mountains, the energy value of the fatty acids of bee pollen and pollen from the dandelion and apple tree for the body of bees decreases.

Tables 8, 9 and 10 show that the largest amount of structural and biologically active anionic forms of linoleic and linolenic acids [18, 19, 27] is contained in bee pollen and in pollen from dandelion and apple in the forest-steppe zone of the Carpathian region (respectively, 1287.2, 1724.0 and 837.0 $\text{g} \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass), a smaller amount of them is in bee pollen and in pollen from dandelion and apple in the foothills (1182.2, 1697.9 and 826.0), it is even smaller in the mountain (respectively 1071.5, 1573.5 and 806.1 $\text{g} \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass). This indicates that in the direction from the forest-steppe zone of the Carpathian region to the foothills and further to the mountains, the biological value of polyunsaturated fatty acids of bee pollen and pollen from dandelion and apple for the organism of bees decreases.

The total content of functionally active anionic polyunsaturated and monounsaturated fatty acids of the omega-3, omega-6, omega-7, and omega-9 families, respectively linolenic, linoleic, palmitoleic, and oleic acids [4, 11] in bee pollen, dandelion and apple pollen, obtained from beehives located in the foothills and forest-steppe zones of the Carpathian region, compared to bee honey and pollen from dandelion and apple tree, selected from beehives located in the mountain zone, is greater (respectively 1357.4, 1865.3 and 915.4 and 1485.1, 1898.3 and 928.9 against 1209.7, 1726.9 and 889.2 $\text{g} \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass). Their content increases the most in bee pollen and in pollen from dandelion and apple, obtained from beehives located in the forest-steppe zone of the Carpathian region (Tables 8, 9 and 10).

Among the organic substances of plant pollen, which attract special attention of honey bees, there are fatty acids. In particular, saturated fatty acids of plant pollen, which have 14 or fewer carbon atoms in their chain, and saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, which contain 18 or more carbon atoms in their composition, perform an attractive function [21]. The attractive function of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids of plant pollen is due to their relatively high volatility and specific smell. We established (Tables 8, 9 and 10) that the total content of anionic forms of fatty acids that have 14 or fewer carbon

atoms in their chain, and fatty acids that contain 18 or more carbon atoms in their composition and that perform an attractive function, in bee pollen and in dandelion and apple pollen obtained from beehives located in the foothills (fatty acids with 14 and fewer carbon atoms in the chain in bee pollen, dandelion and apple pollen, respectively there is 211.2, 132.2 and 83.1, and fatty acids containing 18 or more carbon atoms in bee pollen, dandelion and apple pollen are 1492.7, 1967.1 and 935.6 $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass respectively) and forest-steppe (236.5, 138.7 and 87.4 and 1628.9, 2002.9 and 951.7) zones of the Carpathian region, compared to bee pollen, dandelion and apple tree pollen, selected from beehives located in the mountain zone (fatty acids that have 14 or less in their chain and volumes of carbon in bee pollen, dandelion and apple pollen are 181.1, 112.3, and 72.9, respectively, and fatty acids containing 18 or more carbon atoms in bee pollen and pollen from dandelion and apple tree, respectively, are 1328.4, 1819.5 and 906.4 $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass), is larger. Thus, in the forest-steppe natural zone of the Carpathian region, among other zones, the attractive value of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids of bee pollen and pollen from dandelion and apple trees for bees is most intensively reduced.

Saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids caprylic, capric, lauric, myristic, oleic, linoleic and linolenic provide antibacterial and antifungal protection of the body of honey bees, bee combs and beehive. In particular, the high antibacterial activity of the above acids against bee rot was found [23].

Caprylic and, to a lesser extent, capric and, to a yet lesser extent, lauric and, to a very small extent, myristic acids have an antimicrobial effect due to their high ability to reduce the concentration of hydrogen ions. Linolenic and, to a lesser extent, linoleic and, to a yet lesser extent, oleic acids – to increase the surface activity of the tissues of microorganisms and thereby strongly inhibit their vital activity under normal osmotic pressure of the surrounding environment [23].

We established (Tables 8, 9 and 10) that the content of anionic forms of caprylic, capric, lauric, myristic, oleic, linoleic and linolenic acids, which provide antibacterial and antifungal protection of the body of bees, bee combs and beehives, in bee pollen and in pollen from dandelion and apple tree obtained from beehives located in foothills (respectively 1568.6, 1997.5 and 938.5 $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass) and forest-steppe (1721.6, 2037.0 and 1016.3) zones of the Carpathian region, compared to bee pollen and pollen from dandelion and apple tree, selected from beehives located in the mountain zone (respectively 1390.2, 1839.2 and 962.1 $\text{g}\cdot 10^{-3}/\text{kg}$ of air-dry mass), is larger. The content of anionic fatty acids, which have an

antimicrobial effect, increases the most in bee pollen and in pollen from dandelion and apple tree, obtained from beehives located in the forest-steppe zone of the Carpathian region. The above indicates that in the direction from the forest-steppe zone of the Carpathian region to the foothills and further to the mountains, the value of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids of bee pollen and pollen from dandelion and apple tree, which provide antibacterial and antifungal protection of the body of bees and bee combs, decreases.

An increase in the concentration of less active anionic forms of fatty acids in bee pollen, dandelion and apple pollen obtained from beehives located in the foothills and forest-steppe zones may indicate a decrease in the content of highly active non-esterified forms of fatty acids. Data from the literature indicate that anionic forms of fatty acids are the least available for the body of bees, bee combs and beehives in metabolic and functional terms [4, 14, 20]. This is due to the fact that anionic forms of fatty acids are mainly connected with metals.

Thus, as a result of an increase in the man-made load on the environment and the accumulation of heavy metals in the components of the ecosystem, in particular in honey plants, the energetic, structural, biological, attractive and antimicrobial value of the anionic forms of fatty acids of bee pollen and pollen from dandelion and apple trees for the body of bees decreases, structural and antimicrobial – for bee hives and antimicrobial – for beehives in the foothills and especially forest-steppe zones of the Carpathian region, compared to the mountain. Data from the literature [4, 20] also indicate a similar effect of the environment polluted by heavy metals.

It was established that the flying and collecting productivity of worker bees in relation to pollen in the mountain zone of the Carpathian region is 3.8 ± 0.15 kg, in the foothills – 3.5 ± 0.17 , $p < 0.05$, and in the forest-steppe – 2.9 ± 0.15 kg, $p < 0.01$ per bee colony per season. At the same time, the honey productivity of worker bees in the mountain zone of the Carpathian region is observed at the level of 40.0 ± 0.95 kg, in the foothills – 36.6 ± 0.92 , $p < 0.05$, and in the forest-steppe – 31.4 ± 1.84 kg, $p < 0.01$ per bee colony per season. It can be seen that due to the high level of heavy metals, including toxic and less active anionic forms of fatty acids in bee pollen and in pollen from dandelion and apple, the flight-gathering relative to pollen and honey productivity of worker bees decreases. Other scientists also point to the same negative impact of territories polluted with heavy metals on the productive characteristics of honey bees [11].

All over the world, the search for means of bioindication of the ecological state of the environment is underway [4]. This is due to the fact

that heavy metals, like other environmental pollutants, have a different level of transition from the soil to the root system, from the root system to the stem, from the stem to the inflorescence, and from the inflorescence to the pollen [27].

We believe that in our conditions, the best bioindicator of the ecological state of the environment, due to the optimal content of heavy metals and essential fatty acids, which are essential for the body of honey bees, is dandelion pollen (*Taraxacum officinale* Wigg.). Dandelion pollen has been used by us for bioindication of the ecological state of the environment for a long time [14]. The positive thing about this bioindicator is that it allows to determine different levels of accumulation of heavy metals and fatty acids and thus gives more information. Now, other scientists have started to use this pollen for bioindication of the ecological state of the environment [8]. But for bioindication of the ecological state of the environment, other scientists use the indicators of the change in the shape of the pollen grain from disk-shaped to lenticular and the characteristics of the germination of dandelion seeds (*Taraxacum officinale* Wigg.). These indicators do not establish the level of influence of the studied environmental factors, but only determine the transition of morphological and functional indicators of plant pollen from one state to another. That is, this method of bioindication of the ecological state of the environment is of a lower level.

Conclusions

In the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region, the ecological condition of the environment deteriorates. This is confirmed by the level of heavy metals in the topsoil, bee pollen, and pollen from dandelion and apple trees.

Zinc, Cobalt and Copper are absolutely necessary for the normal functioning of plant tissues. This is generally confirmed by a relatively high coefficient of the transition of the mentioned mineral elements from the arable layer of the soil to bee pollen and pollen from the dandelion and apple tree in various natural zones of the Carpathian region. At the same time, the transfer coefficients of Nickel, Plumbum and Cadmium, and especially Ferrum, into bee pollen (plant pollen) are very low.

In the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region, the coefficients of the transition of Zinc, Chromium and Nickel from the arable layer of the soil to the bee pollen decrease; Zinc and Nickel – in dandelion pollen; Zinc – in apple pollen.

The content of heavy metals and anionic forms of fatty acids in bee pollen affects the life of honey bees in the Carpathian region. In particular,

in the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region, due to the high concentration of heavy metals, the value of the fatty acids of bee pollen (pollen) for the organism of bees, bee combs and beehives decreases.

Each type of plant has its own ability to deposit heavy metals and anionic forms of fatty acids in tissues. Practically all heavy metals and fatty acids accumulate in dandelion pollen several times more than in apple pollen.

In the direction from the mountain to the foothills and further to the forest-steppe zone of the Carpathian region, due to the increase in the content of heavy metals and anionic forms of fatty acids in bee pollen, the flight-gathering relative to pollen and honey productivity of worker bees decreases.

The high level of heavy metals and anionic forms of fatty acids in bee pollen, dandelion and apple pollen obtained from beehives located in the foothills and especially forest-steppe zones of the Carpathian region is a consequence of the urbanization and industrialization of the territory.

Bee pollen, dandelion and apple pollen in general can be bioindicators of the ecological state of the environment. However, due to the optimal content of heavy metals and fatty acids, dandelion pollen is the best bioindicator of the ecological state of the environment. Bee pollen due to polyflority, and apple pollen due to its low concentration of heavy metals and fatty acids are less suitable for bioindication.

Список використаної літератури

1. Боднарчук Г. Л., Гаврилюк О. І., Романенко Л. І. Бджільництво Українських Карпат. *Бджільництво України*. 2018. Вип. 3. С. 6–14.

2. Віщур В. Я. Вміст важких металів, аніонних і неестерифікованих жирних кислот у пилку з кульбаби лікарської залежно від техногенного навантаження на довкілля. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного і контрольного Інституту ветпрепаратів та кормових добавок*. 2012. Вип. 13, № 1/2. С. 322–327.

3. Вожегова Р. А., Влащук А. М., Дробіт О. С. Поліпшення еколого-меліоративного стану ґрунтів на засадах смарт-спеціалізації. Матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України: сталий розвиток сільського

References

1. Bodnarchuk H. L., Havryliuk O. I., Romanenko L. I. Beekeeping of the Ukrainian Carpathians. *Bdzhilnytstvo Ukrainy*. 2018. Issue 3. P. 6–14.

2. Vishchur V. Ya. The content of heavy metals, anionic and non-esterified fatty acids in dandelion pollen depending on the man-made load on the environment. *Naukovo-tehnichniy biuleten Instytutu biologii tvaryn i Derzhavnoho naukovo-doslidnoho i kontrolnoho Instytutu vetpreparativ ta kormovykh dobavok*. Lviv, 2012. Issue 13, No 1/2. P. 322–327.

3. Vozhehova R. A., Vlashchuk A. M., Drobit O. S. Improving the ecological and reclamation condition of soils on the basis of smart specialization. *Materialy X Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh «Aktualni problemy ahropromysloвого vyrobnytstva Ukrainy: stalyi rozvytok silskoho hospodarstva*

- господарства в умовах змін клімату», с. Оброшине, 11 листоп. 2021 р. Львів-Оброшине, 2021. С. 15–16.*
4. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ : Наук. думка, 2012. 204 с.
5. Іскра Р. Я., Янович В. Г. Біохімічні механізми дії хрому на організм людини і тварин. *Український біохімічний журнал*. 2011. Т. 83, № 5. С. 5–12.
6. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі : метод. посіб. / Рівіс Й. Ф. і ін. Видання друге, уточнене та доповнене. Львів : СПОЛОМ, 2017. 161 с.
7. Ковка Н. О., Недашківський В. М. Тривалість та періоди цвітіння основних нектаропилконосів в умовах Лісостепу Правобережного. *Тваринництво України*. 2019. № 4. С. 36–39.
8. Комарова І. О. Еколого-біологічні особливості *Taraxacum officinale* Wigg. за дії забруднення важкими металами в умовах промислового Криворіжжя : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.10.16 “Екологія”. Дніпро, 2018. 26 с.
9. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині / В. В. Влізлю і ін. Львів, 2012. 764 с.
10. Лопач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. Київ : Мартон, 2001. 408 с.
11. Недашківський В. М., Разанов С. Ф. Вплив весняного поповнення кормових запасів бджолиних сімей на виробництво ними квіткового пилку, перги та гомогенату трутневих личинок. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 4. С. 157–162.
12. Разанов С. Ф., Дідур І. М., Первачук М. В. Ефективність зниження забруднення ґрунтів свинцем і кадмієм за бджолозапилення сільськогосподарських культур в умовах їх мінерального підживлення. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2015. № 2. С. 94–101.
13. Разанов С. Ф. Оцінка лісових *v umovakh zmin klimatu», s. Obroshyne, 11 lystop. 2021 r. Lviv-Obroshyne, 2021. P. 15–16.*
4. Didukh Ya. P. Basics of bioindication. Kyiv : Nauk. dumka, 2012. 204 p.
5. Iskra R. Ya., Yanovych V. H. Biochemical mechanisms of action of Chromium on the human body and animals. *Ukrainskyi biokhimichnyi zhurnal*. 2011. Vol. 83, No 5. P. 5–12.
6. Quantitative chromatographic methods for the determination of individual lipids and fatty acids in biological material : metod. posib. / Rivis Y. F. et al. Vydannia druhe, utochnene ta dopovnene. Lviv : SPOLOM, 2017. 161 p.
7. Kovka N. O., Nedashkivskiy V. M. Duration and periods of flowering of the main nectar pollinators in the forest-steppe conditions of the right bank. *Tvarymytstvo Ukrainy*. 2019. No 4. P. 36–39.
8. Komarova I. O. Ecological and biological features of *Taraxacum officinale* Wigg. under the action of heavy metals pollution in the conditions of industrial Kryvyi Rih : author's ref. dis. for sci. degree of cand. of biol. sci.: special. 03.10.16 “Ecology”. Dnipro, 2018. 26 p.
9. Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine / V. V. Vlizlo et al. Lviv, 2012. 764 p.
10. Lopach S. N., Chubenko A. V., Babych P. N. Statistical methods in biomedical research using Excel. Kyiv : Marton, 2001. 408 p.
11. Nedashkivskiy V. M., Razanov S. F. Influx of spring replenishment of fodder stocks of bee families on the production of flower pollen, bee-bread and homogenate of drone larvae. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2020. No 4. P. 157–162.
12. Razanov S. F., Didur I. M., Pervachuk M. V. The effectiveness of reducing soil contamination with Plumbum and Cadmium by bee pollination of crops in terms of mineral fertilization. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2015. No 2. P. 94–101.
13. Razanov S. F. Evaluation of forest nectar-pollinating trees and efficiency of their use in the honey conveyor of bees in the

нектаро-пилконосних дерев та ефективність використання їх у медоносному конвєсєрі бджїл в умовах Вїнниччини. *Збїрник наукових праць Вїнницького національного аграрного унїверситету*. 2019. № 12. С. 214–224.

14. Саранчук І. І., Рївіс Й. Ф. Жирнокислотний склад бджолиного обнїжжя залежно від екологічних умов довкїлля. *Бїологія тварин*. 2008. Т. 10, № 1/2. С. 236–244.

15. Сїченко О. М. Виробництво бджолопродукції на природних фїтоценозах рїзної щїльностї забруднення радїоцєзїєм та важкими металами. *Вїсник Житомирського національного агроєкологічного унїверситету*. 2011. Вип. 1, № 2 (29). С. 240–244.

16. Снїтинський В., Дидїв А. Вплив кадмїю та свинцю на бїохїмічний склад буряка столового за використання рїзної системи удобрення. *Вїсник Львівського національного аграрного унїверситету*. 2015. № 19. С. 21–25.

17. Швєць В. В. Інтєнсивнїсть забруднення свинцем, кадмїєм, цинком і мїддо угїдї та бїлкової продукції бджїльництва в умовах Лїсостєпу Правобережного. *Екологія та охорона навколишнього середовища*. 2017. № 5. С. 204–214.

18. Adamchuk L. Environment al biomonitoring by means of beekeeping products. *Biodiversity after the Chernobyl accident*. 2016. P. 11–18. URL: <http://www.slpk.sk/eldo/2018/dl/9788055215150/9788055215150.pdf> (last accessed: 10.08.2016).

19. Chibuike G. U., Obiora S. C. Heavy metals polluted soils: effect on plants and bioremediation methods. *Applied and Environment al Soil Science*. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/75270850>.

20. Di Miceli M., Bosch-Bouju C., Layé S. PUFA and their derivatives in neurotransmission and synapses: a new hallmark of synaptopathies. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2020. Vol. 79, Issue 4. P. 388–403.

21. Dobson H. E. M. Survey of pollen and pollenkitt lipids – chemical cues to flower visitors? *American journal of botany*.

conditions of Vinnytsia region. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu*. 2019. No 12. P. 214–224.

14. Saranchuk I. I., Rivis Y. F. Fatty acid composition of bee pollen depending on environment al conditions. *Biolohiia tvaryn*. 2008. Vol. 10. No 1/2. P. 236–244.

15. Sichenko O. M. Production of bee products on natural phytocenoses of different density of radiocaesium and heavy metals pollution. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*. 2011. Issue 1, No 2 (29). P. 240–244.

16. Snitynskyi V., Dydiv A. Influence of Cadmium and Plumbum on the biochemical composition of table beets using different fertilizer systems. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu*. 2015. No 19. P. 21–25.

17. Shvets V. V. Intensity of Plumbum, Cadmium, Zinc and Copper contamination of lands and protein products of beekeeping in the right-bank forest-steppe conditions. *Ekolohiia ta okhorona navkolyshnoho seredovyscha*. 2017. No 5. P. 204–214.

18. Adamchuk L. Environment al biomonitoring by means of beekeeping products. *Biodiversity after the Chernobyl accident*. 2016. P. 11–18. URL: <http://www.slpk.sk/eldo/2018/dl/9788055215150/9788055215150.pdf> (last accessed: 10.08.2016).

19. Chibuike G. U., Obiora S. C. Heavy metals polluted soils: effect on plants and bioremediation methods. *Applied and Environment al Soil Science*. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/75270850>.

20. Di Miceli M., Bosch-Bouju C., Layé S. PUFA and their derivatives in neurotransmission and synapses: a new hallmark of synaptopathies. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2020. Vol. 79, Issue 4. P. 388–403.

21. Dobson H. E. M. Survey of pollen and pollenkitt lipids – chemical cues to flower visitors? *American journal of botany*. 1998. Vol. 75. P. 180–182.

22. Domínguez R. Comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*. 2019. Vol. 8, No 10. P. 429–460.

1998. Vol. 75. P. 180–182.
22. Domínguez R. Comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*. 2019. Vol. 8, № 10. P. 429–460. DOI: 10.3390/antiox8100429.
23. Feldlaufer M. L., Lusby W. R., Knox D. A. Isolation and identification of linoleic acid as an antimicrobial agent from the chalkbrood fungus. *Ascosphaera apis*. *Apidologie*. 1993. Vol. 24. P. 89–94.
24. Klym O., Stadnytska O. Heavy metals in the dandelion and apple tree pollen from the different terrestrial ecosystems of the Carpathian region. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2019. No 18 (3). P. 15–20.
25. Loretta Y., Yong R. N., Thomas H. R. Fate and transport of Plumbum pollution along a highway corridor. *Geoenvironment al Engineering*. 2015. DOI: 10.1680/geimogacl.32774.0012. URL: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/geimogacl.32774.0012> (last accessed: 12.12.2021).
26. Matin G., Kargar N., Buyukisik H. B. Biomonitoring of Cadmium, Plumbum, Arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*. 2016. Vol. 90, No 5. P. 331–335.
27. Miyazaki M., Araki M., Okamura K. Assimilate translocation and expression of sucrose transporter, OsSUT1, contribute to high-performance ripening under heat stress in the heat-tolerant rice cultivar Genkitsukushi. *J. of Plant Physiol*. 2013. Vol. 170, No 18. P. 1579–1584.
28. Okon B. The role of prostaglandins in livestock production. *Global Journal of Agricultural Sciences*. 2016. Vol. 15, No 1. P. 27–30.
29. Osman D. The requirement for Cobalt in vitamin B₁₂: A paradigm for protein metalation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular Cell Research*. 2021. Vol. 1868, Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2020.118896>.
30. Ponce de León I., Hamberg M., Castresana C. Oxylipins in moss development and defense. *Front Plant Sci*. 2015. Vol. 6. DOI: 10.3389/fpls.2015.00483.
31. Purać J. Identification of a metallothionein gene in honey bee *Apis mellifera* and its expression profile in response to Cd, Cu and Pb exposure. *Mol. Ecol*. 2019. Vol. 28, No 4. P. 731–745.
- DOI: 10.3390/antiox8100429.
23. Feldlaufer M. L., Lusby W. R., Knox D. A. Isolation and identification of linoleic acid as an antimicrobial agent from the chalkbrood fungus. *Ascosphaera apis*. *Apidologie*. 1993. Vol. 24. P. 89–94.
24. Klym O., Stadnytska O. Heavy metals in the dandelion and apple tree pollen from the different terrestrial ecosystems of the Carpathian region. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 2019. No 18 (3). P. 15–20.
25. Loretta Y., Yong R. N., Thomas H. R. Fate and transport of Plumbum pollution along a highway corridor. *Geoenvironment al Engineering*. 2015. DOI: 10.1680/geimogacl.32774.0012. URL: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/geimogacl.32774.0012> (last accessed: 12.12.2021).
26. Matin G., Kargar N., Buyukisik H. B. Biomonitoring of Cadmium, Plumbum, Arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*. 2016. Vol. 90, No 5. P. 331–335.
27. Miyazaki M., Araki M., Okamura K. Assimilate translocation and expression of sucrose transporter, OsSUT1, contribute to high-performance ripening under heat stress in the heat-tolerant rice cultivar Genkitsukushi. *J. of Plant Physiol*. 2013. Vol. 170, No 18. P. 1579–1584.
28. Okon B. The role of prostaglandins in livestock production. *Global Journal of Agricultural Sciences*. 2016. Vol. 15, No 1. P. 27–30.
29. Osman D. The requirement for Cobalt in vitamin B₁₂: A paradigm for protein metalation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular Cell Research*. 2021. Vol. 1868, Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2020.118896>.
30. Ponce de León I., Hamberg M., Castresana C. Oxylipins in moss development and defense. *Front Plant Sci*. 2015. Vol. 6. DOI: 10.3389/fpls.2015.00483.
31. Purać J. Identification of a metallothionein gene in honey bee *Apis mellifera* and its expression profile in response to Cd, Cu and Pb exposure. *Mol. Ecol*. 2019. Vol. 28, No 4. P. 731–745.

metallothionein gene in honey bee *Apis mellifera* and its expression profile in response to Cd, Cu and Pb exposure. *Mol. Ecol.* 2019. Vol. 28, № 4. P. 731–745.

32. Vishchur V. Ya., Saranchuk I. I., Gutyi B. V. Fatty acid content of honeycombs depending on the level of technogenic loading on the environment. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 2016. Vol. 24, № 1. P. 182–187.

33. Yang S. Evaluating and comparing the natural cell structure and dimensions of honey bee comb cells of chinese bee, *apis cerana* (hymenoptera: apidae) and italian bee, *apis mellifera ligustica* (hymenoptera: apidae). *J. Insect Sci.* 2021. Vol. 1, Issue 21, № 4. DOI: 10.1093/jisesa/ieab042.

34. Younus H. Therapeutic potentials of superoxide dismutase. *Int. J. Health Sci.* 2018. Vol. 12, № 3. P. 88–93.

32. Vishchur V. Ya., Saranchuk I. I., Gutyi B. V. Fatty acid content of honeycombs depending on the level of technogenic loading on the environment. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 2016. Vol. 24, No 1. P. 182–187.

33. Yang S. Evaluating and comparing the natural cell structure and dimensions of honey bee comb cells of chinese bee, *apis cerana* (hymenoptera: apidae) and italian bee, *apis mellifera ligustica* (hymenoptera: apidae). *J. Insect Sci.* 2021. Vol. 1, Issue 21, No 4. DOI: 10.1093/jisesa/ieab042.

34. Younus H. Therapeutic potentials of superoxide dismutase. *Int. J. Health Sci.* 2018. Vol. 12, No 3. P. 88–93.

Received March 03, 2022
Accepted: November 28, 2022

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ ДЛЯ ТВАРИН НА ОСНОВІ ОЛІЙНИХ РОЗЧИНІВ НАНОАЛМАЗІВ ДЕТОНАЦІЙНОГО СИНТЕЗУ, МОДИФІКОВАНИХ В-КАРОТИНОМ

Розроблено експериментальний препарат для тваринництва на основі нафтових розчинів наноалмазів детонаційного синтезу, модифікованих бета-каротином. Ефективність використання експериментального препарату визначали в умовах фізіологічного двору Інституту тваринництва НААН на кролях та ДП ДГ «Гонтарівка» Харківської області на телицях української чорно-рябї молочної породи парувального віку. Доведено нешкідливість експериментального препарату. Підтверджено кращу засвоюваність препарату, введеного внутрішньом'язово дослідним кролям, в яких підвищувалася енергія росту (на 2,2 %), жива маса (на 0,4 %) і довжина тулуба (на 2,1 %) порівняно з ровесниками, яким вводили препарат підшкірно. Рухова активність у дослідних кролів знаходилася в межах добових коливань, не відрізнялася у розрізі груп, патологічних станів не виявлено.

Встановлено вірогідний позитивний вплив на підвищення рівня β -каротину у сироватці крові дослідних телиць. У сироватці крові телиць дослідної групи після введення тетравіту рівень β -каротину підвищився на 102,8 мг% (20,9 %), а у сироватці крові тварин, яким вводили експериментальний препарат, – підвищився на 301,0 мг% (61,2 %). Показники вмісту β -каротину підвищилися за рахунок того, що тварини, яким був введений тетравіт, вже відновили вміст вітаміну А в організмі, і бета-каротин, який надійшов з кормами, залишився в організмі в незмінному вигляді, а у тварин, яким не вводили тетравіт, бета-каротин трансформувався у вітамін А, тому ми і бачимо різницю вмісту β -каротину у сироватці крові I групи (контрольної) і II дослідної групи (тетравіт). У III дослідної групи, якій вводили експериментальний препарат, значне підвищення рівня бета-каротину можна пояснити тим, що наноалмази, що знаходяться у препараті, значно підвищують засвоюваність β -каротину з кормів, що надходять до організму.

* Науковий керівник – кандидат економічних наук В. А. Марченко.

© Руденко С. В., Ткачов А. В., Тришин О. К.,
Чигринов С. І., Марченко А. В., 2022

Решта досліджених біохімічних показників сироватки крові тварин усіх груп також знаходилися в межах референтних значень і змінювалися в різних ступенях після введення препаратів. Встановлено, що після отелення корови дослідної групи мали підвищений рівень каротину в крові ($1,045 \pm 0,031$ мг%), на 0,252 мг% вище, ніж до отелення. Через місяць після повторного введення препарату і два місяці від початку лактації рівень каротину у крові ще незначно знизився (0,092 мг%). Відповідно знизився і вміст вітаміну А.

Ключові слова: кролі, телиці, наноалмази детонаційного синтезу, бета-каротин, тетравіт, неспецифічна резистентність, біохімічні показники, альбуміни, глобуліни.

Yevhen Rudenko, Anatolii Tkachov, Olexii Tryshyn, Yevhen Chyhrynov, Valerii Marchenko

Institute of Animal Sciences of NAAS

Effectiveness of the usage of an experimental preparation for animals based on oil solutions of nanodiamonds of detonation synthesis, modified with β -carotene

The harmlessness of the experimental preparation for animal organism that based on oil solutions of nanodiamonds of detonation synthesis modified with β -carotene. Efficiency of the use of experimental preparation was determined in the conditions of physiology court of Institute of Animal Sciences of NAAS on crawls and SF of experience economy of "Gontarivka" of the Kharkiv area on the heifers of the Ukrainian black-white suckling breed of accidental age.

The better digestibility of this preparation administered intramuscularly in experimental rabbits was confirmed. These rabbits' growth, weight and body length have increased in comparison with the peers who received the drug subcutaneously. The experimental rabbits' motor activity did not differ within group selection and the pathological conditions were not detected.

A probable positive effect on increasing the level of β -carotene in experimental heifers' blood serum was fixed. Biochemical analysis of the experimental heifers' blood serum showed that the carotene content in the blood of heifers in the control group (saline solution) almost was not changing during the experiment. After injection of the experimental heifers of Tetravit the level of β -carotene in their blood serum increased by 102.8 mg% (20.9 %), while the level of carotene in the blood serum of heifers that were injected with the experimental preparation increased by 301.0 mg% (61.2 %). The indicators of the content of β -carotene increased due to the fact that the animals that were injected with Tetravit have already been restored the content of vitamin A in the body and beta-carotene, which came with feed, remained in the body in an unchanged form, while Beta-carotene was transformed into vitamin A in the animals that were not injected with Tetravit, so we see the difference in the content of β -carotene in the blood serum of the 1st group (control group) and the 2nd research group (Tetravit). A significant increase in the level of beta-carotene in the 3rd research group, that was administered the experimental drug, can be explained by the fact that the nanodiamonds contained in the preparation drug have increased the assimilation of β -carotene from the feed received by the body significantly. The rest of the studied

biochemical indicators of the animals' blood serum of all groups were also within the reference values and changed in different degrees after the injection of the preparations. It was found that after calving, the cows of the experimental group had an increased level of carotene in the blood (1.045 ± 0.031 mg%), 0.252 mg% higher than before calving. A month after re-introduction of the drug and two months after the beginning of lactation, the level of carotene in the blood decreased slightly (0.092 mg%). Accordingly, the content of vitamin A also decreased.

Keywords: rabbits, heifers, detonation synthesis Nanodiamonds, beta-carotene, Tetravit, non-specific resistance, biochemical indicators, albumins, globulins.

Вступ. Швидке посилення неспецифічної резистентності молочної худоби, підвищення антиоксидантних та детоксикаційних властивостей можливе шляхом застосування імуностимулюючих препаратів [7, 10, 16]. На етапі розвитку біотехнологій постійно відбувається пошук нових специфічних препаратів для тваринництва, що забезпечуватимуть ефективну профілактику і лікування порушень обміну речовин [6, 11, 13, 14, 22]. Перспективним напрямом є розробка імуностимулюючих препаратів, виготовлених на основі нанотехнологій [5, 9, 12, 13, 25, 31]. Втім, механізми їх дії на організм тварин залишаються малодослідженими, розвиток цього напрямку в Україні значно поступається світовому рівню. Це питання може бути вирішене завдяки розробкам у галузі нанотехнологій, які передбачають виробництво та використання як альтернативи органічним формам мікроелементів добавок у вигляді ультрадисперсних частинок металів [4, 8, 15, 26, 28]. Їхні переваги – екологічна безпека, економічна доцільність та ефективність. На цьому фоні вчені та практики все частіше звертають увагу на використання екологічно чистих препаратів, зокрема бета-каротину, значно поширеного в природі рослинного пігменту та попередника вітаміну А [17]. Як відомо, А-вітамінну поживність кормів для худоби нормують саме за бета-каротином [18]. Давно відома позитивна дія β -каротину на організм тварин як імуностимулюючої речовини [21, 25]. Вплив бета-каротину на функціональну активність імунокомпетентних клітин організму тварин ґрунтується на антиоксидантних властивостях цієї речовини. Він також впливає на життєздатність та запліднення яйцеклітин, підготовку слизової оболонки ендометрію до імплантації ембріона, тим самим знижуючи ембріональну смертність, та сприяє росту й розвитку плода [19].

Бета-каротин потрапляє до організму корів із рослинними кормами, але балансування раціонів за ним часто малоєфективне через те, що він є нестійкою сполукою, швидко окиснюється і руйнується

під дією світла, кисню повітря, термічної обробки, бродіння. Через це багато каротину втрачається у процесі збирання, приготування і зберігання кормів. Отже, впродовж зберігання сіна і силосу втрати каротину у них сягають відповідно 70 і 90 %. Крім того, зоохімічний аналіз кормів свідчить про значний дефіцит каротину у кормах і його низьку біологічну доступність [2]. Тому актуальним напрямом є розробка ін'єкційних форм каротиномістких препаратів, що дозволить вводити до організму потрібну кількість β -каротину [27].

У таких умовах одним з актуальних завдань є розробка засобів, що зміцнюють імунітет тварин. Швидке посилення неспецифічної резистентності худоби можливе шляхом застосування імуностимулюючих препаратів [20, 23, 24, 30].

Метою роботи було визначення ефективності препарату на основі олійних розчинів наноалмазів детонаційного синтезу, модифікованих β -каротином.

Матеріали і методи. Для реалізації поставлених завдань фахівці науково-виробничого підприємства "Synta" і Інституту тваринництва Національної академії аграрних наук України розробили експериментальний препарат для тваринництва на основі нафтових розчинів наноалмазів детонаційного синтезу, модифікованих бета-каротином. Розроблений препарат є розчином для введення, солом'яного кольору, в'язкої консистенції, із запахом рослинної олії. Можливі об'єкти для використання: кролики, свині, вівці, велика рогата худоба, коні, хутрові звірі, собаки тощо. Особливості застосування: температура розчину наближена до температури тіла тварин і становить 35–40 °С, консистенція однорідна.

Ефективність використання експериментального препарату визначали в умовах фізіологічного двору Інституту тваринництва НААН та ДП ДГ «Гонтарівка» Харківської області на кролях, а також телицях української чорно-рябої молочної породи парувального віку.

Завданням першого етапу досліджень було встановити нешкідливість і ефективність нового препарату шляхом різних способів його введення в організм кролів.

Відповідно до схеми (табл. 1) для першого експерименту було сформовано три групи кролів-самців у віці 45 діб: I група – контрольна, II і III – дослідні. Різниця між дослідними групами полягала в способі введення препарату: II група – підшкірно, III – внутрішньом'язово. Препарат вводили медичним шприцом, об'єм розчину – 1 мл. Інтервал часу між двома ін'єкціями становив 7 діб. Для експерименту використовували розчин, який наливали в чисту скляну

емність, герметично закривали гумовою пробкою з алюмінієвою обкаткою і стерилізували в автоклаві перед використанням.

1. Схема досліджу

Групи	Вік, діб	Спосіб введення препарату	Дозування і графік введення
I (контрольна)	45	–	–
II (дослідна)		підшкірно	1 мл один раз у 7 діб з повторенням курсу через 7 діб
III (дослідна)		внутрішньом'язово	

У ході експерименту здійснювали контроль за загальним станом піддослідних тварин. Зміни в розвитку визначали за результатами індивідуального зважування. За щоденними показниками живої маси було розраховано середньодобові і відносні прирости кролів.

На другому етапі досліджень у ДП ДГ «Гонтарівка» Харківської області було сформовано три групи по 20 гол. телиць-аналогів української чорно-рябої молочної породи одного віку за введенням препаратів: I – контрольна (фізіологічний розчин), II дослідна (тетравіт), III дослідна (експериментальний препарат – олійний розчин наноалмазів детонаційного синтезу, модифікований β -каротином). Усі препарати вводили у вигляді підігрітих до 30–35 °С розчинів у дозуванні по 20 мл/гол. внутрішньом'язово у термін 14–30 діб перед осіменінням.

У день введення препаратів і через 14 діб у телиць відбирали зразки крові для біохімічних досліджень адаптаційних властивостей. У сироватці крові визначали кількість еритроцитів та лейкоцитів, вміст гемоглобіну, білкових фракцій (альбумінів і глобулінів), глюкози, загального холестерину, каротину, а також активність лужної фосфатази, аспартатамінотрансферази, алананінамінотрансферази та їх співвідношення [29].

Експерименти виконано згідно із загальними принципами гуманного поводження з тваринами, що ухвалено на Першому національному конгресі з біоетики (м. Київ, 2001 р.), та узгоджено з положеннями Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментальної та іншої наукової мети (Страсбург, 1985 р.).

Біохімічні дослідження усіх зразків крові проводили в акредитованій лабораторії ВЛ ТОВ «СмартБіоЛаб».

Статистичний аналіз результатів досліджень здійснювали за допомогою програмного середовища Excel.

Результати та обговорення. Випробуванням експериментального препарату на кролях встановлено, що він може бути віднесений до нешкідливих, адже внаслідок його введення патологій та негативних змін не виявлено, на кінець досліду всі тварини, незалежно від групи, залишилися живими. За параметрами росту в усі періоди досліду молодняк III групи мав перевагу над ровесниками контрольної та II дослідної груп (табл. 2). Зокрема при другому введенні молодняк кролів III групи мав вищу живу масу порівняно з контрольною групою на 2,6 %, а з II дослідною групою – на 3,0 %. У кінці досліду тенденція щодо збільшення живої маси у них збереглася і знаходилася на рівні відповідно 1,9 і 1,7 %. Водночас у процесі росту підвищення середньодобового приросту живої маси молодняку проходило з більшою інтенсивністю: розбіжності на користь тварин III групи над контрольною групою становили 8,7, а з II дослідною групою – 6,5 %.

2. Динаміка живої маси піддослідного молодняку кролів

Показник	Групи		
	I контрольна	II дослідна	III дослідна
Жива маса на початку досліду, г	1972,50±75,65	1967,50±77,28	1981,25±113,33
Жива маса під час другого введення, г	2147,50±64,98	2137,50±78,49	2202,50±99,93
Жива маса в кінці досліду, г	2387,50±61,42	2391,25±83,43	2432,50±116,14
Абсолютний приріст, г	415,00	423,75	451,25
Середньодобовий приріст, г	29,6	30,2	32,2

Аналогічний процес спостерігали й за довжиною тулуба (табл. 3). Зокрема перевага молодняку III групи над контрольною групою становила 4,9 % та II групи – 2,8 %, за обхватом грудей за лопатками молодняк усіх груп не різнився.

3. Зміни екстер'єрних промірів піддослідного молодняку кролів

Показник	Групи		
	I контрольна	II дослідна	III дослідна
Довжина тулуба, см	48,50±0,65	49,50±0,84	50,88±1,26
Обхват грудей, см	29,50±0,65	29,25±0,63	29,50±0,96

Рухова активність піддослідних кролів знаходилася в межах добових коливань і мало відрізнялася у розрізі груп. Елементи поведінки були представлені іграми, активними пересуваннями по клітці, сном та кормовими реакціями. Під час введення препаратів молодняк поведився спокійно, погіршення апетиту, відмов від корму і води не спостерігали. Відразу після введення препаратів негативних реакцій з боку піддослідного молодняка не відзначали, а в місці проколу шкіри голкою не було помічено почервоніння та припухлості.

У досліді на телицях після введення експериментального препарату проводили клінічний огляд тварин, видимих патологій не виявлено.

Біохімічний аналіз показав (табл. 4, 5), що фонові показники вмісту β -каротину у сироватці крові всіх груп телиць були в діапазоні 0,490–0,493 мг%. Вміст каротину у крові телиць контрольної групи (фізіологічний розчин) практично не змінювався впродовж досліду. У сироватці крові тварин дослідної групи (тетравіт) рівень β -каротину підвищився на 102,8 мг% (20,9 %), а у сироватці крові телиць, яким вводили експериментальний препарат, рівень каротину підвищився на 301,0 мг% (61,2 %). Показники вмісту β -каротину підвищилися за рахунок того, що тварини, яким було введено тетравіт, вже відновили вміст вітаміну А в організмі, і бета-каротин, який надійшов з кормами, залишився в організмі в незмінному вигляді, а у тварин, яким не вводили тетравіт, бета-каротин трансформувалася у вітамін А, тому ми і бачимо різницю вмісту β -каротину у сироватці крові I групи (контрольної) і II дослідної групи (тетравіт). У III дослідної групи, якій вводили експериментальний препарат, значне підвищення рівня бета-каротину можна пояснити тим, що наноалмази, що знаходяться у препараті, значно підвищують засвоюваність β -каротину з кормів, що надходять до організму.

Решта досліджених біохімічних показників сироватки крові тварин усіх груп також знаходилися в межах референтних значень і змінювалися в різних ступенях після введення препаратів. Кількісні характеристики біохімічних показників крові великої рогатої худоби залежать від різноманітних факторів [1]. Так, відомо, що концентрація загального протеїну і залишкового азоту у сироватці крові більш високопродуктивних тварин вища ніж у менш продуктивних. Показник загального протеїну варіює залежно від різних видів і порід тварин, їх віку і статі [32]. Також біохімічні показники крові залежать від фізіологічного стану тварин, наприклад, наприкінці вагітності у сироватці крові підвищується концентрація імуноглобулінів, що пов'язане із подальшим їх вмістом у молозиві [33].

4. Результати біохімічних досліджень зразків сироватки крові дослідних телиць

Біохімічний показник	Групи тварин						Референтні значення
	I (контрольна)		II (дослідна)		III (дослідна)		
	перед дослідом (n=10)	після досліду (n=5)	перед дослідом (n=10)	після досліду (n=5)	перед дослідом (n=10)	після досліду (n=5)	
β-каротин, мкг%	490,0±7,977	494,2±9,107	523,0±8,471	595,8±11,719**	538,1±8,437	793,0±18,371***	450–2000
Загальний білок, г/л	65,554±0,534	66,484±0,591	66,482±0,832	68,396±0,601	66,905±0,703	69,488±0,670*	59–85
Альбуміни, г/л	31,824±0,455	32,142±0,412	31,502±0,319	32,586±0,352	31,334±0,547	32,608±0,799	27–43
Альбуміни, %	48,571±0,781	48,352±0,590	47,404±0,292	47,644±0,295	46,831±0,613	46,922±1,012	38–50
α-глобуліни, %	12,061±0,368	12,056±0,647	12,842±0,771	13,102±0,376	14,441±0,622	13,536±0,489	10–20
β-глобуліни, %	10,824±0,308	11,362±0,247	10,543±0,415	11,374±0,313	10,448±0,389	11,328±0,229	8–16
γ-глобуліни, %	28,544±0,422	28,230±0,360	29,211±0,671	27,880±0,433	28,280±0,300	28,214±0,443	25–40
Білковий коефіцієнт (А/Л), од.	0,947±0,032	0,936±0,022	0,902±0,010	0,910±0,010	0,882±0,021	0,888±0,034	0,6–1,1

Примітка: * P>0,95, ** P>0,99, *** P>0,999.

5. Результати біохімічних досліджень зразків сироватки крові дослідних телиць

Біохімічний показник	Групи тварин						Референтні значення
	I (контрольна)		II (дослідна)		III (дослідна)		
	перед дослідом (n=10)	після досліду (n=5)	перед дослідом (n=10)	після досліду (n=5)	перед дослідом (n=10)	після досліду (n=5)	
Сечовина, ммоль/л	3,807±0,074	3,954±0,071	3,948±0,134	4,018±0,100	4,069±0,108	4,318±0,104	3,30–6,70
АСТ, од./л	71,942±2,761	74,558±3,527	74,572±3,315	71,454±1,572	73,392±2,812	72,562±2,091	48–108
АЛТ, од./л	25,833±1,021	27,226±1,662	27,425±0,637	27,256±0,945	24,618±1,030	25,520±1,299	17–40
(АСТ/АЛТ)	2,808±0,120	2,766±0,168	2,735±0,135	2,628±0,074	2,952±0,063	2,864±0,121	1,0–3,4
Лужна фосфатаза, од.	69,831±2,746	76,714±2,795	67,315±3,631	81,540±1,995**	57,913±2,790	71,478±3,365**	29–99
Глюкоза, ммоль/л	2,612±0,050	2,654±0,089	2,634±0,097	2,786±0,106	2,764±0,047	2,912±0,068*	2,2–3,5
Загальний холестерол, ммоль/л	3,528±0,101	3,644±0,249	3,413±0,204	3,654±0,348	3,244±0,201	3,802±0,162*	2,3–6,6

Примітка: * P>0,95, ** P>0,99, *** P>0,999.

Білкова картина крові значно змінюється під впливом умов годівлі та утримання, так, біохімічні показники залежать від сезону року (і зміни складу кормів у раціонах) – влітку у крові вища концентрація каротину та інших вітамінів, лужний резерв, вміст кальцію і фосфору порівняно із зимовим періодом [34].

У нашому досліді ми спостерігали вірогідне ($P > 0,95$) збільшення вмісту загального білка у сироватці крові телиць після введення експериментального препарату і підвищення (з невисокою вірогідністю, $P > 0,90$) – після введення тетравіту. Водночас рівень загального білка у сироватці крові тварин III дослідної групи після введення препарату був вищим, ніж у телиць інших груп, що свідчить про більш інтенсивну продукцію імунних глобулінів. Підвищення рівня загального білка в усіх групах можна пояснити тим, що тварини отримували більше концентрованих кормів у зв'язку з початком осіменіння.

Рівень альбумінів підвищувався у телиць усіх груп після досліді. Білковий коефіцієнт (А/Г) майже не змінювався у тварин усіх груп. Збільшення глобулінової фракції білка у телиць дослідної групи відбулося за рахунок α -глобулінів.

Рівень сечовини (маркер зниження клубкової фільтрації) у сироватці крові усіх груп тварин невірогідно підвищувався пропорційно до вмісту загального білка: у I контрольній групі – на 0,147 ммоль/л, у II дослідній – на 0,070 ммоль/л, у III дослідній – на 0,249 ммоль/л. Втім, в усіх групах вміст сечовини знаходився у межах фізіологічних коливань.

Децю знижувався (невірогідно) після введення обох вітамінних препаратів вміст АСТ (відповідно на 3,118 та 0,830 од./л). Співвідношення АСТ/АЛТ зменшувалося невірогідно у контрольній групі на 0,042 од., у II дослідній – на 0,107 од. і у III дослідній – на 0,088 од. З невисоким ступенем вірогідності ($P > 0,90$) збільшувався вміст АЛТ у контрольній групі (на 1,393 од./л) і III дослідної групи (на 0,902 од./л), у другої дослідної групи незначно зменшувався (на 0,169 од./л).

Високе вірогідне підвищення встановлено між вмістом лужної фосфатази у телиць II і III дослідних груп після введення препаратів – відповідно на 21,1 та 23,4 %.

Рівень глюкози після введення експериментального препарату підвищувався у тварин контрольної групи на 0,042 ммоль/л, II дослідної групи – на 0,152 ммоль/л, у III дослідної – на 0,148 ммоль/л.

Спостерігали тенденцію до підвищення вмісту в сироватці крові загального холестеролу: у телиць контрольної групи він збільшився на

0,116 ммоль/л, у II дослідної групи – на 0,241 ммоль/л і в III дослідної групи найбільше – на 0,558 ммоль/л.

У наступному досліді було відібрано 15 первісток з II дослідної групи, яким у термін не більше 7 діб після отелення вводили по 20 мл/гол. експериментального препарату і через 30 діб робили повторну ін'єкцію. Перед кожною ін'єкцією та через місяць після другої ін'єкції у дослідних корів відбирали зразки крові для біохімічних досліджень.

Встановлено, що після отелення корови дослідної групи мали підвищений рівень каротину в крові ($1,045 \pm 0,031$ мг%), на 0,252 мг% вище, ніж до отелення. Перед повторним введенням препарату вміст каротину був нижчим, що може бути пов'язаним із початком лактації і витратами каротину на утворення молока. Через місяць після повторного введення препарату і два місяці від початку лактації рівень каротину у крові ще незначно знизився (0,092 мг%). Відповідно знизився і вміст вітаміну А. Втім, рівень каротину у корів у цей період був значно вищим, ніж до отелення.

Після першого і повторного введення препарату помітно знизився вміст загального білка, що свідчить про стабілізацію організму. Рівень альбумінів збільшувався з кожною ін'єкцією, глобулінів – дещо знижувався. Вірогідно підвищився білковий коефіцієнт. Значно збільшився вміст сечовини у крові і відповідно – азоту сечовини, що свідчить про високий рівень засвоювання білка корму. Рівень АсАТ, АлАТ і співвідношення після повторної ін'єкції знижувалися. Вміст лужної фосфатази після першої ін'єкції зростав, після повторної знижувався. Рівень креатиніну знижувався після кожного ведення препарату відповідно на 5,992 і 5,042 мкмоль/л. Зниження вмісту вітаміну Е у сироватці крові може бути пов'язане із гормональною перебудовою організму на другому місяці лактації. Отже, більшість біохімічних показників свідчить про стабілізацію білкового і вуглеводного обміну у корів-первісток після введення експериментального препарату.

Таким чином, олійний розчин наноалмазів детонаційного синтезу, модифікований β -каротином, значно підвищує засвоюваність β -каротину з кормів, що надходять. Розроблений препарат підвищує рівень каротину в сироватці крові телиць молочного напрямку продуктивності парувального віку і може використовуватися для підвищення імунітету.

Висновки

У дослідях на лабораторних тваринах (кролях) встановлено, що експериментальний препарат на основі олійних розчинів наноалмазів

детонаційного синтезу, модифікованих β -каротином, може бути визнано нешкідливим відповідно до класифікації безпеки для їхнього організму.

Доведено перспективність застосування та позитивний вплив розробленого препарату на ріст та розвиток піддослідних кролів. Введення препарату різними способами (внутрішньом'язово та підшкірно) не мало суттєвої різниці, але показники розвитку, властиві молодим кролям, внаслідок внутрішньом'язового введення препарату були дещо вищими.

Одноразове введення експериментального препарату 12-місячним телицям викликало зміну біохімічних показників сироватки крові, більшість із яких свідчить про стабілізацію білкового і вуглеводного обміну у корів-первісток. Зокрема спостерігали достовірне підвищення рівня загального білка у сироватці крові, лужної фосфатази та каротину. З невисоким ступенем достовірності підвищувався вміст АЛТ, глюкози та загального холестеролу після введення експериментального препарату. Рівень креатиніну знижувався після кожного ведення препарату відповідно на 5,992 і 5,042 мкмоль/л. Усі досліджені біохімічні показники сироватки крові дослідних тварин перебували в межах референтних значень, проте введення експериментального препарату викликало більші зміни, ніж введення тетравіту. Після отелення корови дослідної групи мали підвищений рівень каротину в крові ($1,045 \pm 0,031$ мг%), на 0,252 мг% вище, ніж до отелення. Перед повторним введенням препарату рівень каротину був нижчим, що може бути пов'язаним із початком лактації і витратами каротину на утворення молока.

Олійний розчин наноалмазів детонаційного синтезу, модифікований β -каротином, значно підвищує засвоюваність β -каротину з кормів, що надходять. Розроблений препарат підвищує рівень каротину в сироватці крові телиць молочного напряму продуктивності парувального віку і може використовуватися для підвищення імунітету.

Список використаної літератури

1. Бажибіна О. Б. Методичний підхід до інтерпретації результатів біохімічних досліджень. *Ветеринарний журнал: Дрібні домашні та дикі тварини*. 2012. № 2. С. 8–4.
2. Ветеринарна клінічна біохімія : підручник / за ред. В. І. Левченка і В. В. Влізла. Біла Церква, 2019. 415 с.
3. Жиророзчинні вітаміни у ветеринарній медицині та тваринництві :

References

1. Bazhybina O. B. Methodical approach to the interpretation of biochemical research results. *Veternarnyi zhurnal: Dribni domashni ta dyki tvaruny*. 2012. No 2. P. 8–4.
2. Veterinary clinical biochemistry : pidruchnyk / za red. V. I. Levchenka i V. V. Vlizla. Bila Tserkva, 2019. 415 p.
3. Fat-soluble vitamins in veterinary medicine and animal husbandry : monohrafiia / V. V. Vlizlo et al. Lviv, 2015. 436 p.

монографія / В. В. Влізла та ін. Львів, 2015. 436 с.

4. Застосування нанобіоматеріалів у ветеринарній репродуктології / П. М. Склярів та ін. *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології*. 2021. Т. 19, № 2. С. 445–473.

5. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / В. В. Влізла та ін. ; за ред. В. В. Влізла. Львів, 2012. 759 с.

6. Ткачов А. В. Перспективи використання нанотехнологій у тваринництві. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Технічні науки : зб. / Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва імені П. Василенка. 2020. Вип. 209 (Інноваційне, технічне та технологічне забезпечення галузі тваринництва). С. 91–92.

7. Шевченко В. І. Клініко-біохімічний та імунний стан телят раннього віку. *Ветеринарна медицина* : міжвід. темат. наук. зб. 1995. Вип. 70. С. 75.

8. Adeyeye S. A. O. Food packaging and nanotechnology: safeguarding consumer health and safety. *Nutrition & Food Science*. 2019. Vol. 49, No. 6. P. 1164–1179. DOI: 10.1108/NFS-01-2019-0020.

9. Advances in Particle Shape Engineering for Improved Drug Delivery / Y. Yang et al. *Drug Discov. Today*. 2019. Vol. 24. P. 575–583. DOI: 10.1016/j.drudis.2018.10.006.

10. Applications, Challenges, and Strategies in the Use of Nanoparticles as Feed Additives in Equine Nutrition / P. R. K. Reddy et al. *Vet. World*. 2020. Vol. 13. P. 1685–1696. DOI: 10.14202/vetworld.2020.1685-1696.

11. Concentration and heritability of immunoglobulin G and natural antibody immunoglobulin M in dairy and beef colostrum along with serum total protein in their calves / T. E. Altwater-Hughes et al. *J. Anim. Sci.* 2022. Vol. 100, Issue 2. P. 1–9. DOI: 10.1093/jas/skac006.

12. Detail Review on Chemical, Physical and Green Synthesis, Classification, Characterizations and Applications of Nanoparticles / I. Ijaz et al. *Green Chem.*

4. Application of nanobiomaterials in veterinary reproductive / P. M. Skliariv et al. *Nanosystemy, nanomaterialy, nanotekhnologii*. 2021. Vol. 19, No 2. P. 445–473.

5. Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine : dovidnyk / V. V. Vlizlo et al. ; za red. V. V. Vlizla. Lviv, 2012. 759 p.

6. Tkachov A. V. Perspective for the use of nanotechnology in animal husbandry. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka*. Tekhnichni nauky : zb. / Kharkiv. nats. tekhn. un-t sil. hosp-va imeni P. Vasylenka. 2020. Issue 209 (Innovatsiine, tekhnichne ta tekhnolohichne zabezpechennia haluzi tvarynnystva). P. 91–92.

7. Shevchenko V. I. Clinical-biochemical and immune status of early age calves. *Veterynarna medytsyna* : mizhvid. temat. nauk. zb. 1995. Issue 70. P. 75.

8. Adeyeye S. A. O. Food packaging and nanotechnology: safeguarding consumer health and safety. *Nutrition & Food Science*. 2019. Vol. 49, No. 6. P. 1164–1179. DOI: 10.1108/NFS-01-2019-0020.

9. Advances in Particle Shape Engineering for Improved Drug Delivery / Y. Yang et al. *Drug Discov. Today*. 2019. Vol. 24. P. 575–583. DOI: 10.1016/j.drudis.2018.10.006.

10. Applications, Challenges, and Strategies in the Use of Nanoparticles as Feed Additives in Equine Nutrition / P. R. K. Reddy et al. *Vet. World*. 2020. Vol. 13. P. 1685–1696. DOI: 10.14202/vetworld.2020.1685-1696.

11. Concentration and heritability of immunoglobulin G and natural antibody immunoglobulin M in dairy and beef colostrum along with serum total protein in their calves / T. E. Altwater-Hughes et al. *J. Anim. Sci.* 2022. Vol. 100, Issue 2. P. 1–9. DOI: 10.1093/jas/skac006.

12. Detail Review on Chemical, Physical and Green Synthesis, Classification, Characterizations and Applications of Nanoparticles / I. Ijaz et al. *Green Chem.* 2020. Vol. 13. P. 223–245. DOI: 10.1080/17518253.2020.1802517.

2020. Vol. 13. P. 223–245. DOI: 10.1080/17518253.2020.1802517.
13. Exploration of the Natural Active SmallMolecule Drug-Loading Process and Highly Efficient Synergistic Antitumor Efficacy / J. Wang et al. *ACS Appl. Mat. Interfaces*. 2020. № 12. P. 6827–6839. DOI: 10.1021/acsami.9b18443.
14. Fate of biodegradable engineered nanoparticles used in veterinary medicine as delivery systems from a one health perspective / C. Cerbu et al. *Molecules*. 2021. Vol. 26. P. 523. DOI: 10.3390/molecules26030523.
15. Fatima F., Siddiqui S., Khan W. A. Nanoparticles as Novel Emerging Therapeutic Antibacterial Agents in the Antibiotics Resistant Era. *Biological trace element research*. 2021. 199. P. 2552–2564. DOI: 10.1007/s12011-020-02394-3.
16. Fesseha H., Degu T., Getachew Y. Nanotechnology and its application in animal production: A review. *Vet. Med. Open J*. 2020. № 5 (2). P. 43–50. DOI: 10.17140/VMOJ-5-148.
17. Gerloff B. J. Dry cow management for the prevention of ketosis and fatty liver in dairy cows. *The Veterinary clinics of North America*. 2000. Vol. 16. P. 283–292.
18. Hashem N. M., Gonzalez-Bulnes A. Nanotechnology and Reproductive Management of Farm Animals: Challenges and Advances. *Animals*. 2021. Vol. 11. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11071932>.
19. Hill E. K., Li J. Current and future prospects for nanotechnology in animal production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2017. 8, 26. P. 1–13. DOI: 10.1186/s40104-017-0157-5.
20. Kingshuk Poddar, Anyam Kishore. Emerging Issues in Climate Smart Livestock Production. Chapter Seven – Nanotechnology in animal production. *Biological Tools and Techniques*. 2022. P. 149–170. DOI: 10.1016/B978-0-12-822265-2.00009-0.
21. Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Koshchaev A. G. Influence of the carotenoid-based preparations on the metabolic and antioxidant protection of the cows' body. *Advances in Agricultural and Biological Sciences*. 2015. V. 1, № 3. P. 33–40.
22. Lu S., Li L. Carotenoid metabolism: biosynthesis, regulation and beyond. *Journal*
13. Exploration of the Natural Active SmallMolecule Drug-Loading Process and Highly Efficient Synergistic Antitumor Efficacy / J. Wang et al. *ACS Appl. Mat. Interfaces*. 2020. No 12. P. 6827–6839. DOI: 10.1021/acsami.9b18443.
14. Fate of biodegradable engineered nanoparticles used in veterinary medicine as delivery systems from a one health perspective / C. Cerbu et al. *Molecules*. 2021. Vol. 26. P. 523. DOI: 10.3390/molecules26030523.
15. Fatima F., Siddiqui S., Khan W. A. Nanoparticles as Novel Emerging Therapeutic Antibacterial Agents in the Antibiotics Resistant Era. *Biological trace element research*. 2021. 199. P. 2552–2564. DOI: 10.1007/s12011-020-02394-3.
16. Fesseha H., Degu T., Getachew Y. Nanotechnology and its application in animal production: A review. *Vet. Med. Open J*. 2020. No 5 (2). P. 43–50. DOI: 10.17140/VMOJ-5-148.
17. Gerloff B. J. Dry cow management for the prevention of ketosis and fatty liver in dairy cows. *The Veterinary clinics of North America*. 2000. Vol. 16. P. 283–292.
18. Hashem N. M., Gonzalez-Bulnes A. Nanotechnology and Reproductive Management of Farm Animals: Challenges and Advances. *Animals*. 2021. Vol. 11. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11071932>.
19. Hill E. K., Li J. Current and future prospects for nanotechnology in animal production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2017. 8, 26. P. 1–13. DOI: 10.1186/s40104-017-0157-5.
20. Kingshuk Poddar, Anyam Kishore. Emerging Issues in Climate Smart Livestock Production. Chapter Seven – Nanotechnology in animal production. *Biological Tools and Techniques*. 2022. P. 149–170. DOI: 10.1016/B978-0-12-822265-2.00009-0.
21. Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Koshchaev A. G. Influence of the carotenoid-based preparations on the metabolic and antioxidant protection of the cows' body. *Advances in Agricultural and Biological Sciences*. 2015. Vol. 1, No 3. P. 33–40.
22. Lu S., Li L. Carotenoid metabolism: biosynthesis, regulation and beyond. *Journal*

22. Lu S., Li L. Carotenoid metabolism: biosynthesis, regulation and beyond. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2008. № 50. P. 778–785.
23. Mechanical Characterization for Cellular Mechanobiology: Current Trends and Future Prospects / B. N. Narasimhan et al. *Bioeng. Biotechnol.* 2020. № 8. P. 595–978. DOI: 10.3389/fbioe.2020.595978.
24. Mekonnen G. Review on Application of Nanotechnology in Animal Health and Production. *Journal of Nanomedicine & Nanotechnology*. 2021. Vol. 12, Iss. 2, No 559. P. 1–7. DOI: 10.35248/2157-7439.21.12.559.
25. Nanotechnologies. 2006. URL: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/nanotechnologies/1-3/1-introduction.htm (last accessed: 05.12.2022).
26. Nanotechnology and nano-propolis in animal production and health: an overview / Pinar Tatli Seven et al. *Italian Journal of Animal Science*. 2018. № 17 (4). P. 921–930. DOI: 10.1080/1828051X.2018.1448726.
27. Raila J., Francis E., Ralf M. Determinations of β -carotene in whole blood of cattle: Comparison of a new cow-side assay with HPLC. *Brief communication*. BioAnalyte GmbH, Teltow, Germany, 2011.
28. Role of nanotechnology in animal production and veterinary medicine /Ahmad Ali et al. *Tropical Animal Health and Production*. 2021. Vol. 53. P. 508. DOI: 10.1007/s11250-021-02951-5.
29. Seasonal variations of some blood parameters in cow / G. Mazzullo et al. *Large Animal Review*. 2014. № 20. P. 81–84.
30. The use of citrate trace elements in animal nutrition / R. Ya. Iskra et al. Lviv, 2015. 30 p.
31. Tkachov A. V. Effectiveness of the Preparation for Animals Based on Oil Solutions of Nanodiamonds. *Proceedings of the International Forum on Climate Change and Sustainable Development: New Challenges of the Century*, Mykolaiv, September, 9–11, 2021. Mykolaiv : PMBSNU, 2021. P. 83.
32. Vasilyeva S. V., Konopatov Yu. V. Clinical biochemistry of cattle : textbook. 2 edition. St-Ptb. : Lan', 2017. 188 p.
33. Wang Y., Cai R., Chen C. The Nano-Bio Interactions of Nanomedicines: *of Integrative Plant Biology*. 2008. No 50. P. 778–785.
23. Mechanical Characterization for Cellular Mechanobiology: Current Trends and Future Prospects / B. N. Narasimhan et al. *Bioeng. Biotechnol.* 2020. No 8. P. 595–978. DOI: 10.3389/fbioe.2020.595978.
24. Mekonnen G. Review on Application of Nanotechnology in Animal Health and Production. *Journal of Nanomedicine & Nanotechnology*. 2021. Vol. 12, Iss. 2, No 559. P. 1–7. DOI: 10.35248/2157-7439.21.12.559.
25. Nanotechnologies. 2006. URL: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/nanotechnologies/1-3/1-introduction.htm (last accessed: 05.12.2022).
26. Nanotechnology and nano-propolis in animal production and health: an overview / Pinar Tatli Seven et al. *Italian Journal of Animal Science*. 2018. No 17 (4). P. 921–930. DOI: 10.1080/1828051X.2018.1448726.
27. Raila J., Francis E., Ralf M. Determinations of β -carotene in whole blood of cattle: Comparison of a new cow-side assay with HPLC. *Brief communication*. BioAnalyte GmbH, Teltow, Germany, 2011.
28. Role of nanotechnology in animal production and veterinary medicine /Ahmad Ali et al. *Tropical Animal Health and Production*. 2021. Vol. 53. P. 508. DOI: 10.1007/s11250-021-02951-5.
29. Seasonal variations of some blood parameters in cow / G. Mazzullo et al. *Large Animal Review*. 2014. No 20. P. 81–84.
30. The use of citrate trace elements in animal nutrition / R. Ya. Iskra et al. Lviv, 2015. 30 p.
31. Tkachov A. V. Effectiveness of the Preparation for Animals Based on Oil Solutions of Nanodiamonds. *Proceedings of the International Forum on Climate Change and Sustainable Development: New Challenges of the Century*, Mykolaiv, September, 9–11, 2021. Mykolaiv : PMBSNU, 2021. P. 83.
32. Vasilyeva S. V., Konopatov Yu. V. Clinical biochemistry of cattle : textbook. 2 edition. St-Ptb. : Lan', 2017. 188 p.
33. Wang Y., Cai R., Chen C. The Nano-Bio Interactions of Nanomedicines:

33. Wang Y., Cai R., Chen C. The Nano-Bio Interactions of Nanomedicines: Understanding the Biochemical Driving Forces and Redox Reactions. *Acc. Chem. Res.* 2019. Vol. 52. P. 1507–1518. DOI: 10.1021/acs.accounts.9b00126.
34. Zinc Nanomaterials: Toxicological Effects and Veterinary Applications / A. A. Hassan et al. *Zinc-Based Nanostructures Environ. Agric. Appl.* 2021. P. 509–541. DOI: 10.1016/b978-0-12-822836-4.00019-7.
- Understanding the Biochemical Driving Forces and Redox Reactions. *Acc. Chem. Res.* 2019. Vol. 52. P. 1507–1518. DOI: 10.1021/acs.accounts.9b00126.
34. Zinc Nanomaterials: Toxicological Effects and Veterinary Applications / A. A. Hassan et al. *Zinc-Based Nanostructures Environ. Agric. Appl.* 2021. P. 509–541. DOI: 10.1016/b978-0-12-822836-4.00019-7.

Отримано 7 листопада 2022 р.
Погоджено до друку 26 грудня 2022 р.

Наукове видання

**ПЕРЕДГІРНЕ ТА ГІРСЬКЕ
ЗЕМЛЕРОБСТВО І ТВАРИННИЦТВО**

Міжвідомчий тематичний науковий збірник

Заснований у 1967 р.

Випуск 72

Частина 2

Реєстраційне свідоцтво

№ 24025-13865 Р

від 05.07.2019.

За достовірність поданих матеріалів відповідальність несуть автори.
Статті друкуються в авторській редакції з мінімальною технічною правкою.

Переклад *А. В. Шелевач*

Формат 30x42/4. Умовн. друк. арк. 11,78. Тираж 100 прим.

Видавець і виготовлювач

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН,
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Львівського р-ну Львівської обл., 81115

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 7457 від 28.09.2021 р.

inagrokarpat@isgkr.com.ua

www.isgkr.com.ua

