

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 70

Частина 2

Львів-Оброшине 2021

УДК 631.636

Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2021. Вип. 70 (2)

ISSN 0130-8521

*Рекомендовано до друку вченою радою Інституту сільського господарства
Карпатського регіону НААН, протокол № 8 від 2 листопада 2021 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

Каплінський В. В., Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, Україна

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

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

Лихочвор В. В., Львівський національний аграрний університет, 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

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

Шувар І. А., Львівський національний аграрний університет, 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, 2021

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 70

Issue 2

Lviv-Obroshyne 2021

UDC 631.636

Foothill and mountain agriculture and stockbreeding. 2021. V. 70 (2)

ISSN 0130-8521

Recommended for printing by Academic council of the Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS, protocol No. 8, dated November 2, 2021.

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

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

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

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

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

Darmohrai 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

Kaplynskyi V. 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 Agrarian University, Ukraine

Lykhochvor V. V., Lviv National Agrarian University, 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

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

Shuvar I. A., Lviv National Agrarian University, 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, 2021

ЗМІСТ**CONTENT****ЗЕМЛЕРОБСТВО І
РОСЛИННИЦТВО****AGRICULTURE
AND PLANT GROWING**

*Герешко Г. С., Волощук І. С.,
Волощук О. П., Глива В. В.,
Білоніжска Х. В.*

Редька олійна –

цінна культура широкого

спектру використання..... 8

Hereszko H. S.,

Voloshchuk I. S.,

Voloshchuk O. P., Hlyva V. V.,

Bilonizhka Kh. V.

Oilseed radish – valuable crop

.....of a wide range use

Качмар О. Й., Вавринович О. В.,

Щерба М. М., Саверин І. В.,

Таравська О. В.,

Вовк А. І., Котик З. О.

Вплив систем обробітку

грунту й удобрення

на поживний режим

сірого лісового ґрунту

і продуктивність

короткоротаційної сівозміни..... 18

Kachmar O. Y.,

Vavrynovych O. V.,

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

Taravska O. V., Vovk A. I.,

Kotyk Z. O. Influence of soil

treatment and fertilization

systems on the nutritional

regime of gray forest soil and

productivity of short-

.....rotation cultivation

Марцінко Т. І., Дзюбайло А. Г.,

Карасевич Н. В.

Формування сіяних сумішей

лучних трав під впливом

мінерального удобрення..... 36

Martsinko T. I., Dziubailo A. H.,

Karasevych N. V. Formation

of sowed mixtures of meadow

grasses under the influence

.....of mineral fertilizer

Случак О. М., Волощук О. П.,

Волощук І. С., Глива В. В.,

Волощук М. Ю. Сучасний стан

виробництва гірчиці білої та її

народногосподарське значення.... 49

Sluchak O. M., Voloshchuk O. P.,

Voloshchuk I. S., Hlyva V. V.,

Voloshchuk M. Yu. Current state

of white mustard production

.....and its national value

Сніжжук О. В. Ефективність

системи захисту та обробітку

грунту проти шкідливих

організмів у посівах

кукурудзи на зерно..... 60

Snizhok O. V. Efficiency

of the protection system and

treatment of the soil against

harmful organisms in the maize

.....crops for grain

<i>Тимчишин О. Ф., Рудавська Н. М., Беген Л. Л.</i> Перспективи вирощування соняшнику та вплив густоти стояння рослин на їх продуктивність.....	73	<i>Tymchyshyn O. F., Rudavska N. M., Behen L. L.</i> Prospects of sunflower growing and the influence of plant densityon productivity
<i>Ткачук Н. Л.</i> Динаміка біометричних показників рослин верби енергетичної залежно від густоти насадження і фону живлення.....	84	<i>Tkachuk N. L.</i> Dynamics of biometric indicators of energy willow plants depending on planting densityand feeding background
<i>Дикий О. М.</i> Теоретичні основи мінерального живлення гречки....	95	<i>Dykyi O. M.</i> Theoretical fundamentals of buckwheat'smineral nutrition
<i>Дубицький О. Л., Качмар О. Й., Дубицька А.О., Вавринович О. В., Щерба М. М.</i> Динаміка фізико-хімічних властивостей та вміст мікроелементів у ґрунті під пшеницею озимою за екологізованих систем удобрення.....	109	<i>Dubytskyi O. L., Kachmar O. Y., Dubytska A.O., Vavrynovych O. V., Shcherba M. M.</i> Dynamics of physicochemical properties and content of trace elements in the soil under winter wheat by ecologizedfertilization systems

ТВАРИННИЦТВО

STOCKBREEDING

<i>Дмитроца А. І.</i> Метаболічні процеси в організмі свиней та їх продуктивність залежно від мікроклімату приміщень.....	124	<i>Dmytrotso A. I.</i> Metabolic processes in pigs and their productivity depending on themicroclimate of the premises
<i>Тесак Г. В., Пундик В. П.</i> Адаптаційна здатність і репродуктивні якості свиноматок та показники їх крові за утримання у станках з удосконаленими елементами.....	138	<i>Tesak H. V., Pundyk V. P.</i> Adaptability and reproductive qualities of sows and indicators of their blood by keeping in machines with advancedelements

<i>Шелевач А. В., Рівіс Й. Ф.</i> Обмін протеїну і азотових сполук в організмі бугайців за згодовування клітковинового корму.....	149	<i>Shelevach A. V., Rivis Y. F.</i> Exchange of protein and nitrogen compounds in the bulls when feeding cellulose-contained feed
<i>Бориц О. О., Рубан С. Ю., Бориц О. В.</i> Вплив утеплення корівників на показники мікроклімату у зимовий період.....	160	<i>Borshch O. O., Ruban S. Yu., Borshch O. V.</i> Influence of cowsheds insulation on indicators of microclimate in the winter period
<i>Волович В. М.</i> Сироваткові інгредієнти крові та продуктивні якості гусей за оптимізації рівня триптофану в раціоні у період інтенсивної яйцекладки.....	172	<i>Volovych V. M.</i> Blood serum ingredients and productive qualities of geese by triptophane level optimization in the diet during the period of intensive egg laying

ЗЕМЛЕРОБСТВО І РОСЛИННИЦТВО

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-1

UDC 633.85:631.526.3

H. S. HERESHKO, scientist

I. S. VOLOSHCHUK, O. P. VOLOSHCHUK, doctors of agricultural sciences

V. V. HLYVA, candidate of agricultural sciences

Kh. V. BILONIZHKA, scientist

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

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

81115, e-mail: olexandravoloschuk53@gmail.com

OILSEED RADISH – VALUABLE CROP OF A WIDE RANGE USE

The article highlights the national economic significance of the oilseed radish culture (*Raphanus sativum d. Var. Oleifera Metrg.*) in various industries: animal husbandry, plant growing, beekeeping, medicine, cosmetics, food and technical industry. The biological characteristics of a culture rich in vitamins, macro- and microelements are described. 100 kg of green mass of oil radish contains 12–16 feed units, 12–14 % dry matter, 26–29 % crude protein, mineral compounds (sulfur, phosphorus, calcium, carotene). Post-harvest crops form up to 30 t/ha of high-protein mass, which is fed to all types of animals and poultry in mixtures with cereals – oats, corn, Sudanese grass. It is an excellent green manure for improving physical properties of the soil, reducing disease damage, which has a positive effect on the productivity of subsequent crops.

The oil radish is a well-known cruciferous plant. It is a valuable organic fertilizer with unique properties. Helps prevent soil depletion after crops that extract useful components in their development. Natural fertilizers from green manure – annual crops sown to improve the soil – are becoming more widespread. And not only among gardeners and owners of small and medium-sized farms, but also in agricultural holdings, that is, in those who position their products as "environmentally friendly". At least for the reason that chemically synthesized nitrogen fertilizers are not used in the cultivation of products, preferring to obtain them from green manure. A worthy and unpretentious representative of which, olive radish, occupies a significant place among green manure crops.

The introduction of ecologically compliant, high-yielding varieties contributes to an increase in the areas of oil radish sowing. Recommended new varieties are included in the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine in 2021.

The main problems in the technology of growing oil radish with the aim of increasing seed and fodder productivity have been identified. It is indicated that

© Hereshko H. S., Voloshchuk I. S.,
Voloshchuk O. P., Hlyva V. V.,
Bilonizhka Kh. V., 2021

oilseed radish does not require special costs and complex cultivation technology. The best predecessors for it are: winter wheat, winter barley, corn, cereal-legume mixtures for grain, vegetables and intermediate cultures. You cannot sow it after cabbage crops. Depending on the use, this crop can be sown early and late at different seeding rates and a system of basic and additional fertilization. Modern methods of harvesting provide full mechanization of all processes and in a short time allow you to harvest with minimal losses while maintaining high quality seeds.

Key words: oil radish, variety, feed productivity, nutritional value, cultivation technology.

Герешко Г. С., Волощук І. С., Волощук О. П., Глива В. В., Білоніжка Х. В.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Редька олійна – цінна культура широкого спектру використання

Висвітлено народногосподарське значення культури редьки олійної (*Raphanus sativum d. var. oleifera Metrg.*) у різних галузях використання: тваринництві, рослинництві, бджільництві, медицині, косметичі, харчовій та технічній промисловості. Описано біологічні особливості культури, що багата вітамінами, макро- та мікроелементами. У 100 кг зеленої маси редьки олійної міститься 12–16 к. о., 12–14 % сухої речовини, 26–29 % сирого протеїну, мінеральні сполуки (сірка, фосфор, кальцій, каротин). Післяживні посіви формують до 30 т/га високобілкової маси, яку згодують всім видам тварин і птиці в сумішках із злаковими – вівсом, кукурудзою, суданською травою. Вона є чудовим сидератом для поліпшення фізичних властивостей ґрунту, зменшення ураження хворобами, що позитивно впливає на продуктивність наступних культур.

Редька олійна – відома рослина сімейства Хрестоцвітих. Вона є цінним органічним добривом з унікальними властивостями. Допомогає запобігти виснаженню ґрунту після культур, які виносять корисні компоненти при своєму розвитку. Природні добрива з сидератів – однорічних культур, що висіваються для поліпшення ґрунту, отримують все більше поширення. І не тільки в садівників, городників та власників невеликих і середніх фермерських господарств, але і в агрохолдингах, тобто в тих, хто позиціонує свою продукцію як екологічно чисту. Хоча б з тієї причини, що не застосовують під вирощування продукції хімічно синтезовані азотні добрива, вважаючи за краще отримувати їх з сидератів, гідний і невибагливий представник яких – редька олійна – займає в ряду сидеральних культур вагоме місце.

Впровадження екологічно пластичних, високоврожайних сортів сприяє збільшенню площ посівів редьки олійної. Рекомендовано нові сорти, внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2021 р.

Визначено основні проблеми в технології вирощування редьки олійної для підвищення насіннєвої і кормової продуктивності. Вказано, що редька олійна не вимагає особливих затрат і складної технології вирощування. Кращими попередниками для неї є: пшениця озима, ячмінь озимий, кукурудза,

злаково-бобові сумішки на зерно, овочеві і проміжні культури. Не можна її сіяти після капустяних культур. Залежно від використання цю культуру можна сіяти в ранні і пізні строки за різних норм висіву насіння та системи основного і додаткового удобрення. Сучасні методи збирання врожаю забезпечують повну механізацію усіх процесів та в короткий термін дають можливість зібрати врожай з мінімальними втратами, зберігаючи високу якість насіння.

Ключові слова: редька олійна, сорт, кормова продуктивність, поживність, технологія вирощування.

Oil radish (*Raphanus sativum d. var. oleifera* Metrg.) has long been considered a rare crop. However, from the mid-70's it began to be used as a valuable spring crop, which provides the production of green and concentrated feed, technical oils, meal and cake. At present, the area under oil radish in the world reaches more than 200 thousand hectares. [1, 14].

Its green mass contains many vitamins, macro- and microelements, 100 kg of green mass contains 12–16 feed units, 12–14% of dry matter, 26–29% crude protein, rich in mineral compounds (sulfur, phosphorus, calcium, carotene). Even in post-harvest crops it forms up to 30 t/ha of high-protein mass, which is fed to all species of animals and poultry in mixtures with cereals – oats, corn, Sudanese grass [9].

Oil radish is a well-known plant of the cruciferous family. It is not suitable for food, however, vegetable growers consider oil radish a valuable fertilizer. In addition to being a green manure with unique properties, it serves as a forage crop and honey plant. It is grown on private premises and farms. Helps prevent soil depletion after vegetable crops, which carry out useful components from the soil.

Fans of culture are supporters of organic farming, which does not involve the use of chemicals in the areas.

Natural fertilizers from green manures – annual crops sown to improve the soil – are becoming more common. And not only for gardeners and owners of small and medium-sized farms, but in agricultural holdings, ie those who position their products as "environmentally friendly". At least for the reason that chemically synthesized nitrogen fertilizers are not used for growing products, preferring to get them from greens. A worthy and unpretentious representative of which, radish oil, occupies an important place in a number of green manure crops.

This crop is an excellent green manure to improve the physical properties of the soil and reduce disease spread, which has a positive effect on the productivity of subsequent crops. The positive features include its precocity, high reproduction rate, mechanization of all cultivation processes. It can give high yields at different sowing dates – from early

spring to the second half of August. Radish seed productivity is high – 2.0–2.5 t/ha [15, 23].

The oil content in the seeds is 40-50, in the cake – 10%. The protein content in the seeds is up to 37% and it is balanced by all essential amino acids. The oil content in the seeds and its quality depends on the type, characteristics of the variety, fertilizer, water regime, soil and other conditions. Crucial in increasing the oil content in the seeds is the introduction of high-oil varieties and hybrids and the use of a perfect seed system [13, 21].

In addition to agronomy, oil radish is in demand in cooking as a product for vitamin dishes, the leaves of which soaked in water are excellent basis for salads. Green shoots can be added to borshch, they contain ascorbic acid, which saturates dishes with vitamin C. The radish seeds contain unique essential oils that allow you to get enriched vegetable oil from the culture, but the process is too time consuming. In terms of taste and nutritional characteristics, radish oil is similar to cedar and consists of 99% fat. It is considered a low-calorie and dietary product, goes well with vegetables and greens. It can be used for season porridge and cold salads. Radish leaves should not be over-consumed, they contain glucosides that can cause poisoning [19].

Essences derived from radish are the basis for the production of medicines. They are mainly used for the manufacture of vitamins. Herbal preparations are prepared from the green mass, which has a calming effect. Leaf-based drinks relieve stress and headaches [16].

In cosmetics, essential mixtures derived from radish oil are added to massage oils, and emulsions have a relaxing and lightly warming effect [12, 32].

In order to ensure Ukraine's energy strategy towards the development of non-traditional energy sources, radish oil can be considered as a promising raw material for biofuel production with a yield of 0.5 t/ha at sowing rates of 1.5 and 2.0 million seeds/ha and application of mineral fertilizers – $N_{60}P_{60}K_{60}$. Anti-corrosion emulsion is made from oilseed radish [17, 26].

Oil radish is a recognized honey crop. Its main advantages are long flowering (up to 30 days) and the release of nectar in cool weather. Honey harvest is carried out in early spring and mid-summer, when other honey crops have bloomed. The nectar content of sucrose, fructose and glucose is 20%. Honey has a strong aroma and high medicinal properties [30].

In ecological terms, it easily adapts to different climatic conditions. It grows quickly, develops a large root system and leaf mass, which makes

it possible to reduce the dose of organic and nitrogen fertilizers. Able to grow on heavy, clay soils increasing their fertility. If not mowed before winter, it can hold back snow and prevent the soil from freezing. Due to the characteristic odor of essential oil, prevents the reproduction of pests in the soil – nematodes, wireworms, increases the number of earthworms and useful microorganisms [29, 34]. Resistant to cold, drought and high humidity. Tight closure of crops reduces weed growth. Continues vegetation at $+5 \dots +6$ °C, is not afraid of frosts to minus 4 °C. Well-developed plants are able to tolerate temperatures down to minus 7 °C [10].

During spring sowing the vegetation period averages 60 days, during summer sowing – 15 to 20 days shorter. To achieve forage maturity, the sum of positive temperatures is 600-700 °C, and for seed maturation – about 1200 °C. Radish oil is a culture demanding of moisture, because its root system is located in the surface layers of the soil. Temporary droughts reduce the yield of green mass due to poor branching of plants, remain short and poorly leafy. Excessive soil moisture also negatively affects the productivity and quality of products grown [5].

Among the main factors influencing the demands of producers to increase the area under crops is the introduction of environmentally friendly, plastic, high-yielding varieties. The varietal assortment of oil radish in the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine in 2021 is represented by the following varieties: Rainbow (oil), Lybid (fodder), Kyianochka (green manure, fodder) (originator – National Botanical Garden named after M. M. Gryshka of the National Academy of Sciences of Ukraine) and Zhuravka (oil, fodder) – originator is Precarpathian State Breeding and Research Station of the Institute of Agriculture of Carpathian region of NAAS [18].

From a technological point of view, oilseed radish does not require special costs and complex cultivation technology. The best precursors for it are winter wheat, winter barley, corn, cereals and legumes for grain, vegetables and intermediate crops. It cannot be sown after cabbage crops [31].

In the early stages of sowing and depending on the predecessor, tillage includes: plowing to a depth of 22-28 cm, leveling the surface, cultivation to a depth of seed wrapping and rolling. In late tillage in autumn or early spring, plowing is replaced by surface tillage with heavy disc harrows in 2-3 tracks to a depth of 8-10 cm, then level the field surface and roll [8, 25].

The method of oilseed radish sowing for green fodder is the usual row sowing with a row spacing of 15 or 30 cm. The sowing rate in pure

sowing is 2-3 million seeds/ha (16–20 kg), in mixtures – 4.1 million oat seeds/ha (120-140 kg) + radish 1-2 million seeds/ha (8–16 kg). Oilseed radish is sown at an earlier date. The method of sowing is the same as when growing it for green fodder. Seed wrapping depth is 2–4 cm. In order to accelerate seed propagation in seed nurseries, it is sown by a wide-row sowing method (45–70 cm) with a sowing rate of 4–5 kg/ha. Wide-row sowing has a number of advantages, because in wide rows the plants do not lie down, more beans are formed, seed yield increases; it is possible to carry out 1-2 interrow cultivations with simultaneous hilling at the last processing. The system of basic and additional application of fertilizers can affect crop productivity and product quality. Depending on the fertility of the soil, the rate of organic and mineral fertilizers application under the main tillage is 40-60 t/ha and $N_{60-120}P_{40-60}K_{40-60}$. On the background of organics, the rate of mineral fertilizers is reduced by half [3, 4, 6, 7, 11, 20, 22, 27, 28, 33]. Crop care consists of pest and disease control, which is used in winter rapeseed crops. Radish oil is damaged by cruciferous fleas and rapeseed cauliflower, treatment of which is carried out in case of appearance: fleas – by the plant germination, against the cauliflower – during budding. If in the pre-emergence period a soil crust is formed, it is destroyed by harrowing with rotary hoes. On wide-row crops, 2-3 loosening of interrows is carried out [2].

The final and most responsible technological moment of growing plant products is harvesting. Harvesting of radish for green mass begins in the budding phase – the beginning of flowering, for silage – when tying the pods. For intensive regrowth of plants in crops, the height of the cut for multi-use is not less than 6-8 cm. The timing of harvesting the seeds depends on the timing of 70% drying of the pods. Collection is carried out both by direct combining and separate at yellowing of pods in the middle part of the central and lateral stalks. Modern methods of harvesting provide complete mechanization of all processes and in a short time make it possible to harvest with minimal losses, while maintaining high seed quality. The two-phase method is more suitable for harvesting seeds, when the radish is cut into rolls and the seeds in the pods should be light brown. Pods do not crack, so you can not hurry with the harvest and choose dry sunny weather [24].

Conclusions. In the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe with sufficient rainfall, low natural soil fertility, oilseed radish is a valuable fodder and green manure crop. By introducing new varieties into agricultural production and producing a sufficient number of basic seeds, it is possible to expand the area under crops in the region,

which will improve the physical properties of the soil for future crops, increase green manure and feed production.

Список використаної літератури

1. Артиуков Н. Редька масличная. *Сельское хозяйство Сибири*. 1961. № 12. С. 81.
2. Влияние различного использования зеленой массы редьки масличной, соломы, минеральных удобрений на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве / В. В. Лапа и др. *Почвоведение и агрохимия*. 2011. № 1 (46). С. 104–115.
3. Жуйков О. Г., Логвіновський А. Я., Тарасов К. В. Кількісно-якісні показники ефективності застосування позакореневого підживлення олійних культур родини Капустяні в агрофітоценозах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2011. Вип. 77. С. 50–54.
4. Лихочвор А. М. Урожайність ярих олійних культур, якість їх олій, економічна ефективність вирощування в умовах Західного Лісостепу. *Научный взгляд в будущее*. 2016. Вып. 4, т. 9. С. 31–37.
5. Марунова Л. К., Константинова П. Н. Элементы технологии возделывания редьки масличной в чистых и смешанных посевах в Лесостепи Среднего Поволжья. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2018. Vol. 11-2. P. 34–37. DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10187.
6. Мастеров А. С., Романцевич Д. И. Влияние азотного питания на семенную продуктивность редьки масличной. *Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур* : сб. ст. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию проф. М. Е. Николаева (г. Горки, 16–17 февр. 2016 г.). Горки : БГСХА, 2016. С. 130–133.
7. Мастеров А. С., Романцевич Д. И. Влияние азотных удобрений на урожайность редьки масличной. *Интеграция науки и сельскохозяйственного производства* : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Курск, 16–17 февр. 2017 г.). Курск : Изд-во Курск. гос. с.-х. акад., 2017. С. 161–166.

References

1. Artiukov N. Oilseed radish. *Sel'skoe khoziaistvo Sibiri*. 1961. No 12. P. 81.
2. Influence of different use of green mass of oilseed radish, straw, mineral fertilizers on the productivity of the crop rotation link on sod-podzolic loose sandy soil / V. V. Lapa et al. *Pochvovedenie i agrokhimiia*. 2011. No. 1 (46). P. 104–115.
3. Zhuikov O. H., Lohvinovskiy A. Ya., Tarasov K. V. Quantitative and qualitative indicators of the effectiveness of foliar feeding of oilseeds of the Cabbage family in agrophytocenoses in the south of Ukraine. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk*. 2011. Issue 77. P. 50–54.
4. Lykhochvor A. M. The yield of spring oilseeds, the quality of their oil, the economic efficiency of cultivation in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Nauchnyi vzglyad v budushchee*. 2016. Issue 4, vol. 9. P. 31–37.
5. Marunova L. K., Konstantinova P. N. Elements of technology for the cultivation of oilseed radish in pure and mixed crops in the forest-steppe of the Middle Volga region. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2018. Vol. 11-2. P. 34–37. DOI: 10.24411/2500-1000-2018-10187.
6. Masterov A. S., Romancevich D. I. Influence of nitrogen nutrition on seed productivity of oil radish. *Tehnologicheskie aspekty vozdelevaniya sel'skoho-zajstvennyh kul'tur* : sb. st. po materialam VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashh. 80-letiju prof. M. E. Nikolaeva (g. Gorki, 16–17 fevr. 2016 g.). Gorki : BGSXA, 2016. P. 130–133.
7. Masterov A. S., Romancevich D. I. Influence of nitrogen fertilizers on the yield of oil radish. *Integracija nauki i sel'skoho-zajstvennogo proizvodstva* : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Kursk, 16–17 fevr. 2017 g.). Kursk : Izd-vo Kursk. gos. s.-h. akad., 2017. P. 161–166.

8. Мастеров А. С., Романцевич Д. И., Караульный Д. В. Влияние сроков и норм высева на семенную продуктивность редьки масличной в условиях северо-восточной части Беларуси. *Научно-практические аспекты технологий возделывания и переработки масличных и эфиромасличных культур* : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Рязань, 3–4 марта 2016 г.). Рязань : ФГБОУ ВПО РГТУ, 2016. С. 145–150.
9. Мастеров А. С., Романцевич Д. И. Влияние элементов технологии возделывания на динамику роста и накопления сухого вещества растениями редьки масличной. *Вестник Белорус. гос. с.-х. акад.* 2019. № 2. С. 168–171.
10. Мастеров А. С., Виноградов Д. В., Романцевич Д. И. Обоснование элементов технологии возделывания редьки масличной на семена в условиях северо-востока Беларуси. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева.* 2017. № 2 (34). С. 29–35.
11. Мастеров А. С., Романцевич Д. И., Журавский А. С. Экономическая оценка элементов технологии возделывания редьки масличной на семена. *Вестник Белорус. гос. с.-х. акад.* 2019. № 1. С. 121–125.
12. Моисеев К. А., Мишуров В. П. Редька масличная. Ленинград : Колос, 1976. 72 с.
13. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами / В. Ф. Сайко та ін. Київ : ННЦ «Інститут землеробства НААН», 2011. 76 с.
14. Пешкова А. А., Дорофеев Н. В. Биологические особенности и технология возделывания редьки масличной. Иркутск, 2008. 145 с.
15. Писаренко П. В., Пономаренко С. В. Оптимизация фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в органическом земледелии. *Вестник Курганской ГСХА.* 2014. № 3 (11). С. 40–44.
16. Рева М. А., Рева Н. Н. Редька. *Дикі їстівні рослини України.* Київ : Наук. думка, 1976. С. 18–102.
17. Редька олійна: сидерат, фураж,
8. Masterov A. S., Romancevich D. I., Karaul'nyi D. V. Influence of terms and norms of sowing on seed productivity of oil radish in the conditions of the north-eastern part of Belarus. *Nauchno-prakticheskie aspekty tehnologii vozdelvaniia i pererabotki maslichnyh i efiromaslichnyh kul'tur* : materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Rjazan', 3–4 marta 2016 g.). Rjazan' : FGBOU VPO RGATU, 2016. P. 145–150.
9. Masterov A. S., Romancevich D. I. Influence of elements of cultivation technology on the dynamics of growth and accumulation of dry matter by oil radish plants. *Vestnik Belarus. gos. s.-h. akad.* 2019. No. 2. P. 168–171.
10. Masterov A. S., Vinogradov D. V., Romancevich D. I. Substantiation of technology elements for the cultivation of oilseed radish for seeds in the north-east of Belarus. *Vestnik Riazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva.* 2017. No. 2 (34). P. 29–35.
11. Masterov A. S., Romancevich D. I., Zhuravskij A. S. Economic evaluation of the elements of technology for the cultivation of oilseed radish for seeds. *Vestnik Belarus. gos. s.-h. akad.* 2019. No. 1. P. 121–125.
12. Moiseev K. A., Mishurov V. P. Oil radish. Leningrad : Kolos, 1976. 72 p.
13. Features of research on cruciferous oilseeds / V. F. Saiko et al. Kyiv : NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN», 2011. 76 p.
14. Peshkova A. A., Dorofeev N. V. Biological features and technology of oilseed radish cultivation. Irkutsk, 2008. 145 p.
15. Pisarenko P. V., Ponomarenko S. V. Optimization of the phytosanitary state of agricultural crops in organic farming. *Vestnik Kurganskoi GSHA.* 2014. No 3 (11). P. 40–44.
16. Reva M. A., Reva N. N. Radish. *Dyki yistivni roslyny Ukrainy.* Kyiv : Nauk. dumka, 1976. P. 18–102.
17. Oil radish: siderate, fodder, honey

медонос. URL: <http://vidpoviday.com/redka-olijna-siderat-furazh-medonos> (дата звернення: 26.08.2021).

18. Редька олійна (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). *Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 р.* Київ, 2021. С. 417.

19. Редька посівна чорна. *Лікарські рослини* : енциклопедичний довідник / за ред. А. М. Гродзінського. Київ : Українська енциклопедія імені М. П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. С. 371–372.

20. Романцевич Д. И., Мастеров А. С., Радченко Н. В. Влияние сроков внесения и форм азотных удобрений на семенную продуктивность редьки масличной. *Вестник Белорусской государственной с.-х. академии*. 2019. № 1. С. 126–130.

21. Романцевич Д. И., Мастеров А. С. Качественные показатели семян редьки масличной в зависимости от элементов технологии возделывания. *Вестник Белорус. гос. с.-х. акад.* 2019. № 2. С. 187–190.

22. Романцевич Д. И., Мастеров А. С. Качество семян редьки масличной в зависимости от применения азотных удобрений. *Современные технологии сельскохозяйственного производства* : сб. науч. ст. по материалам XXII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Гродно, 7 июня 2019 г.). Гродно : ГГАУ, 2019. С. 125–126.

23. Севооборот как биологический прием сохранения почвенного плодородия и повышения продуктивности пашни / Л. М. Козлова и др. *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 1. С. 16–18.

24. Система збиральних робіт. URL: https://pidru4niki.com/78619/agropromislovist/sistema_zbiralnih_robit (дата звернення: 26.08.2021).

25. Система органічного землеробства агроеколога С. С. Антонця / В. М. Писаренко та ін. Полтава, 2016. 131 с.

26. Уханов А. П., Година Е. Д., Сидорова Л. И. Опыт применения редькового масла в качестве биологического компонента дизельного смешанного топлива. *Известия Самарской гос. с.-х. академии*. 2012. № 3. С. 46–50.

plant. URL: <http://vidpoviday.com/redka-olijna-siderat-furazh-medonos> (last accessed: 26.08.2021).

18. Oil radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.). *Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2021 r.* Kyiv, 2021. P. 417.

19. Sowing radish black. *Likarski roslyny* : entsyklopedychnyi dovidnyk / za red. A. M. Hrodzinskoho. Kyiv : Ukrainska entsyklopediia imeni M. P. Bazhana, Ukrainskyi vyrobnycho-komertsiiyny tsentr «Olimp», 1992. P. 371–372.

20. Romantsevych D. I., Masterov A. S., Radchenko N. V. Influence of the timing of application and forms of nitrogen fertilizers on the seed productivity of oil radish. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi s.-kh. akademii*. 2019. No. 1. P. 126–130.

21. Romancevich D. I., Masterov A. S. Quality indicators of oil radish seeds depending on the elements of cultivation technology. *Vestnik Belorus. gos. s.-kh. akad.* 2019. No. 2. P. 187–190.

22. Romancevich D. I., Masterov A. S. The quality of oil radish seeds depending on the use of nitrogen fertilizers. *Sovremennye tehnologii sel'skhozoiastvennogo proizvodstva* : sb. nauch. st. po materialam XXII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Grodno, 7 iyunja 2019 g.). Grodno : GGAU, 2019. P. 125–126.

23. Crop rotation as a biological method for preserving soil fertility and increasing the productivity of arable land / L. M. Kozlova et al. *Dostizheniia nauki i tehniki APK*. 2011. No. 1. P. 16–18.

24. Harvesting system. URL: https://pidru4niki.com/78619/agropromislovist/sistema_zbiralnih_robit (last accessed: 26.08.2021).

25. Organic farming system of agro-ecologist S. S. Antonets / V. M. Pyserenko et al. Poltava, 2016. 131 p.

26. Uhanov A. P., Godina E. D., Sidorova L. I. Experience of using radish oil as a biological component of mixed diesel fuel. *Izvestiia Samarskoi gos. s.-h.*

27. Фиторемедиационная способность масличной редьки по отношению к нитратному азоту / Н. П. Неведров и др. *Auditorium* : электронный научный журнал Курского государственного университета. 2017. № 1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitoremediatsionnaya-sposobnost-maslichnoy-redki-po-otnosheniyu-k-nitratnomu-azotu/viewer> (дата обращения: 07.09.2021).
28. Цыганов А. Р., Мастеров А. С., Плевко Е. А. Влияние макро- и микроудобрений на эффективность возделывания ярового рапса, редьки масличной и горчицы белой на семена. *Земледелие и защита растений*. 2015. № 4 (101). С. 27–30.
29. Цыганов А. Р., Мастеров А. С., Плевко Е. А. Динамика развития яровых крестоцветных культур в зависимости от применения микроудобрений и Экосила. *Почвоведение и агрохимия*. 2017. № 1 (58). С. 177–186.
30. Цицюра Я. Г., Цицюра Т. В. Особенности виробництва біопалива з редьки олійної. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Серія: сільськогосподарські науки. 2011. Вип. 48, № 8. С. 30–34.
31. Цицюра Я. Г. Особенности формирования сходів редьки олійної за зміни глибини сівби в умовах Лісостепу Правобережного України. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 170–178.
32. Цицюра Я. Г., Цицюра Т. В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування. Вінниця : Нілан, 2016. 623 с.
33. Цицюра Я. Г. Роль мікроелементів у системі удобрення редьки олійної у Лісостепу Правобережного України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 3. С. 54–67.
34. Dorofeev N. V., Bojarkin E. V., Peshkova A. A. Factors Defining Field Germination of Oilseed Radish Seeds. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2013. Vol. 9, No. 3. P. 159–168.
35. *akademii*. 2012. No. 3. P. 46–50.
36. Phytoremediation capacity of oil radish in relation to nitrate nitrogen / N. P. Nevedrov et al. *Auditorium* : elektronnyj nauchnyj zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. No. 1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitoremediatsionnaya-sposobnost-maslichnoy-redki-po-otnosheniyu-k-nitratnomu-azotu/viewer> (last accessed: 07.09.2021).
37. Cyganov A. R., Masterov A. S., Plevko E. A. Influence of macro- and micronutrient fertilizers on the efficiency of cultivation of spring rapeseed, oil radish and white mustard on seeds. *Zemledelie i zashchita rastenii*. 2015. No. 4 (101). P. 27–30.
38. Cyganov A. R., Masterov A. S., Plevko E. A. The dynamics of the development of spring cruciferous crops depending on the use of micronutrient fertilizers and Ecosila. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2017. No. 1 (58). P. 177–186.
39. Tsytsiura Ya. H., Tsytsiura T. V. Features of biofuel production from oil radish. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Seriya: silskohospodarski nauky. 2011. Issue 48, No. 8. P. 30–34.
40. Tsytsiura Ya. H. Features of the formation of a ladder of oilseed radish when changing the sowing depth in the forest-steppe of Right-Bank Ukraine. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2016. Issue 82. P. 170–178.
41. Tsytsiura Ya. H., Tsytsiura T. V. Oil radish. Use and cultivation strategy. *Vinnytsia : Nilan*, 2016. 623 p.
42. Tsytsiura Ya. H. The role of trace elements in the fertilization system of oil radish in the forest-steppe of the Right-Bank Ukraine. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2019. No. 3. P. 54–67.
43. Dorofeev N. V., Bojarkin E. V., Peshkova A. A. Factors Defining Field Germination of Oilseed Radish Seeds. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2013. Vol. 9, No. 3. P. 159–168.

Received 07.09.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-2

UDC 631.51.021:631.8:631.582

O. Y. KACHMAR, O. V. VAVRYNOVYCH, candidates of agricultural sciences

M. M. SHCHERBA, I. V. SAVERYN, scientists

O. V. TARAVSKA, senior specialist

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

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

81115, e-mail: oksanaostrowska@ukr.net

A. I. VOVK, Z. O. KOTYK, candidates of technical sciences

Lviv Polytechnic National University

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

INFLUENCE OF SOIL TREATMENT AND FERTILIZATION SYSTEMS ON THE NUTRITIONAL REGIME OF GRAY FOREST SOIL AND PRODUCTIVITY OF SHORT-ROTATION CULTIVATION

The influence of the systems of basic tillage and fertilizer on the formation of the nutrient regime of gray forest soil in the conditions of four-field grain-row crop rotation is investigated.

It was found that the use of $N_{120}P_{90}K_{90}$ on the background of plowing at 20–22 cm under wheat in the intensive fertilizer system promotes the accumulation of the content of light hydrolysis nitrogen 16.1 mg/100 g of soil, 14.3 and 11.7 mg/100 g of mobile forms of phosphorus and potassium, and the combined application of half doses of mineral fertilizers ($N_{50}P_{90}K_{90}$), by-products – the straw of precursor in the alternative provides these values at the level of 14.6, 13.2 and 11.4 mg/100 g

Application of an intensive fertilizer system for maize with $N_{120}P_{90}K_{90} + 40$ t of manure on plowing backgrounds at 25–27 cm promotes accumulation in 0–20 cm layer of alkaline hydrolysis nitrogen at the level of 16.6 mg/100 g of soil, mobile forms of phosphorus and potassium, respectively 15.2 and 14.1 mg/100 g, and the use of an alternative system with a combination of $N_{50}P_{40}K_{40} + 40$ tons of manure + post-harvest products + green manure provides 14.8, 13.9 and 12.6 mg/100 g of available nutrients. During chiselling, the studied indicators acquire values: 17.9, 16.5, 14.0 mg/100 g of soil, respectively, according to the values of alkaline hydrolysis nitrogen, mobile forms of phosphorus and potassium with an intensive fertilizer system and 16.4, 14.9, 13.1 mg/100 g of soil with an alternative system.

It is investigated that content of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium in fodder bean crops in 0–20 cm layer was formed at the highest concentration level during plowing by 14–16 cm when applying to the crop both

© Kachmar O. Y., Vavrynovych O. V.,

Shcherba M. M., Saverny I. V.,

Taravska O. V., Vovk A. I., Kotyk Z. O., 2021

N₃₀P₇₀K₇₀ and P₃₀K₃₀ + straw of stubble precursor and oilseed radish grown after crops of oats. With a combination of such agrotechnical factors, the content of alkaline hydrolysis nitrogen was 15.1, available to plants forms of phosphorus 13.6 and potassium 13.0 mg/100 g of soil.

Disking on 10–12 cm under oat crops provides formation of indicators of alkaline hydrolysis nitrogen at the level of 15.22 at intensive and 13.8 mg/100 g of soil at alternative system of fertilizer, mobile phosphorus of 12.6 and 11.9 mg/100 g of soil, respectively, mobile potassium: 12.7 and 11.8 mg/100 g of soil.

Application per hectare of arable land of crop rotation area N₈₃P₇₈K₇₈ + 10 t/ha of manure (intensive fertilizer system) forms higher values of crop rotation productivity with grain yield at the level of 3.36, fodder units 23.41 t/ha, digestible protein 1.66 tons.

Key words: tillage, fertilizers, nutrient regime, crop rotation productivity.

Качмар О. Й., Вавринович О. В., Щерба М. М., Саверин І. В., Таравська О. В.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Вовк А. І., Котик З. О.

Національний університет «Львівська політехніка»

Вплив систем обробітку ґрунту й удобрення на поживний режим сірого лісового ґрунту і продуктивність короткоротаційної сівозміни

Досліджено вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на формування поживного режиму сірого лісового ґрунту в умовах чотириріпільної зерно-просапної сівозміни.

Встановлено, що застосування на фонах оранки на 20–22 см під пшеницю N₁₂₀P₉₀K₉₀ в інтенсивній системі удобрення сприяє накопиченню 16,1 мг/100 г ґрунту вмісту легкогідролізного азоту, 14,3 та 11,7 мг/100 г рухомих форм фосфору і калію, а сумісне внесення половинних доз мінеральних добрив (N₅₀P₉₀K₉₀), побічної продукції – соломи попередника в альтернативній забезпечує величину цих значень на рівні 14,6; 13,2 і 11,4 мг/100 г.

Застосування під кукурудзу інтенсивної системи удобрення з внесенням N₁₂₀P₉₀K₉₀ + 40 т гною на фонах оранки на 25–27 см сприяє накопиченню у шарі 0–20 см лужногідролізного азоту на рівні 16,6 мг/100 г ґрунту, рухомих форм фосфору й калію – відповідно 15,2 та 14,1 мг/100 г, а використання альтернативної системи з комбінуванням N₅₀P₄₀K₄₀ + 40 т гною + післяжнивна продукція + сидерат забезпечує 14,8; 13,9 й 12,6 мг/100 г доступних елементів живлення. За проведення чизелювання досліджувані показники набувають значень: 17,9; 16,5; 14,0 мг/100 г ґрунту відповідно за величинами лужногідролізного азоту, рухомих форм фосфору й калію при інтенсивній системі удобрення і 16,4; 14,9; 13,1 мг/100 г ґрунту при альтернативній системі.

Досліджено, що вміст рухомих форм азоту, фосфору й калію в посівах бобів кормових у пласті 0–20 см формувалася на вищому концентраційному

рівні за оранки на 14–16 см при внесенні під культуру як $N_{30}P_{70}K_{70}$, так і $P_{30}K_{30}$ + солома стерньового попередника та редьки олійної, вирощуваної в післяжнивних посівах вівса. За комбінації таких агротехнічних факторів вміст лужногідролізного азоту становив 15,1, доступних рослинам форм фосфору – 13,6 і калію – 13,0 мг/100 г ґрунту.

Дискування на 10–12 см під посіви вівса сприяє формуванню показників лужногідролізного азоту на рівні 15,22 при інтенсивній й 13,8 мг/100 г ґрунту при альтернативній системі удобрення, рухомого фосфору відповідно 12,6 й 11,9 мг/100 г ґрунту, рухомого калію: 12,7 й 11,8 мг/100 г ґрунту.

Застосування в розрахунку на гектар ріллі сівозмінної площі $N_{83}P_{78}K_{78}$ + 10 т/га гною (інтенсивна система удобрення) формує вищі значення продуктивності сівозміни з виходом зернових одиниць на рівні 3,36, кормових одиниць – 23,41 т/га, перетравного протеїну – 1,66 т.

Ключові слова: обробіток ґрунту, удобрення, поживний режим, продуктивність сівозміни.

Introduction. Substantiation of highly efficient competitive in modern conditions systems of basic tillage, focused on domestic complexes of tillage tools, which provide high yields of crops on farms of various organizational and legal forms, contribute to maintaining soil fertility and stabilizing the ecological balance in agricultural landscapes is an important and urgent task of agricultural science [4, 7, 9].

Tillage in crop rotation remains one of the determining factors of impact on the soil environment, a radical way to regulate its physical properties, water regime, a restraining factor in the development of weed resistance to herbicides, a mean of managing microbiological and agrochemical processes, soil protection measures [3, 5-7 11-13, 15, 19, 31].

Studies conducted by both Ukrainian [2, 4, 6, 10] and foreign scientists [14, 16-18, 20-31] show that in the development of tillage systems remains a range of issues, in particular on methods, depth, periodicity of carrying out technological operations, the level of wrapping of organic fertilizers and by-products of crop production, the choice of ways to achieve a soil protection effect, creating conditions for maximum sequestration of atmospheric carbon dioxide in soil organic matter.

Of particular relevance is the task of rational combination in crop rotation of different depths of plowing and surface and shallow shelfless operations. Studies have shown that intensive mechanical tillage activates mineralization processes, accelerates the decomposition of organic matter, deteriorating agrophysical properties, which leads to the development of

erosion processes and deterioration of the ecological situation [1, 8]. On the other hand, unreasonable replacement of plowing by dumping methods, reduction of its depth, or transition to no-till technology is not always justified both in view of the level of crop productivity and ecological balance in the soil. To a large extent, this applies to soil and climatic conditions of the Carpathian region, in particular a range of soils of heavy particle size distribution, wetlands, as well as low-humus, with shallow arable horizon [2, 3].

In modern conditions, research on the impact of tillage technologies on its nutrient regime and crop yields is gaining great importance. Many scientists have found that in unstable weather conditions in periods with low rainfall and low soil moisture, surfacial or shallow tillage reduces the effectiveness of organic and mineral fertilizers. Under such conditions, a layer of soil with higher moisture reserves and greater return of fertilizer complexes is formed during plowing [3, 13, 29, 32].

Materials and methods. Experimental studies were carried out in the conditions of long-term stationary field two-factor experiment of the Institute of Agriculture of the Carpathian region of NAAS, laid on gray forest surface gleyed coarse-grained light loamy soil by the method of split areas. Variants of the first order – tillage systems, the second order – fertilizers. The placement of options is sequential, repeated three times.

Four-crop rotation: fodder beans – winter wheat – corn for silage – oats. The mastering of crop rotation was carried out successively in three fields. Crops of the following varieties were grown in the crop rotation: winter wheat – Benefis, oats – Ant, corn – Transcarpathian dentate, fodder beans – Pikulovytski. The scheme of the experiment is presented in Table 1.

Plowing was carried out with a plow PN-4-40, chisel cultivation – with chisel PCh-2.5, disking – using disk tools BDT-3, pre-sowing tillage – with unit "Europack", pre-sowing rolling – rollers 3 KK-6. Chemical treatment was carried out by applying the herbicide Roundup. To protect crops from weeds used: for winter wheat – tank mixture Grodil Maxi + Zenkor in autumn in the tillering phase, for fodder beans – pre-emergence drug Dual Gold, for oats – Granstar in tillering phase, for corn – MaisTer Power in phase of 5-7 leaves.

1. The scheme of the experiment

№ var.	Tillage	Fertilizer system	Fertilizer level on 1 ha of crop rotation area	Crop rotation					
				fodder beans	winter wheat	corn for silage	oat		
1	Traditional	Traditional	N ₈₃ P ₇₈ K ₇₈ + 10 t of manure	N ₃₀ P ₇₀ K ₇₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ +40 t of manure	plowing on 20–22 cm	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + bp
2	Alternative	Alternative	N ₃₃ P ₃₅ K ₃₅ + 10 t of manure + bp + siderate	P ₃₀ K ₃₀ + bp + siderate	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀ + bp	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀ + 40 t of manure + bp + siderate	plowing on 25–27 cm	plowing on 20–22 cm	
3	Traditional	Traditional	N ₈₃ P ₇₈ K ₇₈ + 10 t of manure	N ₃₀ P ₇₀ K ₇₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ +40 t of manure	plowing on 25–27 cm	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + bp
4	Alternative	Alternative	N ₃₃ P ₃₅ K ₃₅ + 10 t of manure + bp + siderate	P ₃₀ K ₃₀ + bp + siderate	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀ + bp	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀ + 40 t of manure + bp + siderate	plowing on 25–27 cm	disking on 14–16 cm	
5	Traditional	Traditional	N ₈₃ P ₇₈ K ₇₈ + 10 t of manure	N ₃₀ P ₇₀ K ₇₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ +40 t of manure	chisel on 25–27 cm	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + bp
6	Alternative	Alternative	N ₃₃ P ₃₅ K ₃₅ + 10 t of manure + bp + siderate	P ₃₀ K ₃₀ + bp + siderate	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀ + bp	N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀ + 40 t of manure + bp + siderate	disking on 10–12 cm	disking on 10–12 cm	

Note. bp – by-products.

Phenological observations on plant growth and development were conducted according to the methodology of the State Commission for Variety Testing. Determination of light hydrolysis nitrogen was performed by the method of Cornfield according to DSTU 7863:2015; mobile forms of phosphorus and potassium – according to Kirsanov using to DSTU 4405: 2005.

Crop yields were analyzed at the state of technical maturity by the method of continuous collection of accounting plots in terms of standard humidity and purity of each variant, the calculation of crop rotation productivity in grain and fodder units was performed on the yield of basic products per 1 ha of arable land.

Research methods: field, laboratory, comparative-rated, mathematical and statistical.

Results and discussion. An important factor in increasing the production process of crops and an environmental indicator of soil fertility is the nutrient regime, which largely depends on farming systems, organic matter content, direction of biological processes [10, 20, 31].

Therefore, research aimed at establishing the impact of tillage technologies and fertilization systems on the dynamics of mobile compounds of nitrogen, phosphorus and potassium as the main nutrients of plants is important.

Studies conducted in a stationary experiment under winter wheat found that the highest values of mobile forms of basic nutrients, according to four-year average data for the period 2016-2017 and 2019-2020, were formed on the options of intensive fertilizer system when applied directly to wheat $N_{120}P_{90}K_{90}$ (Table 2). Thus, when plowing at 20–22 cm, the content of light hydrolysis nitrogen was at the level of 16.1 mg/100 g of soil, mobile forms of phosphorus and potassium, respectively 14.3 and 11.7 mg/100 g in the arable soil layer. The use of an alternative fertilizer system with the application of half doses of mineral fertilizers ($N_{50}P_{90}K_{90}$) on the background of by-products – the straw of predecessor provided lower nutrient levels. In terms of nutrients, they were 14.6, 13.2 and 11.4 mg/100 g, respectively, of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium. The same patterns were observed on other backgrounds of basic tillage.

2. Nutrient regime of soil under winter wheat, mg/100 g of soil, average for 2016–2017, 2019–2020

№ var.	Variants of the experiment		Soil layer, cm	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	treatment	fertilizer		mg/100 g of soil		
1	plowing 20–22 cm	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0–20	16,1	14,3	11,7
20–40			12,9	11,3	9,3	
2		N ₅₀ P ₉₀ K ₉₀ + bp	0–20	14,6	13,2	11,4
20–40			11,6	9,6	8,3	
3	disking 10–12 cm	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0–20	16,7	14,7	12,3
20–40			12,7	11,2	9,0	
4		N ₅₀ P ₉₀ K ₉₀ + bp	0–20	15,2	13,6	11,8
20–40			11,1	9,3	8,0	
5	chemical treatment	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0–20	16,8	14,8	12,1
20–40			12,2	11,2	8,9	
6		N ₅₀ P ₉₀ K ₉₀ + bp	0–20	14,9	12,7	11,5
20–40			10,9	9,1	8,0	

The analysis of the impact of tillage technologies on the nutrient regime showed the advantages of disking by 10–12 cm and herbicide backgrounds in comparison with plowing by 20–22 cm in arable (0–20 cm) and the opposite effect in subsoil (20–40 cm) horizons on both fertilizer systems. Thus, in the variants of disking in the 0–20 cm layer, the content of mobile forms of nutrients depending on the fertilizer was 16.7–15.2, 14.7–13.6 and 12.3–11.8 mg/100 g, in 20–40 cm layer – 12.7–11.1, 11.2–9.3 and 9.0–8.0 mg/100 g of soil; during chemical treatment – 16.8–14.9, 14.8–12.7 and 12.1–11.5 mg/100 g (0–20 cm), 12.2–10.9, 11.2– 9.1 and 8.9–8.0 (20–40 cm) mg/100 g of soil. This is due to the higher level of accumulation of organic matter in the upper horizons during dump-free operations and its subsequent mineralization with the release of mobile forms of nutrients.

Comparison of the influence of shelfless and shelf technologies of basic tillage, carried out at the same depth – 25–27 cm, on the growth of nutrient regime under corn, showed the predominance of chiseling compared to plowing in the upper (arable) layers and the inverse dependence in the subsoil (Table 3).

3. Influence of fertilizer levels and methods of cultivation on the nutrient regime of the soil under corn for silage, average for 2016–2018, 2020

№ var.	Variants of the experiment		Soil layer, cm	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	treatment	fertilizer		mg/100 g of soil		
1	plowing 25–27 cm	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + 40 t of manure	0–20	16,6	15,2	14,1
			20–40	15,2	13,3	11,2
2		N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀ + 40 t of manure + bp + siderate	0–20	14,8	13,9	12,6
			20–40	13,2	13,1	10,6
3	chise-ling 25–27 cm	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀ + 40 t of manure	0–20	17,9	16,5	14,0
			20–40	14,6	13,6	10,1
4		N ₅₀ P ₄₀ K ₄₀ + 40 t of manure + bp + siderate	0–20	16,4	14,9	13,1
			20–40	12,5	12,4	9,9

The application of an intensive fertilizer system with direct application of N₁₂₀P₉₀K₉₀ + 40 t of manure on the background of plowing by 25–27 cm contributed to the accumulation of alkaline hydrolysis nitrogen in the 0–20 cm layer at the level of 16.6 mg/100 g of soil, mobile forms of phosphorus and potassium, respectively. 15.2 and 14.1 mg/100 g, and the introduction of an alternative system with a combination of N₅₀P₄₀K₄₀ + 40 tons of manure + post-harvest products + green manure provided 14.8, 13.9 and 12.6 mg/100 g of available nutrients.

During chiselling, the studied indicators acquired values: 17.9, 16.5, 14.0 mg/100 g of soil, respectively, according to the values of alkaline hydrolysis nitrogen, mobile forms of phosphorus and potassium with an intensive fertilizer system and 16.4, 14.9, 13.1 mg/100 g of soil with an alternative system.

The study of the nutrient regime under fodder beans showed the advantages of minimizing shelf tillage for the mobilization of plant nutrients in the arable soil layer (Table 4).

4. Influence of fertilizer levels and methods of cultivation on the nutrient regime of the soil under fodder beans, mg/100 g of soil, average for 2016, 2018–2020

№ var.	Variants of the experiment		Soil layer, cm	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	treatment	fertilizer		mg/100 g of soil		
1	plowing 20–22 cm	N ₃₀ P ₇₀ K ₇₀	0–20	14,7	13,1	12,4
			20–40	12,6	10,7	11,3
2		P ₃₀ K ₃₀ + bp + siderate	0–20	13,8	12,2	11,4
			20–40	11,7	9,9	10,6
1	plowing 14–16 cm	N ₃₀ P ₇₀ K ₇₀	0–20	15,1	13,6	13,0
			20–40	12,1	10,2	10,9
2		P ₃₀ K ₃₀ + bp + siderate	0–20	14,2	12,7	11,9
			20–40	11,4	9,6	10,3

It was found that the content of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium in 0-20 cm layer was formed at a higher concentration level for plowing by 14-16 cm when applying to the culture N₃₀P₇₀K₇₀ and P₃₀K₃₀ + straw of stubble precursor and oilseed radish grown in post-harvest oats. With a combination of such agrotechnical factors, the content of alkaline hydrolysis nitrogen was 15.1, available to plants forms of phosphorus 13.6 and potassium 13.0 mg/100 g of soil. Increasing the plowing depth to 20–22 cm on the same fertilizer backgrounds led to the formation of lower values of nutrient values, respectively 14.7, 13.1 and 12.4 mg/100 g of soil by nutrients.

There was another dependence in the subsoil – reducing the depth of shelf operations reduced the fund of available for plants forms of nitrogen, phosphorus and potassium to the level of 12.1, 10.2, 10.9 mg/100 g of soil at 12.6, 10.7 and 11.3 mg/100 g of soil on plowing 20–22 cm.

Analysis of nutrient parameters under oat crops showed the advantages of shelf-free operations in the accumulation of mobile forms of basic plant nutrients in the upper layers (Table 5).

According to the fertilizer variants, disking by 10–12 cm provided the formation of alkaline hydrolysis nitrogen at the level of 15.22 by intensive and 13.8 mg/100 g of soil with an alternative fertilizer system, mobile phosphorus, respectively, 12.6 and 11.9 mg/100 g of soil, mobile potassium: 12.7 and 11.8 mg/100 g of soil.

5. Nutrient regime of soil in oat crops, mg/100 g of soil, average for 2017–2019

№ var.	Variants of the experiment		Soil layer, cm	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	treatment	fertilizer		mg/100 g of soil		
1	plowing 20–22 cm	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0–20	14,0	11,4	11,6
			20–40	12,1	10,2	10,5
2		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + bp	0–20	12,3	10,8	10,7
			20–40	10,8	9,4	8,0
3	disking 14–16 cm	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0–20	14,9	12,0	12,2
			20–40	11,4	10,1	10,8
4		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + bp	0–20	8,8	11,5	11,4
			20–40	10,0	9,0	7,7
5	disking 10–12 cm	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0–20	15,2	12,6	12,7
			20–40	11,1	9,5	10,0
6		N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + bp	0–20	13,8	11,9	11,8
			20–40	9,8	8,8	9,5

The increase in the depth of shelfless operations has led to a decrease in the concentration of mobile forms of nutrients in the arable layer. Plowing options were characterized by the lowest nutrient levels. When N₆₀P₆₀K₆₀ was applied against these backgrounds in the intensive fertilization system, the amount of alkaline hydrolysis nitrogen was 14.0, mobile forms of phosphorus and potassium were 11.4 and 11.6 mg/100 g of soil, respectively.

In the subsoil layers, an inverse relationship was observed between the depth of tillage and the accumulation of plant nutrients. The highest values of available plant nutrients were when plowing 20–22 cm and depending on the fertilizer system were 12.1–10.8–8.0 mg/100 g of alkaline hydrolysis nitrogen soil, 10.2–9.4 mg mobile phosphorus and 10.5–8.0 mg/100 g of mobile potassium soil.

By the end of the growing season in the studied soil horizons under all crops, fertilizer and tillage options, the content of nutrients decreased, which is explained by their use by plants for their growth, development and bioproduction.

The priority indicator of ecologically safe functioning of soil systems and regimes, stability of their functioning is the balance of plant nutrients.

The calculation of the balance of basic nutrients showed (Table 6) that in the four-field crop rotation its highest values were formed in a minimized system of basic tillage both intensive (application per hectare of crop rotation area N₈₃P₇₈K₇₈ + 10 t/ha of manure) and alternative (

combination $N_{33}P_{35}K_{35} + 10$ t/ha of manure + by-products + green manure) fertilizer and amounted +107.3 – +193.6 kg/ha (for alkaline hydrolysis nitrogen), +215.3 – + 306.1 kg/ha (mobile phosphorus) and +148.9 - +234.4 kg/ha (mobile potassium).

6. Balance of basic nutrients in the systems of basic tillage, kg/ha

Tillage system	Fertilizer system	* Balance for rotation		
		N	P	K
traditional	intensive, $N_{83}P_{78}K_{78} + 10$ t/ha of manure	+53,7 +13,42	+196,8 +49,2	+176,1 +44,02
	alternative, $N_{33}P_{35}K_{35} + 10$ t/ha of manure + bp + siderate	+133,9 +33,47	+167,8 +41,95	+208,6 +52,15
combined	intensive, $N_{83}P_{78}K_{78} + 10$ t/ha of manure	+71,8 +17,95	+203,8 +50,95	+120,4 +30,1
	alternative, $N_{33}P_{35}K_{35} + 10$ t/ha of manure + bp + siderate	+149,2 +37,3	+195,0 +48,7	+212,2 +53,05
minimized	intensive, $N_{83}P_{78}K_{78} + 10$ t/ha of manure	+107,3 +26,82	+215,3 +53,8	+148,8 +37,2
	alternative, $N_{33}P_{35}K_{35} + 10$ t/ha of manure + bp + siderate	+193,6 +48,4	+306,1 +76,52	+234,4 +58,6

Note. *Balance for crop rotation – in the numerator for crop rotation in general, in the denominator – per 1 hectare of arable land.

The lowest rates were by the traditional system with different depths of plowing and, depending on the fertilizer: +53.7 – + 133.9, +196.8 – +167.8, +176.1 – +208.6 kg/ha, respectively, for nutrients. The balance of nutrients acquired intermediate values in the combined model of basic tillage: +71.8 – +149.2, +203.8 – +195.0, +120.4 – +212.2 kg/ha. Similar patterns were observed when recalculating these indicators per hectare of crop rotation area.

The analysis of balance indicators by crops showed that positive values for all elements were formed during the cultivation of corn for silage with a range of values for fertilizer in the range of +184.5 – 238.8 kg/ha for nitrogen, +124.9 - +139.2 kg/ha for phosphorus and +171.2 – +219.6 kg/ha for potassium. These figures were slightly lower for the cultivation of fodder beans, but in all cases acquired positive marks. When growing cereals, nitrogen indicators were negative for all variants and acquired values for winter wheat, depending on the analyzed options for cultivation and fertilization at the level of -31.5 – -80.5 kg/ha, oats -58.6 – -85 .0 kg/ha. Phosphorus balance became negative only when growing oats in the

traditional system of basic cultivation with an alternative fertilizer system, at the level of -17.3 kg/ha.

Potassium balance of cereals was negative in all systems of basic tillage against the background of intensive fertilization. When applied directly to winter wheat $N_{120}P_{90}K_{90}$, their variability was in the range of 11.0 – -22.0 kg/ha. When applied under oats $N_{60}P_{60}K_{60}$ and half doses of mineral fertilizers on the background of by-products ($N_{30}P_{30}K_{30}$ + bp), all values of potassium in all systems of basic tillage were negative in the range of -38.2 – -50.0 kg/ha. The exception was the system of traditional cultivation on the background of intensive fertilizer with application directly to the crop $N_{60}P_{60}K_{60}$, the values of the potassium balance in which were at the level of +10.7 kg/ha.

Crop rotation productivity is an indicator of the efficiency of agricultural production, soil fertility, and its level is determined by a complex combination of soil, biological and weather factors, agronomic factors, including systems of basic tillage, crop fertilization, set and rotation scheme. Our research has shown (Table 7) that the highest productivity of four-field grain-fodder crop rotation: fodder beans – winter wheat – corn for silage, green fodder – oats is formed by the traditional system of basic tillage. When applied per hectare of arable land crop rotation area $N_{83}P_{78}K_{78}$ + 10 t/ha of manure (intensive fertilization system), the yield of grain units was 3.36, feed units 23.41 t/ha, digestible protein 1.66 tons. Under the same system of basic cultivation when applying to the crop rotation area $N_{33}P_{35}K_{35}$ + 10 t/ha of manure + by-products on the background of green manure - oil radish (alternative fertilizer system), these figures were 3.06 t/ha, 21.41 t/ha and 1.52 tons.

Lower productivity indicators were with the combined system of basic tillage. The application of the intensive fertilizer system provided crop rotation productivity indicators at the level of 3.25 t/ha of grain, 23.26 t/ha of fodder and 1.65 t of digestible protein during the technological operations of the combined system. Under the alternative system, they were: 2.95, 21.27 t/ha and 1.51 tons.

The lowest rates for both fertilizer systems were formed against the background of the minimum system of basic tillage. These variants yielded 3.04–2.76 t/ha of grain, 22.27–20.00 t of feed units and 1.57–1.41 t of digestible protein.

7. Productivity of crop rotation depending on the systems of basic tillage and fertilizer, t/ha

Processing system	Fertilization system	Crops of rotation												oats (2017-2019)				For crop rotation, per 1 ha of arable land		
		fodder beans (2016, 2018-2020)				winter wheat (2016-2017, 2019-2020)				corn for silage (2016-2018, 2020)								g. u.	f. u.	d. p.
		t. o.	g. u.	f. u.	d. p.	t. o.	g. u.	f. u.	d. p.	t. o.	g. u.	f. u.	d. p.	t. o.	g. u.	f. u.	d. p.			
Traditional	1	plowing 20-22 cm.				plowing 20-22 cm	4,58	4,22	0,95	plowing 20-22 cm	5,72	6,86	0,63	plowing 20-22 cm	3,16	4,52	0,41	3,36	23,41	1,66
	2						4,28	3,95	0,89		5,07	6,08	0,56		2,91	4,16	0,37	3,06	21,41	1,52
Combined	1	plowing 20-22 cm.				disking 10-12 cm	4,58	4,22	0,95	plowing 25-27 cm	5,45	6,54	0,60	disking 14-16 cm	2,98	4,26	0,38	3,25	23,26	1,65
	2						4,28	3,95	0,89		4,84	5,81	0,53		2,69	3,85	0,35	2,95	21,27	1,51
Mini-mixed	1	plowing 20-22 cm.				chemical processing	4,21	3,88	0,87	chisel 25-27 cm	5,21	6,25	0,57	disking 10-12 cm	2,75	3,93	0,35	3,04	22,27	1,57
	2						3,92	3,61	0,81		4,61	5,53	0,51		2,53	3,61	0,32	2,76	20,00	1,41

Note. 1 – intensive tillage system ($N_{63}P_{38}K_{18} + 10$ t/ha of manure), 2 – alternative tillage system ($N_{33}P_{35}K_{35} + 10$ t/ha of manure + by-products + siderate); t. o. – technological operations; g. u. – grain units; f. u. – feed units; d. p. – digestible protein.

Conclusions

1. Higher values of indicators of nutrient regime of gray forest surface gleyed soil in four-field grain-row crop rotation are formed by applying an intensive fertilizer system, which provides application per hectare of crop rotation area $N_{83}P_{78}K_{78} + 10$ t/ha of manure, compared to the alternative composition – 10 t/ha of manure, half doses of mineral fertilizers, all plant by-products and once per rotation plowing of green mass of oilseed radish grown in post-harvest crops.

2. Replacement in the main tillage systems of shelf technological operations with non-shelf and reduction of the depth of passage of tillage tools provides a higher level of accumulation of mobile forms of basic plant nutrients in arable (0-20 cm) and lower in subsoil (20-40 cm) layers of soil.

3. Higher values of the balance of basic nutrients in the four-field field crop rotation are formed in the conditions of the minimized system of the main tillage both at intensive (introduction on hectare of the crop rotation area $N_{83}P_{78}K_{78} + 10$ t/hectare of manure), and alternative (combination $N_{33}P_{35}K_{35} + 10$ t/hectare of manure + by-products + green manure) fertilizers and are +107.3 – +193.6 kg/ha (for alkaline hydrolysis nitrogen), +215.3 – + 306.1 kg/ha (mobile phosphorus) and +148.9 – +234.4 kg/ha (mobile potassium).

4. Application per hectare of arable land of crop rotation area $N_{83}P_{78}K_{78} + 10$ t/ha of manure (intensive fertilization system) provides higher values of crop rotation productivity with grain yield at the level of 3.36, fodder units 23.41 t/ha, digestible protein 1.66 tons.

Список використаної літератури

1. Балаєв А. Д., Гаврилюк М. В., Стопа В. П. Родючість чорноземів Лісостепу за використання мінімізації обробітку ґрунту і елементів біологізації землеробства. *Вісник Харківського нац. аграрного ун-ту*. 2013. № 1. С. 8–11.

2. Вплив систем основного обробітку ґрунту й удобрення на водно-фізичні властивості сірого лісового ґрунту та врожай вико-вівса / О. Й. Качмар та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (І). С. 107–113.

3. Динаміка лабільних та водорозчинних форм гумусу під впливом систем удобрення та технологій основного обробітку ґрунту в короткоротаційній сівоzmіні / О. Й. Качмар та ін. *Передгірне*

References

1. Balaiev A. D., Havryliuk M. V., Stopa V. P. Fertility of forest-steppe chernozems for use of minimization of tillage and elements of biologization of agriculture. *Visnyk Kharkivskoho nats. ahrarnoho un-tu*. 2013. No. 1. P. 8–11.

2. Influence of the systems of the main tillage and fertilizer on water and physical properties of gray forest soil and harvest of vetch-oats / O. Y. Kachmar et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2015. Issue 58 (I). P. 107–113.

3. Dynamics of labile and water-soluble forms of humus under the influence of fertilizer systems and technologies of basic tillage in short-rotation crop rotation / O. Y. Kachmar et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2019. Issue 65.

та гірське землеробство і тваринництво. 2019. Вип. 65. С. 64–76.

4. Камінський В. Ф. Стабілізація землекористування як основа розвитку адаптивного землеробства у світлі вчення В. В. Докучаєва. *Агрохімія і ґрунтознавство* : міжвід. темат. наук. зб. 2014. Вип. 81. С. 112–117.

5. Кочик Г. М. Гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту за різних систем основного обробітку і удобрення. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип. 2. С. 47–57.

6. Малієнко А. М. Щільність дерново-підзолистого супіщаного ґрунту у польовій сівозміні залежно від прийомів обробітку. *Землеробство*. 2014. Вип. 1/2. С. 3–9.

7. Медведев В. В. Физические свойства и обработка почв в Украине. Харьков, 2013. 224 с.

8. Мінімізація механічного обробітку ґрунту в п'ятипольних польових сівозмінах Центрального Лісостепу України / І. Д. Примак та ін. *Наук. пр. Полтавської ДАА*. 2005. Т. 4 (23). С. 150–155.

9. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ, 2007. 44 с.

10. Усов О. С., Манько К. М. Особливості формування врожайності пшениці твердої ярої залежно від попередника та основного обробітку ґрунту. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків* : зб. наук. пр. 2015. Вип. 23. С. 70–75.

11. Шувар І. А., Гриник С. І. Вплив способу основного обробітку ґрунту і удобрення на агрофізичні властивості дерново-підзолистого ґрунту Передкарпаття за вирощування пшениці ярої. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Агрономія*. 2019. Т. 10, № 2. С. 38–47.

12. Ямчук В. Я. Вплив основного обробітку сірого лісового ґрунту на

Р. 64–76.

4. Kaminskyi V. F. Stabilization of land use as a basis for the development of adaptive agriculture in the light of V. V. Dokuchaev's teachings. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo* : mizhvid. temat. nauk. zb. 2014. Issue 81. P. 112–117.

5. Kochyk H. M. Humus condition of sod-podzolic soil under different systems of basic tillage and fertilizer. *Zb. nauk. pr. NNTs «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Issue 2. P. 47–57.

6. Maliienko A. M. Density of sod-podzolic sandy soil in field crop rotation depending on tillage methods. *Zemlerobstvo*. 2014. Issue 1/2. P. 3–9.

7. Medvedev V. V. Physical properties and soil treatment in Ukraine. Kharkov, 2013. 224 p.

8. Minimization of mechanical tillage of soil in five-field crop rotations of the central Forest-Steppe of Ukraine / I. D. Prymak et al. *Nauk. pr. Poltavskoi DAA*. 2005. Vol. 4 (23). P. 150–155.

9. Saiko V. F., Maliienko A. M. Tillage systems of soil in Ukraine. Kyiv, 2007. 44 p.

10. Usov O. S., Manko K. M. Peculiarities of spring durum wheat yield formation depending on the predecessor and the main tillage of soil. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv* : zb. nauk. pr. 2015. Issue 23. P. 70–75.

11. Shuvar I. A., Hrynyk S. I. Influence of the method of basic tillage and fertilizer on agrophysical properties of sod-podzolic soil of Precarpathia for growing spring wheat. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ahronomiia*. 2019. Vol. 10, No. 2. P. 38–47.

12. Yamchuk V. Ya. Influence of basic cultivation of gray forest soil on biological activity and nitrogen regime. *Zb. nauk. pr. NNTs «Інститут землеробства UAA»*. 2007. Issue 2. P. 16–21.

13. Alvarez R., Steinbach H. S. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research*. 2009.

біологічну активність та азотний режим. *Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут землеробства УАН»*. 2007. Вип. 2. С. 16–21.

13. Alvarez R., Steinbach H. S. A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research*. 2009. Vol. 104, Issue 1. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.02.005>.

14. Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20–25 years of conventional tillage or direct drilling / B. C. Ball et al. *Soil and Tillage Research*. 1994. Vol. 31, Issue 2/3. P. 97–118. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(94\)90074-4](https://doi.org/10.1016/0167-1987(94)90074-4).

15. Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon / L. Gao et al. *Geoderma*. 2017. Vol. 288. P. 97–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.005>.

16. Effect of rotational tillage on soil aggregates, organic carbon and nitrogen in the Loess Plateau Area of China / X. Hou et al. *Pedosphere*. 2013. Vol. 23, Issue 4. P. 542–548. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60047-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60047-8).

17. Feiza V., Feizienė D., Kadžienė G. Agro-physical properties of Endocalcare-Epihypogleyic Cambisol arable layer in long-term soil management systems. *Žemės ūkio mokslai*. 2008. Vol. 15, Issue 2. P. 13–23.

18. Guerif J. Effects of compaction on soil strength parameters / Soane B. D., van Ouwerkerk C. (eds). Soil compaction in crop production. *Developments in Agricultural Engineering*. 1994. Vol. 11, chapter 9. P. 191–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-88286-8.50017-9>.

19. Leonavičienė T. SPSS programų paketo taikymas statistiniuose tyrimuose. Vilnius, 2007. P. 61–67.

20. Moraru P. I., Rusu T. No-tillage and minimum tillage systems with reduced energy consumption and soil conservation in

Vol. 104, Issue 1. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.02.005>.

14. Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20–25 years of conventional tillage or direct drilling / B. C. Ball et al. *Soil and Tillage Research*. 1994. Vol. 31, Issue 2/3. P. 97–118. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(94\)90074-4](https://doi.org/10.1016/0167-1987(94)90074-4).

15. Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon / L. Gao et al. *Geoderma*. 2017. Vol. 288. P. 97–104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.005>.

16. Effect of rotational tillage on soil aggregates, organic carbon and nitrogen in the Loess Plateau Area of China / X. Hou et al. *Pedosphere*. 2013. Vol. 23, Issue 4. P. 542–548. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60047-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60047-8).

17. Feiza V., Feizienė D., Kadžienė G. Agro-physical properties of Endocalcare-Epihypogleyic Cambisol arable layer in long-term soil management systems. *Žemės ūkio mokslai*. 2008. Vol. 15, Issue 2. P. 13–23.

18. Guerif J. Effects of compaction on soil strength parameters / Soane B. D., van Ouwerkerk C. (eds). Soil compaction in crop production. *Developments in Agricultural Engineering*. 1994. Vol. 11, chapter 9. P. 191–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-88286-8.50017-9>.

19. Leonavičienė T. SPSS programų paketo taikymas statistiniuose tyrimuose. Vilnius, 2007. P. 61–67.

20. Moraru P. I., Rusu T. No-tillage and minimum tillage systems with reduced energy consumption and soil conservation in the hilly areas of Romania. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2013. Vol. 11, Issue 2. P. 1227–1231.

21. Munkholm L. J., Heck R. J., Deen B. Long-term rotation and tillage effects on soil structure and crop yield. *Soil and Tillage Research*. 2013. Vol. 127. P. 85–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.007>.

22. No tillage in rainfed Aragon (NE Spain): effect on organic carbon in the soil

the hilly areas of Romania. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2013. Vol. 11, Issue 2. P. 1227–1231.

21. Munkholm L. J., Heck R. J., Deen B. Long-term rotation and tillage effects on soil structure and crop yield. *Soil and Tillage Research*. 2013. Vol. 127. P. 85–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.007>.

22. No tillage in rainfed Aragon (NE Spain): effect on organic carbon in the soil surface horizon / M. V. López et al. *Soil and Tillage Research*. 2012. Vol. 118. P. 61–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.012>.

23. Reduced tillage as an alternative to no-tillage under Mediterranean conditions: a case study / R. Lopez-Garrido et al. *Soil and Tillage Research*. 2014. Vol. 140. P. 40–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.02.008>.

24. Soil health assessment: past accomplishments current activities and future opportunities / D. L. Karlen et al. *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 195. 104365. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104365>.

25. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil / M. T. D. Moraes et al. *Soil and Tillage Research*. 2016. Vol. 155. P. 351–362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.07.015>.

26. Soil physical state as influenced by long-term reduced tillage, no-tillage and straw management / V. Steponavičienė et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2020. Vol. 107, No. 3. P. 195–202. URL: http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/wp-content/uploads/2020/07/107_3_str25.pdf (last accessed: 20.08.2021).

27. Spatial variability of soil physical properties as affected by different tillage systems / E. Özgöz et al. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2007. Vol. 35, Issue 1. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1080/01140670709510162>.

28. Sustainable tillage: results from long-term field experiments on Cambisol / V. Feiza et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2010. Vol. 97, Issue 2. P. 3–14.

surface horizon / M. V. López et al. *Soil and Tillage Research*. 2012. Vol. 118. P. 61–65. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.012>.

23. Reduced tillage as an alternative to no-tillage under Mediterranean conditions: a case study / R. Lopez-Garrido et al. *Soil and Tillage Research*. 2014. Vol. 140. P. 40–47. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.still.2014.02.008>.

24. Soil health assessment: past accomplishments current activities and future opportunities / D. L. Karlen et al. *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 195. 104365. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104365>.

25. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil / M. T. D. Moraes et al. *Soil and Tillage Research*. 2016. Vol. 155. P. 351–362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.07.015>.

26. Soil physical state as influenced by long-term reduced tillage, no-tillage and straw management / V. Steponavičienė et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2020. Vol. 107, No. 3. P. 195–202. URL: http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/wp-content/uploads/2020/07/107_3_str25.pdf (last accessed: 20.08.2021).

27. Spatial variability of soil physical properties as affected by different tillage systems / E. Özgöz et al. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2007. Vol. 35, Issue 1. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1080/01140670709510162>.

28. Sustainable tillage: results from long-term field experiments on Cambisol / V. Feiza et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2010. Vol. 97, Issue 2. P. 3–14.

29. The influence of soil management on soil properties and yield of crop rotation / D. Feizienė et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2007. No. 3, Issue 94. P. 129–145.

30. The main physical properties of planosol in maize (*Zea mays* L.) cultivation under different longterm reduced tillage practices in the Baltic region / K. Romaneckas et al. *Journal of Integrative Agriculture*. 2015. Vol. 14, Issue 7. P. 1309–

29. The influence of soil management on soil properties and yield of crop rotation / D. Feizienė et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2007. № 3, Issue 94. P. 129–145.
30. The main physical properties of planosol in maize (*Zea mays* L.) cultivation under different longterm reduced tillage practices in the Baltic region / K. Romaneckas et al. *Journal of Integrative Agriculture*. 2015. Vol. 14, Issue 7. P. 1309–1320. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60962-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60962-X).
31. Velykis A., Satkus A. The impact of tillage, Caamendment and cover crop on the physical state of a clay loam soil. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2018. No. 1, Issue 105. P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.001>.
32. WRB. World reference base for soil resources / FAO. *World Soil Resources Reports*. 2014. No. 106. P. 187–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.006>.
1320. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60962-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60962-X).

Received 20.08.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-3

UDC 633.2.03:631.8

T. I. MARTSINKO, candidate of agricultural sciences

A. H. DZIUBAILO, doctor of agricultural sciences

N. V. KARASEVYCH, scientist

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

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

81115, e-mail: tarmarc@ukr.net

FORMATION OF SOWED MIXTURES OF MEADOW GRASSES UNDER THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZER

The aim of the research was to identify the features of growth, development and formation of elements of productivity of perennial grasses in grass mixtures of hay morphotype depending on the level of mineral fertilizer.

The experiment started in 2016 by the spring uncovered method of sowing on sod-podzolic surface-gleyed medium-acid loamy soils. Were sown perennial grasses: perennial fenugreek – variety Drohobyskyi 16, timothy grass – Pidhirianka, meadow fescue – Liulinetska 3, meadow clover – Peredkarpatska 33 and bird's-foot trefoil – Aiaks.

The grass-stand was fertilized with nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers in the form of ammonium nitrate, granular superphosphate and potassium salt. A complex of microelements in chelated form Mikrofol Kombi was used for foliar feeding.

The research results show that the highest dry matter yield of 9.08 t/ha is formed by sowing meadow clover, bird's-foot trefoil and a mixture of cereal grasses (timothy grass, orchard grass, perennial fenugreek) when applying mineral fertilizers at a dose of $N_{60}P_{60}K_{60}$. When sowing timothy grass with meadow clover on a similar agricultural background, the yield of dry mass was 8.56 t/ha.

The grass mixture with the original 100% composition of cereal grasses provided the lowest feed output. On average the yield of dry matter from 1 ha was 2.15–5.92 tons, green mass 9.85–22.58, respectively.

In the clover-timothy grass mixture, the share of meadow clover in the harvest, on average over the years of grass use, remained at the level of 28.5; 28.6; 23.2; 22.7 and 17.0 % in the green mass. In a five-component mix (timothy grass, orchard grass, perennial fenugreek, meadow clover, bird's-foot trefoil) fraction of meadow clover in grass-stand made only 13.8–15.4 %. The content of bird's-foot trefoil on average for four years of use was 11.3–22.8 % of the green mass.

It is established that the mixture of timothy grass with meadow clover provides the highest yield of feed units – 7.07 t/ha and digestible protein of 1.08 t/ha with the use of complete mineral fertilizer. The supply of one feed unit with digestible protein reaches 140 g.

Key words: grass mixtures, fertilizers, botanical composition, productivity, dry weight, feed units.

Марцінко Т. І., Дзюбайло А. Г., Карасевич Н. В.

Інститут сільськогосподарства Карпатського регіону НААН

Формування сіяних сумішей лучних трав під впливом мінерального удобрення

Метою досліджень було виявити особливості формування елементів продуктивності багаторічних трав у травосумішках сінокісного типу залежно від рівня мінерального удобрення.

Дослід було закладено в 2016 р. весняним безпокровним способом сівби на дерново-підзолистих поверхнево оглеєних середньокислих суглинкових ґрунтах. З багаторічних трав висівали: пажитницю багаторічну – сорт Дрогобицький 16, тимофіївку лучну – Підгірянка, кострицю лучну – Люлінецька 3, конюшину лучну – Передкарпатська 33 і лядвенець рогатий – Аякс.

Травостій удобрювали азотними, фосфорними та калійними добривами у формі аміачної селітри, гранульованого суперфосфату і калійної солі. Використовували комплекс мікроелементів у хелатній формі мікрофол комбі для позакореневого (листового) підживлення травостою.

Дослідженнями встановлено, що найбільша врожайність сухої речовини (9,08 t/ha) формується за сівби конюшини лучної, лядвенцю рогатого і сумішки злакових трав (тимофіївка лучна, грястиця збірна, пажитниця багаторічна) при внесенні мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$. За сівби тимофіївки лучної з конюшиною лучною на аналогічному агрофоні урожайність сухої маси становила 8,56 t/ha.

Травосуміш з вихідним 100-відсотковим складом злакових трав забезпечила найменший збір корму. За усереднених даних, вихід з 1 га сухої речовини становив 2,15–5,92 т, зеленої маси – відповідно 9,85–22,58.

У конюшино-тимофіївковій травосумішці частка конюшини лучної в урожаї в середньому за роки використання травостою зберігалася на рівні 28,5; 28,6; 23,2; 22,7 і 17,0 % в зеленій масі. У п'ятикомпонентній сумішці (тимофіївка лучна, грястиця збірна, пажитниця багаторічна, конюшина лучна, лядвенець рогатий) частка конюшини лучної у формуванні травостою становила лише 13,8–15,4 %. Вміст лядвенцю рогатого в середньому за чотири роки використання становив 11,3–22,8 % в зеленій масі.

Встановлено, що сумішка тимофіївки лучної з конюшиною лучною забезпечує найвищий вихід кормових одиниць (7,07 t/ha) і перетравного протеїну (1,08 t/ha) за використання повного мінерального добрива. Забезпеченість однієї кормової одиниці перетравним протеїном досягає 140 г.

Ключові слова: травосумішки, удобрення, ботанічний склад, продуктивність, суха маса, кормові одиниці.

Introduction. The basics of the formation of highly productive sown grass-stands provide a sound approach to the development and practical application of effective methods of their creation and rational use.

Sown grasslands, like natural ones, are a holistic system in which all the components are closely linked by metabolic processes. Therefore, a very important issue is the selection of the optimal number of herbs types that are part of the grass mixture. For a long time it was considered expedient to sow complex grass mixtures, which include 8–10 and even 15 species [1, 5, 7, 11, 25]. Later it was experimentally proved that grass mixtures of simplified type of 4–5 species, and on a high agro-background – with a smaller number of species in terms of productivity are not inferior to complex, while significantly reducing seed costs, improving care, more appropriate use of grass with biological characteristics of the main components of herbal mixture.

It should be noted that the grass mixture is a planned mixture of populations, species, varieties of grasses that live and develop according to different patterns than in single-species crops. Each population included in the grass mixture consists of genotypically and phenotypically diverse individuals, has its own optimum, maximum and minimum conditions for the accumulation of organic matter. At the same time, each population in a mixed crop serves as a living condition for others. A change in the number and biomass of one leads to changes in the other components. For each population it is necessary to create such conditions which would provide the greatest yield of all mix during all period of use. Therefore, it is important to know how relationships are formed in the process of their mutual sphere formation, types of behavior of different species in mixtures and changes that occur in the composition of grass mixtures over time [3,4, 7, 14, 15, 21, 24, 29].

To save energy, it is important to continue the use of legumes in grasslands up to 5-6 years [3, 10, 18]. This can be achieved by including in the grass mixture stable, long-lived types of legumes, the correct mode of use. According to M.F. Davydyuk and others, one of such ways may be to reduce the seeding rate. On average, in three years the highest yield was provided by legume-cereal grass mixture with half the sowing rate of cereals and the generally accepted sowing rate of legume components on the background of phosphorus-potassium fertilizers [7]. Reducing the sowing rates of cereal components at a constant sowing rate of legumes increases the productivity of grasslands by 1.3 times. The highest protein content and collection of feed units is observed in the same variant. This

technology helps to increase the fixation of biological nitrogen by 2.1 times [1, 10–14, 17, 19].

It is established that after 3–5 years of grass use with more legume component, soil enrichment by 210–250 kg/ha of nitrogen is achieved due to root mass and formation of 7–12 t/ha of humus [15, 17]. 8 years after sowing of perennial grasses, the stock of humus in the upper (80 cm) layer increased by 25 t/ha [16]. Perennial legumes increase soil fertility much more than cereals. After all, with their crop-root residues, in the soil remains about 50% of nitrogen fixed from the air, which significantly increases the yield of subsequent crops for 2–3 years. Perennial legumes are able to form 500–700 kg/ha of humus annually, which is equivalent to the application of 20–30 t/ha of manure [10, 23, 26–28]. Also, when growing legumes, a certain part of the phosphorus accumulated by plants remains in the soil and is contained in organic matter (root system), which is easily decomposed by microorganisms.

Clover, depending on the conditions of cultivation and development, during the year can absorb from the air about 140 kg/ha of nitrogen, in the soil remains 60–80 kg/ha. The cost of 1 quintal of feed from clover compared to other forage crops is quite low and it has only 170 g of digestible protein per 1 feed unit [10, 20]. When meadow clover and trifolium repens is included in the mixture in the quantity of 5 and 3 kg/ha respectively – productivity of grasslands increases by 1.5–2 times, which is equivalent to the introduction of 61–95 kg/ha of mineral nitrogen on cereals [8, 16, 20, 22, 30].

However, in modern meadow grasses growing it is impossible to completely abandon the application of nitrogen fertilizers, even on legumes, as a result, there will be a sharp decline in yield, and in a few years – the degeneration of grass. Experiments conducted by V.A. Tiuldiukov [19] showed that without the use of fertilizers the yield of grass was at the level of 1.7–2.4 t/ha of dry matter, at the average norms (N_{120} and N_{180}) – 3.9–6.0 t/ha.

Therefore, it is very important for obtaining high productivity of perennial grasses to ensure the correct selection of their species and fertilizer rates, taking into account the soil and climatic zones of cultivation.

Materials and methods. Experimental work was carried out during 2017–2020 at the Institute of Agriculture of the Carpathian Region of NAAS (Lishnia village, Drohobych district, Lviv region). The experiment was based on sod-podzolic surface-gleyed medium-acid loamy soils.

In early spring, the formed grass-stand was fertilized with nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers in the form of ammonium nitrate,

granular superphosphate and potassium salt. We used a complex of microelements in the chelated form of microfol combi for foliar feeding with grass.

Agricultural techniques in the experimental plots were generally accepted, except for the elements that were studied in the experiment. From perennial grasses were sown: perennial fenugreek – variety Drohobyskyi 16, timothy grass – Pidhirianka, meadow fescue – Liulinetska 3, meadow clover – Peredkarpatska 33 and bird's-foot trefoil – Aiaks.

The selection of grass mixtures and their ratios were determined in accordance with the recommendations for the area.

Harvest accounting was performed according to the method of the Institute of Feeds NAAS by the division–weight method. The content of absolutely dry matter was determined by drying plant samples in a thermostat at a temperature of 100–105 °C (DSTU ISO 6497:2005). Determination of species, botanical composition, yield structure and grass density was performed by sampling the green mass from the plots of each variant of 0.25 m² from the first and third repetitions, which were divided into botanical-economic groups: cereals, legumes, grasses (DSTU 6017:2008). The total nutritional value of feed was calculated in feed units, based on data from their own chemical analyzes and taking into account the coefficients of their digestibility according to the A.P. Dmitrochenko (1972) method. Processing and generalization of research results was performed using the variance method of mathematical statistics (Dospekhov B.A., 1985) using Microsoft Excel software [2, 9].

Results and discussion. The dry matter yield of the mixtures varied depending on the level of fertilizer and the species composition of the grass-stand. The collection of dry mass of sown grasses over the years of the study varied depending on the level of fertilizer in the range from 1.53 to 12.82 t/ha, and on average over four years – from 2.15 to 9.08 t/ha. This indicator was the lowest in areas fertilized only with phosphorus-potassium fertilizers at the rate of P₆₀K₆₀. Additional application of 30 kg of nitrogen per 1 ha in the spring increased the dry matter harvest from 0.68 to 1.48 t/ha, depending on the variant of the grass mixture (Table 1).

Increasing the nitrogen dose to 60 kg/ha in the variant with timothy meadow and meadow clover increased this figure to 8.56 t/ha, or 1.79 t/ha compared to the control, which is 26.4%. Further increase of the nitrogen dose to 90 kg/ha reduced the dry matter collection to 7.58 t/ha. This is due to a decrease in the share of meadow clover from 28.5% in areas fertilized with phosphorus-potassium fertilizers P₆₀K₆₀, to 17.0% in areas fertilized with complete mineral fertilizers at the rate of N₉₀P₆₀K₆₀.

Feeding the grass by applying over the vegetative mass of the drug microfol combi on the background of complete mineral fertilizers $N_{30}P_{60}K_{60}$ contributed to some increase in dry matter yield: 1.03–2.10 t/ha more compared to phosphorus-potassium fertilizer and 0.35–1.00 t/ha more in comparison with $N_{30}P_{60}K_{60}$ fertilizer.

Over the years of research, a significant difference in the yield of dry mass per area unit was observed. So, if in the first year of use of grass, from 1 hectare was collected depending on the level of fertilizer 2.49–12.82 t/ha of dry weight, on the second – 2.86–11.3 t/ha, on the third and fourth – accordingly only 1.73–6.88 and 1.53–6.91 t/ha.

1. Dry mass yield of sown grassland depending on fertilizer and composition of grass mixtures, t/ha

Grass mixtures (types of grasses and seeding rates)	Fertilizers	2017	2018	2019	2020	Ave- rage
Timothy-grass (6 kg/ha), meadow clover (16 kg/ha)	$P_{60}K_{60}$ – background (B)	11,93	8,15	4,42	2,58	6,77
	B + N_{30}	12,36	9,46	5,04	2,94	7,45
	B + N_{30} + treatment MK*	12,82	10,33	5,13	2,93	7,80
	B + N_{60}	11,45	10,62	6,63	5,54	8,56
	B + N_{90}	11,50	10,33	4,34	4,16	7,58
Timothy-grass (4 kg/ha), orchard grass (6 kg/ha), perennial fenugreek (6 kg/ha), meadow fescue (6 kg/ha)	$P_{60}K_{60}$ – background (B)	2,49	2,86	1,73	1,53	2,15
	B + N_{30}	4,84	4,80	2,19	2,48	3,58
	B + N_{30} + treatment MK*	5,01	6,68	2,61	2,70	4,25
	B + N_{60}	5,08	5,87	3,45	4,54	4,73
	B + N_{90}	6,64	8,34	4,20	4,50	5,92
Timothy-grass (4 kg/ha), orchard grass (6 kg/ha), perennial fenugreek (6 kg/ha), meadow clover (3 kg/ha), bird's-foot trefoil (3 kg/ha)	$P_{60}K_{60}$ – background (B)	9,58	7,62	5,25	3,74	6,55
	B + N_{30}	11,51	9,91	4,91	3,88	7,55
	B + N_{30} + treatment MK*	10,90	11,30	5,83	4,98	8,25
	B + N_{60}	11,41	11,12	6,88	6,91	9,08
	B + N_{90}	10,38	7,77	5,87	4,27	7,07
LSD _{0,5} , t/ha Factor A		0,20	0,27	0,08	0,09	
Factor B		0,25	0,33	0,11	0,20	
Interaction AB		0,44	0,57	0,22	0,25	

*MK – microfol combi.

And first of all it concerns sites fertilized only by phosphorus-potassium fertilizers. This is due to the loss of yielding grass-stands of legumes and cereals.

Thus, the highest yield of dry mass (9.08 t/ha) was provided by sowing of meadow clover, bird's-foot trefoil and a mixture of cereal grasses (timothy-grass, orchard grass, perennial fenugreek) when applying mineral fertilizers at a dose of $N_{60}P_{60}K_{60}$. When sowing timothy-grass with meadow clover on a similar agricultural background, the dry matter yield was 8.56 t/ha.

According to the averaged data during 2017–2020, the quantity of meadow clover in the experiment was 17.0–28.6% and the quantity of bird's-foot trefoil was 11.3–22.8%. The content of legumes in the variants with the introduction of starting doses of nitrogen (N_{30}) was 29.0–28.6%, while in the background variant – 28.5–37.2% in the green mass. And further increase in doses of nitrogen fertilizers significantly reduced the amount of legumes in the grass. In the variant with sowing only cereal grasses, their content in the herbage was 72.7–86.0%, self-seeding grasses – 13.9–27.3% in the green mass (Table 2).

2. Botanical and economic composition of grass-stands depending on fertilizer and composition of grass mixtures, average for 2017–2020, % of the total yield

Grass mixtures (types of grasses and seeding rates)	Fertilizers	Meadow clover	Bird's- foot trefoil	Cereals	Different herbs
1	2	3	4	5	6
Timothy-grass (6 kg/ha), meadow clover (16 kg/ha)	$P_{60}K_{60}$ – background (B)	28,5	-	58,3	13,3
	B + N_{30}	28,6	-	57,4	14,0
	B + N_{30} + treatment MK*	23,2	-	61,1	15,5
	B + N_{60}	22,7	-	65,1	12,2
	B + N_{90}	17,0	-	70,8	12,2
Timothy-grass (4 kg/ha), orchard grass (6 kg/ha), perennial fenugreek (6 kg/ha), meadow fescue (6 kg/ha)	$P_{60}K_{60}$ – background (B)	-	-	72,7	27,3
	B + N_{30}	-	-	80,5	19,4
	B + N_{30} + treatment MK*	-	-	76,0	23,8
	B + N_{60}	-	-	80,6	19,3
	B + N_{90}	-	-	86,0	13,9

1	2	3	4	5	6
Timothy-grass (4 kg/ha), orchard grass (6 kg/ha), perennial fenugreek (6 kg/ha), meadow clover (3 kg/ha), bird's-foot trefoil (3 kg/ha)	P ₆₀ K ₆₀ – background (B)	14,4	22,8	51,7	11,0
	B + N ₃₀	15,0	14,0	57,0	14,2
	B + N ₃₀ + treatment MK*	13,0	11,3	59,6	17,3
	B + N ₆₀	15,4	11,9	63,0	9,62
	B + N ₉₀	13,8	13,3	62,3	10,6

There is no clear dependence of the change in the content of the legume component in the green mass on the foliar feeding of grasses with the drug microfol combi.

Increasing the rate of application of nitrogen fertilizers in the experiment to N₉₀ significantly reduced the percentage of sown legumes in the grass-stand and, as a consequence, led to a decrease in yield. Thus, if in the areas fertilized only with phosphorus-potassium fertilizers P₆₀K₆₀, legumes in the grassland averaged 28.5–37.2% over the years of research, then in the areas fertilized with N₃₀P₆₀K₆₀ – 21.0–29.0%.

A further increase the nitrogen dose to N₆₀ slightly reduced the content of the legume component in both grass mixtures: up to 22.7% on timothy-clover and in the mixture, which included meadow clover (3 kg/ha) and bird's-foot trefoil (3 kg/ha), to 27.3%. Application of N₉₀ reduced the content of legumes in the grassland to 17.0% in the first and to 27.1% in the third grass mixture.

The purpose of growing legumes and cereals is to increase the production of digestible protein and fully provide with it a feed unit. In our case, 1 kg of dry mass of legume-cereal grass mixtures contains 0.60–0.92 feed units, and digestible protein in the feed unit – 102–143 g, which is fully consistent with the established zootechnical standards for feeding animals (Table 3).

Low saturation of the fodder unit with digestible protein was observed in the variants with sown cereal grasses – only 53.9–103 g. However, the feed of cereal grasses when applying nitrogen fertilizers was characterized by a sufficient content of feed units – 65–73 g in 1 kg of dry weight. As the nitrogen dose increased from 30 to 60 kg/ha, the yield of feed units increased.

3. Nutrition and productivity of dry mass of sown grass-stand fodder depending on fertilizer and composition of grass mixtures, average for 2017-2020

Grass mixtures (types of grasses and seeding rates)	Fertilizers	Feed units in 1 kg	Yield of feed units, t/ha	Digestible protein in 1 feed unit, g	Output of raw protein, t/ha
Timothy-grass (6 kg/ha), meadow clover (16 kg/ha)	P ₆₀ K ₆₀ – background (B)	0,66	4,47	102	0,69
	B + N ₃₀	0,70	5,21	127	0,66
	B + N ₃₀ + treatment MK*	0,65	5,07	135	0,68
	B + N ₆₀	0,90	7,70	140	1,08
	B + N ₉₀	0,92	6,97	143	1,00
Timothy-grass (4 kg/ha), orchard grass (6 kg/ha), perennial fenugreek (6 kg/ha), meadow fescue (6 kg/ha)	P ₆₀ K ₆₀ – background (B)	0,50	1,07	53,9	0,12
	B + N ₃₀	0,73	2,61	69,3	0,24
	B + N ₃₀ + treatment MK*	0,72	3,06	75,9	0,32
	B + N ₆₀	0,72	3,40	82,8	0,39
	B + N ₉₀	0,65	3,84	103	0,61
Timothy-grass (4 kg/ha), orchard grass (6 kg/ha), perennial fenugreek (6 kg/ha), meadow clover (3 kg/ha), bird's-foot trefoil (3 kg/ha)	P ₆₀ K ₆₀ – background (B)	0,64	4,19	125	0,52
	B + N ₃₀	0,65	4,91	121	0,59
	B + N ₃₀ + treatment MK*	0,64	5,28	124	0,65
	B + N ₆₀	0,60	5,45	131	0,71
	B + N ₉₀	0,61	4,31	115	0,50

* MK – microfol combi.

Conclusions. The highest yield with a dry matter of 9.08 t/ha is formed by sowing meadow clover, bird's-foot trefoil and a mixture of cereal grasses (timothy-grass, orchard grass, perennial fenugreek) when applying mineral fertilizers at a dose of $N_{60}P_{60}K_{60}$. During the sowing of timothy-grass with meadow clover on a similar agricultural background, the dry matter yield was 8.56 t/ha.

The use of microelements in the form of the drug microfol combi contributed to some increase in yield indicators, namely: on the grass mixture of timothy-grass (6 kg/ha) and hybrid clover (16 kg/ha) by 0.35 t/ha; cereal grassland – 0.67 t/ha; on grassland of timothy-grass (4 kg/ha), perennial fenugreek (6 kg/ha), perennial fenugreek (6 kg/ha), meadow clover (3 kg/ha) and bird's-foot trefoil (3 kg/ha) – 0.70 t/ha of dry mass.

Increasing the rate of application of nitrogen fertilizers in the experiment to N_{90} significantly reduced the percentage of sown legumes in the grass and, as a consequence, led to a decrease in yield.

It was found that the mixture of timothy-grass with meadow clover provides the highest yield of feed units (7.07 t/ha) and digestible protein (1.08 t/ha) with the use of complete mineral fertilizer. The supply of one feed unit with digestible protein reaches 140 g.

Список використаної літератури

1. Агроекобіологічні основи створення та використання лучних фітоценозів / М. Т. Ярмолюк та ін. Львів, 2013. 304 с.
2. Бабич А.О. Методика проведення дослідів з кормовиробництва та годівлі тварин. Київ, 1994. 80 с.
3. Багаторічні бобово-злакові травосуміші в інтенсивному кормовиробництві / Л. М. Єрмакова та ін. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 6. С. 36–37.
4. Байер Я., Петр И., Черны В. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур / пер. с чеш. З. К. Благовещенской. Москва : Колос, 1984. 367 с.
5. Боговін А. В., Пташник М. М., Дудник С. В. Відновлення продуктивних, екологічно стійких трав'янистих біогеоценозів на антропотрансформованих едафотопях. Київ, 2017. 356 с.
6. Влох В. Г., Кириченко Н. Я.,

References

1. Agroecobiological bases of creation and use of meadow phytocenoses / M. T. Yarmoliuk et al. Lviv, 2013. 304 p.
2. Babych A. O. Methods of conducting experiment on forage production and animal feeding. Kyiv, 1994. 80 p.
3. Perennial legume-cereal mixtures in intensive fodder production / L. M. Yermakova et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 1999. No 6. P. 36–37.
4. Baier Ja., Petr I., Cherny V. Formation of the harvest of the main agricultural crops / per. s chesh. Z. K. Blagoveshenskoy. Moscow : Kolos, 1984. 367 p.
5. Bohovin A. V., Ptashnik M. M., Dudnyk S. V. Restoration of productive, ecologically sustainable herbaceous biogeocenoses on anthropotransformed edaphotopes. Kyiv, 2017. 356 p.
6. Vlokh V. H., Kyrychenko N. Ya., Kohut P. M. Meadow cultivation.

Когут П. М. Луківництво. Київ : Урожай, 2003. 118 с.

7. Давидюк М. Ф., Белаш В. А., Кочик Г. М. Створення високопродуктивних сінокосів за ресурсощадливою технологією. *Корми і кормовиробництво*. 2001. Вип. 47. С. 207–210.

8. Давидюк О. М. Вплив травосумішок на продуктивність пасовищ та якість кормів. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 7. С. 71.

9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. Москва, 1985. 351 с.

10. Лазарев Н. Н., Благовещенский К. А. Многолетние травы в интенсивном молочном скотоводстве Западной Европы. *Известия ТСХА*. 2015. Вип. 6. С. 101–107.

11. Макаренко П. С. Влияние режимов использования и норм азотных удобрений на продуктивность бобово-злакового травостоя и качество корма. *Корма и кормопроизводство*. 1989. Вип. 28. С. 42–47.

12. Марцінко Т. І. Вплив удобрення на продуктивність та ботаніко-господарський склад сіяних лучних агроценозів. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (1). С. 135–145.

13. Марцінко Т. І., Дзюбайло А. Г., Карасевич Н. В. Продуктивність бобово-злакового травостою залежно від удобрення в умовах Передкарпаття. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 145–155.

14. Особливості формування різновікових лучних травостойів залежно від поверхневого поліпшення / У. О. Котяш та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 117–129.

15. Сайко В. Ф. Проблема забезпечення ґрунтів органічною речовиною. *Вісник аграрної науки*. 2003.

Kyiv : Urozhai, 2003. 118 p.

7. Davydiuk M. F., Belash V. A., Kochyk H. M. Creation of highly productive hayfields on resource-saving technology. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2001. Issue 47. P. 207–210.

8. Davydiuk O. M. Influence of grass mixtures on pasture productivity and fodder quality. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2001. No 7. P. 71.

9. Dosphehov B. A. Methodology of field experiment (with basics of statistical processing of research results). 5th ed. Moscow, 1985. 351 p.

10. Lazarev N. N., Blagoveshhenskij K. A. Perennial grasses in intensive dairy farming in Western Europe. *Izvestija TSKhA*. 2015. Issue 6. P. 101–107.

11. Makarenko P. S. Influence of the modes of use and norms of nitrogen fertilizers on the productivity of leguminous-cereal herbage and the quality of forage. *Korma i kormoproizvodstvo*. 1989. Issue 28. P. 42–47.

12. Martsinko T. I. Influence of fertilizer on productivity and botanical and economic composition of sown meadow agrocnoses. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2020. Issue 68 (1). P. 135–145.

13. Martsinko T. I., Dziubailo A. H., Karasevych N. V. Productivity of leguminous and cereal grasses depending on fertilizer in the conditions of Precarpathians. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2019. Issue 66. P. 145–155.

14. Features of formation of different age meadow grasses depending on surface improvement / U. O. Kotyash et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2019. Issue 66. P. 117–129.

15. Saiko V. F. The problem of providing soils with organic matter. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2003. No 5. P. 5–9.

16. Satsyk V. O. Productivity of legumes and legume-cereal mixtures when used indirectly. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2000. No 5. P. 67–68.

№ 5. С. 5–9.

16. Садик В. О. Продуктивність бобових трав та бобово-злакових травосумішок при укісному використанні. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 5. С. 67–68.

17. Тебердієв Д. М., Родионова А. В. Эффективность удобрений на долголетнем сенокосе. *Кормопроизводство*. 2015. № 10. С. 3–7.

18. Тоомре Р. И. Долголетние культурные пастбища. Москва : Колос, 1996. 399 с.

19. Тюльдюков В. А., Прудников А. Д., Самойлова Л. Г. Формирование многолетних агрофитоценозов на мелиорированных землях при различных способах их использования и уровнях минерального питания. *Известия ТСХА*. 1995. Вып. 4. С. 14–36.

20. Яценко М., Приступа В. Конюшина – перспективна культура. *Тваринництво України*. 2000. № 3/4. С. 29.

21. A plant-functional-type approach tailored for stakeholders involved in field studies to predict forage services and plant biodiversity provided by grasslands / M. Duru et al. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 70. P. 2–18.

22. Benjamin F. Tracy. Conditions that favor clover establishment in permanent grass swards. *Grassland Science*. 2014. Vol. 61. P. 34–40.

23. Dry-matter yield of *Lotus* varieties in white clover grass mixtures in a low-fertility soil / A. H. Marshall et al. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69, Issue 2. P. 294–302.

24. Fychan R., Sanderson R., Marley C. L. Effects of harvesting red clover/ryegrass at different stage of maturity on forage yield and quality. *Grassland Science in Europe*. 2016. Vol. 21 : The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. P. 323–325.

25. Huyghe C., De Vlieghe A., Golinski P. European grasslands overview: Temperate region. *Grassland Science in Europe*. 2014. V. 19. P. 29–40.

17. Teberdiiev D. M., Rodionova A. V. Fertilizer efficiency in long-term haymaking. *Kormoproizvodstvo*. 2015. No 10. P. 3–7.

18. Toomre R. I. Long-term cultivated pastures. Moscow : Kolos, 1996. 399 p.

19. Tiul'diukov V. A., Prudnikov A. D., Samojlova L. G. Formation of perennial agrophytocenoses on reclaimed lands with different methods of their use and levels of mineral nutrition. *Izvestija TSKhA*. 1995. Issue 4. P. 14–36.

20. Yatsenko M., Prystupa V. Clover is a promising crop. *Tvarynyystvo Ukrainy*. 2000. No 3/4. P. 29.

21. A plant-functional-type approach tailored for stakeholders involved in field studies to predict forage services and plant biodiversity provided by grasslands / M. Duru et al. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 70. P. 2–18.

22. Benjamin F. Tracy. Conditions that favor clover establishment in permanent grass swards. *Grassland Science*. 2014. Vol. 61. P. 34–40.

23. Dry-matter yield of *Lotus* varieties in white clover grass mixtures in a low-fertility soil / A. H. Marshall et al. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69, Issue 2. P. 294–302.

24. Fychan R., Sanderson R., Marley C. L. Effects of harvesting red clover/ryegrass at different stage of maturity on forage yield and quality. *Grassland Science in Europe*. 2016. Vol. 21 : The multiple roles of grassland in the European bioeconomy. P. 323–325.

25. Huyghe C., De Vlieghe A., Golinski P. European grasslands overview: Temperate region. *Grassland Science in Europe*. 2014. Vol. 19. P. 29–40.

26. Isselstein J., Kayser M. Functions of grasslands and their potential in delivering ecosystem services. *Grassland Science in Europe*. 2014. Vol. 19. P. 199–214.

27. Long-term time series of legume cycles in a semi-natural montane

26. Isselstein J., Kayser M. Functions of grasslands and their potential in delivering ecosystem services. *Grassland Science in Europe*. 2014. Vol. 19. P. 199–214.
27. Long-term time series of legume cycles in a semi-natural montane grassland: evidence for nitrogen-driven grass dynamics? / T. Herben et al. *Functional Ecology*. 2017. Vol. 31. P. 1430–1440.
28. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe / Luscher A. et al. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69. P. 206–228.
29. Relationships between botanical composition, yield and forage quality of permanent grasslands over the first growth cycle / D. Andueza et al. *Grass and Forage Science*. 2015. Vol. 71. P. 366–378.
30. Weggler K., Thumm U., Elsaesser M. Development of Legumes After Reseeding in Permanent Grassland, as Affected by Nitrogen Fertilizer Applications. *Agriculture*. 2019. Vol. 9, Issue 10. 207. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/9/10/207> (last accessed: 20.09.2021).
- grassland: evidence for nitrogen-driven grass dynamics? / T. Herben et al. *Functional Ecology*. 2017. Vol. 31. P. 1430–1440.
28. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe / Luscher A. et al. *Grass and Forage Science*. 2014. Vol. 69. P. 206–228.
29. Relationships between botanical composition, yield and forage quality of permanent grasslands over the first growth cycle / D. Andueza et al. *Grass and Forage Science*. 2015. Vol. 71. P. 366–378.
30. Weggler K., Thumm U., Elsaesser M. Development of Legumes After Reseeding in Permanent Grassland, as Affected by Nitrogen Fertilizer Applications. *Agriculture*. 2019. Vol. 9, Issue 10. 207. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/9/10/207> (last accessed: 20.09.2021).

Received 29.06.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-4

UDC 633.844:631.526.3

O. M. SLUCHAK, scientist

O. P. VOLOSHCHUK, I. S. VOLOSHCHUK, doctors of agricultural sciences

V. V. HLYVA, candidate of agricultural sciences

M. Yu. VOLOSHCHUK, scientist

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

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

81115, e-mail: olexandravoloschuk53@gmail.com

CURRENT STATE OF WHITE MUSTARD PRODUCTION AND ITS NATIONAL VALUE

The article substantiates the prospects for growing white mustard as an important financial source of agricultural enterprise. The sowing areas in the world, in Ukraine and markets for the products are given. A comprehensive analysis of economically valuable properties of the culture and its application as a food and technical culture has been made. Mustard is a valuable crop precursor: liberates the field early; a powerful root system drains the soil well, enriches it with organic matter; root and crop residues have a depressing effect on the development of diseases. The root system is able to assimilate nutrients from poorly soluble forms of potassium and phosphorus, therefore it can grow on low-fertile soils with a slightly acidic reaction. Mustard is an ecologically plastic crop. The formation of 1 ton of seeds requires 55–60 kg of nitrogen, 25–30 kg phosphorus and 25–35 kg potassium. The agro-ecological advantages of growing mustard in Ukraine, its medico-biological properties, high profitability of production (more than 110 %) contribute to the further development of the sales market, its processing and increase the profitability of the crop.

Mustard is a cheap and effective fertilizer, green manure. Seeds (almost 100% of use) can be used in many areas of production. A by-product is mustard meal, which, after degreasing and grinding, turns into mustard powder – a product that is appreciated in the domestic and foreign markets. Mustard oil is used in food, confectionery, canning, margarine, soap-making, perfumery, paint and varnish industries. Natural antiseptic properties, due to the specific chemical composition and the presence of essential oil, make it possible to use it in medicine. Mustard oil is distinguished by a high content of biologically active substances necessary for our body (vitamins (A, D, E, K), fatty acids, phytosterols, chlorophyll, phytoncides etc.). Linoleic and linolenic essential fatty acids in mustard oil improve functioning of the cardiovascular system, normalize fat metabolism, maintain optimal hormonal balance, help strengthen immune system, and neutralize harmful effects of toxins.

© Sluchak O. M., Voloshchuk O. P., Voloshchuk I. S.,
Hlyva V. V., Voloshchuk M. Yu., 2021

It was determined that a number of scientific institutions of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine system are working on the development, testing and transfer to production of new varieties of mustard.

The main reasons for the insufficient popularity of the culture are given, they do not contribute to its spread into production – absence of new ecologically plastic varieties and imperfect cultivation technologies related to other oilseeds.

Key words: white mustard, variety, sowing areas, sales markets, meaning.

Случак О. М., Волощук О. П., Волощук І. С., Глива В. В., Волощук М. Ю.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Сучасний стан виробництва гірчиці білої та її народногосподарське значення

Обґрунтовано перспективи вирощування гірчиці білої як важливого фінансового джерела сільськогосподарського підприємства. Наведено площі посівів у світі й Україні та ринки збуту продукції. Зроблено всебічний аналіз її господарсько цінних властивостей й застосування як продовольчої і технічної культури. Гірчиця – цінний попередник для культур: рано звільняє поле; потужна коренева система добре дренажує ґрунт, збагачує органічними речовинами; кореневі та пожнивні рештки гнітюче впливають на розвиток хвороб. Коренева система має здатність засвоювати поживні речовини з важкорозчинних форм калію та фосфору, тому може рости на низькороздіючих ґрунтах із слабокислою реакцією. Гірчиця є екологічно пластичною культурою. На формування 1 т насіння потребує 55–60 кг азоту, 25–30 – фосфору та 25–35 кг – калію. Агроекологічні переваги вирощування гірчиці в Україні, її медико-біологічні властивості, висока рентабельність виробництва продукції (понад 110 %) сприяють подальшому розвитку ринку збуту, її переробки та підвищення прибутковості культури.

Гірчиця є дешевим і ефективним засобом удобрення ґрунту як сидеральна культура. Насіння (майже 100 % використання) можна застосовувати в багатьох галузях виробництва. Побічний продукт – гірчичний шрот, який після знежирення та подрібнення перетворюється на гірчичний порошок – продукт, що ціниться на вітчизняному та зовнішньому ринках. Олію гірчиці використовують у харчовій, кондитерській, консервній, маргариновій, миловарній, парфумерній та лакофарбовій промисловості. Природні антисептичні властивості, зумовлені специфічним хімічним складом та наявністю ефірної олії, дозволяють застосовувати її і в медицині. Гірчичну олію вирізняє високий вміст біологічно активних речовин, потрібних нашому організмові (вітаміни (А, D, Е, К), жирні кислоти, фітостероли, хлорофіл, фітонциди тощо). Лінолева та ліноленова незамінні жирні кислоти, що містить олія гірчиці, поліпшують роботу серцево-судинної системи, нормалізують жировий обмін, підтримують оптимальний гормональний баланс, сприяють зміцненню імунітету, нейтралізують шкідливий вплив токсинів.

Визначено, що наукові установи системи Національної академії аграрних наук України ведуть роботу із розробки, випробування та передачі в виробництво нових сортів гірчиці.

Наведено основні причини недостатньої популярності культури, що не сприяють її поширенню в виробництві, а це відсутність нових екологічно пластичних сортів та недосконалі технології вирощування, споріднені з іншими олійними культурами.

Ключові слова: гірчиця біла, сорт, площі посівів, ринки збуту, значення.

A feature of modern world agribusiness is the progressive growth of energy crops production, especially oilseeds. According to analysts, in the coming years the demand for these crops will only increase, as they are a reliable financial source, the main market for products is Western Europe and New World [29].

World sown areas under mustard in recent years range from 0.7 to 1.1 million hectares. The main player in the world market of food mustard is Canada – up to 70% of export-import operations. EU countries import up to 100,000 tons of mustard seeds annually and European purchase prices are much higher than in Ukraine, which in the long run should be taken into account by Ukrainian farmers. Mustard of the highest quality that meets the developed standards is classified as food, and unfit for human consumption – to technical. Accordingly, Canada and the United States produce high-quality mustard, the Black Sea countries (Ukraine, Russia) – ordinary industrial. And the countries of the Indian continent (India, Nepal) are engaged in the cultivation of both conventional for food and technical [25, 29].

In Ukraine, sunflower is mostly produced among oilseeds, and white mustard could be an alternative crop, which makes it possible to increase the production of vegetable oils without deteriorating the condition of the soil. In search of high-yielding essential oil crops, scientists and businesses are increasingly paying attention to mustard, in addition, the dynamics of the market for this crop shows an increase in demand for it in recent years. In terms of crop area, this crop is among the top ten world leaders, and in Ukraine its area is second only to sunflower, rapeseed, soybean and flax oilseeds. Agri-environmental benefits of mustard cultivation in Ukraine, its medical and biological properties, high profitability of production (over 110%) contribute to the further development of the market for mustard, its processing and increase the profitability of the crop. Its total area as a "niche culture" is in the range of 49.5–59.0 thousand hectares. It is a reliable financial source that successfully competes with sunflower and soybeans,

while up to 90% of all seeds grown in Ukraine are exported (about 40 thousand tons) [26].

Mustard seed production in Ukraine is a chaotic phenomenon rather than purposeful. The reasons for such fluctuations in the popularity of culture should be considered in two contexts: first, in agrobiological (lack of production of varieties with a sufficient level of adaptive traits to the complex of abiotic and biotic adverse environmental factors); secondly – in agro-technological (the vast majority of agricultural producers use outdated cultivation technologies at best, at worst – use some technological methods of zonal technologies for growing related crops, especially rapeseed). According to analysts, for the first time in the last few seasons there is a slight increase in the gross harvest of mustard seeds, which contributed to the expansion of sown areas. Thus, in 2018 the area under mustard increased by 17.4 thousand hectares compared to the previous one and amounted 57.9 thousand hectares. Most mustard is grown in the southern regions of Ukraine, about 26% of its crops are, in particular, in the Kherson region (15 thousand hectares). Also, a significant part of mustard sown areas is concentrated in Zaporizhia (8.7 thousand hectares) and Luhansk (8 thousand hectares) regions. The average yield of mustard is much higher than in the rest of the world: blue mustard (Sarepta) from 1.0 to 1.2 t/ha, white – from 1.5 to 2.5 t/ha of seeds and up to 30 t/ha – green mass [9, 17].

The rapid dynamics of climate change in the direction of warming also contributes to the expansion of white mustard crops, which significantly changes the usual ideas about the diversity of biological set and technological capabilities of long-known crops [5, 13].

Mustard is an ecologically plastic crop among oil cultures [14, 28]. It is undemanding to environmental conditions, grows on almost all types of soil but requires the presence of nutrients in the soil. It consumes 55-60 kg of nitrogen, 25-30 kg of phosphorus and 25-35 kg of potassium to form 1 ton of seeds. It is recommended to apply phosphorus-potassium fertilizers under the main tillage. The optimal is early sowing period, simultaneously with the early cereals. Sow in a continuous row method. And early sowing has the following benefits:

- a) low positive temperatures and moist topsoil contribute to the formation of a strong root system and leaf rosette, which increases the competitiveness of the crop against weeds;

- b) mustard is a long-day plant, so in the case of late sowing, it is faster to go through all phases of growth and development, which negatively affects yields;

- c) early sowing helps to reduce the harmfulness of cruciferous fleas.

Productive consumption of soil moisture makes the crop more drought resistant. White mustard gives high yields of green mass, which is well eaten by animals, so it has long been used for green fodder. It is also a honey crop [2, 23].

White mustard is undemanding to environmental conditions, grows on almost all types of soils, except light sandy (undesirable). The root system is able to absorb nutrients from sparingly soluble forms of potassium and phosphorus, so it can grow on low-fertile soils with a weak acid reaction. The culture is cold-resistant, the seeds germinate at a temperature of +1 ... + 3 °C, seedlings in the rosette phase can withstand short-term spring frosts to -7... -9 °C. Optimal moisture supply – 350-450 mm during the growing season. Due to the early sowing of mustard, it makes the most efficient use of autumn-winter moisture reserves [18, 24].

An excellent green manure that can improve the condition of the soil, its fertility is an invaluable reserve for the use of white mustard on green manure. 90% of its root system penetrates deeper into the arable layer and well drains the soil layers, increases its permeability, aeration, suppresses diseases and pathogens which are contained in the soil. Mustard root secretions contain organic acids that, when interacting with the soil, are able to convert a number of mineral nutrients into accessible forms for the next crop. It is believed that the result after sowing mustard on green manure is similar to the introduction of humus. This culture structures the soil, enriches it with both organic and mineral nutrients due to the ability of the root system to dissolve and absorb nutrients inaccessible to other plants. Mustard reduces the population of pests and fungal infections in the soil. As a green manure – a good way to increase soil fertility and quality, which saves on fertilizers and plant protection products. It is a plant-phytomeliorant, because its root and crop residues inhibit the development of many diseases, the causative agents of which live in the soil. The use of mustard greens makes it possible to compensate significant proportion of biological forms and mineral phosphorus-potassium fertilizers [4, 15].

According to A. Gusarova, mustard leaves about 10 t/ha of crop residues in the air-dry mass, which, if properly involved in the soil-absorbing complex, can improve the presence of organic matter in the soil [6, 10, 16]. During decomposition, mustard fills the soil with all the necessary elements, in particular: 11-12 g of nitrogen compounds, 12-15 g of potassium and up to 1.9 g of phosphorus per square meter. All elements are in a form easily accessible to plants.

Mustard is a promising crop (it can yield almost as good as spring rape), because plant biology allows it to be used not only as a good

precursor that can improve agrophysical and phytosanitary properties of the soil, but also a cheap and effective means of fertilizing the soil as green manure crops, among which mustard is one of the most effective. Seeds can be used in many industries, and the processing of crop residues is also a great benefit, which allows to obtain fuel briquettes and pellets [20]. It is inexpedient to consider the culture of mustard as a raw material for oil production, because today there are technologies of almost 100% use not only of seeds, products of its primary processing, but also non-grain part of the crop. By-product – mustard meal, which after degreasing and grinding turns into mustard powder – a product that is valued in domestic and foreign markets on a par with oil. It is a major component of table mustard and mayonnaise, a variety of sauces and condiments, marinades and canning mixes. Mustard oil is used in the food, confectionery, canning, margarine, soap, perfume and paint industries. Natural antiseptic properties, due to the specific chemical composition and the presence of essential oil, allow it to be used in medicine [7, 8].

Mustard oil is characterized by a high content of biologically active substances needed by our body (vitamins (A, D, E, K), fatty acids, phytosterols, chlorophyll, volatile acids etc.). Linoleic and linolenic essential fatty acids in oil mustard, improves the cardiovascular system, normalizes fat metabolism, maintains optimal hormonal balance, strengthens the immune system, neutralizes the harmful effects of toxins. Antioxidant vitamin A normalizes metabolism, improves vision, protects skin and mucous membranes from healing, increased level of fat-soluble vitamin E in mustard oil is necessary for proper absorption of vitamins of other groups, normalization of metabolic processes, maintenance of energy balance, it prevents premature aging and destruction of body cells.

This powerful antioxidant has immune-stimulating, anti-inflammatory, wound healing and rejuvenating properties; helps lower cholesterol, prevents blood clots, strengthens the walls of blood vessels and capillaries. When applied topically, mustard oil is recommended in the treatment of arthritis, polyarthritis, rheumatism, radiculitis. It well relieves tension in muscles and ligaments after strenuous exercise. In folk medicine it is used for faster healing of cuts and injuries [3, 19].

It is also necessary to mention the constant demand for mustard seeds from the food and confectionery industries. In particular, its seeds are used to make high-grade bread (mustard bread), and the addition of mustard oil to the dough allows you to double the shelf life of bread before hardening, compared to traditional recipes. In the canning industry, mustard is used to make the best varieties of canned fish and meat, successfully

replacing Provencal oil – it is believed that the "brand" secret of the popular "Riga sprats" is in the use of mustard oil. Mustard oil is used in the food, confectionery, canning, margarine, soap, perfume and paint industries. Natural antiseptic properties, due to the specific chemical composition and the presence of essential oil, allow it to be used in medicine [1, 12].

Mustard seed production in Ukraine is a chaotic phenomenon rather than purposeful. The reasons for such fluctuations in the popularity of culture should be considered in two contexts: first – in agrobiological (lack of production of varieties with a sufficient level of adaptive traits to the complex of abiotic and biotic adverse environmental factors); secondly – in agro-technological (the vast majority of agricultural producers use outdated cultivation technologies, at worst – use some technological methods of zonal technologies for growing related crops, especially rapeseed) [11, 21, 22, 27, 30-32].

Today, a number of scientific institutions of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine are working on the development, testing and production of new mustard varieties. In particular: Institute of Oilseeds NAAS (Zaporizhia region), Prykarpattia State Agricultural Research Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian region NAAS, Prykarpattia National University n-d after Vasyl Stefanyk (Ivano-Frankivsk region), National Botanical Garden n-d after M. M. Hryshko of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv), Khmelnytsky State Agricultural Research Station of the Institute of Feed and Agriculture of Podillya NAAS, LLC "NDVAP "Ukrainian Mustard" (Khmelnytsky region), National Research Center "Institute of Agriculture NAAS" (Chabany), Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS (Rivne region) and others. For sowing it is necessary to use varieties adapted to the growing conditions in the relevant soil and climatic zones, which have passed the State variety test.

According to analysts, for the first time in the last few seasons there is a slight increase in the gross harvest of mustard seeds, which contributed to the expansion of sown areas. Thus, in 2018 the area under mustard in Ukraine increased by 17.4 thousand hectares compared to the previous one and amounted to 57.9 thousand hectares. Most mustard is grown in the southern regions of Ukraine, about 26% of its crops are, in particular, Kherson region (15 thousand hectares), Zaporizhzhia (8.7 thousand hectares) and Lugansk (8 thousand hectares) region [5].

Conclusions. The conditions of the Western Forest-Steppe zone meet the biological requirements of the culture in terms of natural soil fertility, the sum of effective temperatures and the amount of precipitation.

The reasons for the limited spread of white mustard in production are the insufficient number of new ecological and plastic varieties, limited production of pre-seasonal seeds and imperfect technology of its cultivation.

Список використаної літератури

1. Базалій В. В., Жуйков О. Г. Еколого-технологічне обґрунтування способу основного обробітку ґрунту при вирощуванні гірчиці білої в зоні Сухого Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 80. С. 9–14.
2. Велкова Н. И., Наумкин В. П. Использование горчицы белой и продуктов ее переработки в питании, медицине и косметике. Орел : ОрелГАУ, 2014. 154 с.
3. Видові особливості формування зеленої маси гірчиці в умовах Лівобережного Лісостепу України / А. В. Мельник та ін. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2017. № 2. С. 79–83.
4. Власенко Н. Г., Коротких Н. А. Влияние агротехнических приемов на фитосанитарные свойства полевых капустных культур в отношении сорняков. *Агрохимия*. 2002. № 10. С. 58–63.
5. Гірчиця біла та її ефективне використання в біологізації землеробства / І. А. Шувар та ін. Львів, 2009. 69 с.
6. Гірчиця / В. О. Мазур та ін. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2009. 88 с.
7. Гірчицна олія – користь для організму і шкода, склад і як приймати для лікування. URL: <http://radka.in.ua/zdorovya/girchichne-maslo-korist-dlia-organiz.html> (дата звернення: 03.09.2021).
8. Гірчицне масло: склад, користь, властивості, лікування і протипоказання. Застосування гірчицного масла в косметології для обличчя та волосся. URL: <http://inmoment.com.ua/beauty/beautiful-body/mustard-oil.html> (дата звернення: 03.09.2021).
9. Губенко Л. Гірчицні реалії та перспективи. *Пропозиція*. 2019. № 1. URL: <https://propozitsiya.com.ua/girchichni-realiyi-ta-perspektivy> (дата звернення:

References

1. Bazalii V. V., Zhuikov O. H. Ecological and technological substantiation of the method of basic tillage when growing white mustard in the Dry Steppe zone. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2012. Issue 80. P. 9–14.
2. Velkova N. I., Naumkin V. P. The use of white mustard and products of its processing in food, medicine and cosmetics. Orel : OrelGAU, 2014. 154 p.
3. Specific features of the formation of the green mass of mustard in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine / A. V. Melnyk et al. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2017. No. 2. P. 79–83.
4. Vlasenko N. G., Korotkih N. A. The influence of agricultural practices on the phytosanitary properties of field cabbage crops in relation to weeds. *Agrohimiia*. 2002. No. 10. P. 58–63.
5. White mustard and its effective use in the biologization of agriculture / I. A. Shuvar et al. Lviv, 2009. 69 p.
6. Mustard / V. O. Mazur et al. Ivano-Frankivsk : Symfoniia forte, 2009. 88 p.
7. Mustard oil – benefits for the body and harm, composition and how to take for treatment. URL: <http://radka.in.ua/zdorovya/girchichne-maslo-korist-dlia-organiz.html> (last accessed: 03.09.2021).
8. Mustard oil: composition, benefits, properties, treatment and contraindications. The use of mustard oil in cosmetology for face and hair. URL: <http://inmoment.com.ua/beauty/beautiful-body/mustard-oil.html> (last accessed: 03.09.2021).
9. Hubenko L. Mustard realities and prospects. *Propozitsiia*. 2019. No. 1. URL: <https://propozitsiya.com.ua/girchichni-realiyi-ta-perspektivy> (last accessed: 02.09.2021).

02.09.2021).

10. Гусарова А. Гірчиця як попередник пригнічує поширення кореневих гнилей. URL: <https://superagronom.com/news/6406-girchitsya-yak-poperednik-prignichuye-poshirennya-korenevihi-gniley-doslidjennya> (дата звернення: 07.09.2021).

11. Жуikov А. Г. Влияние орошения на количественно-качественные показатели урожая семян горчицы разных видов. *Сборник научных трудов Курганской СХА*. 2014. Вып. 3. С. 27–29.

12. Жуikov А. Г. Эффективность инкрустирования семян и внекорневых подкормок при выращивании горчицы в неорошаемых условиях Юга Украины. *Сборник научных трудов Курганской СХА*. 2014. Вып. 4. С. 16–19.

13. Жуikov Г. Є., Жуikov О. Г. Роль гірчиці та продуктів її переробки у формуванні продуктового сегменту АПК України. *Бізнес-навігатор* : науково-виробничий журнал. 2013. Вип. 1 (30). С. 141–147.

14. Жуikov О. Г. Гірчиця в Південному степу: агроecологічні аспекти і технології вирощування. Херсон : Гринь Д. С., 2014. 416 с.

15. Жуikov О. Г., Жуikov Г. Є. Економіко-енергетична ефективність виробництва насіння гірчиці в зоні Південного Степу. *Бізнес-навігатор*. 2014. № 3. С. 188–194.

16. Жуikov О. Г. Комплексна агробіологічна оцінка сучасного сортового складу гірчиці білої в умовах Сухого Степу. *Зрошуване землеробство*. 2012. Вип. 58. С. 94–99.

17. Жуikov О. Г. Ринок гірчиці в Україні: стан, проблеми, перспективи. *Таврійський науковий вісник*. 2014. № 87. С. 39–48.

18. Козина Т. В. Удосконалення окремих елементів сортової технології вирощування гірчиці білої в умовах Лісостепу Західного : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво». Кам'янець-Подільський, 2013. 20 с.

10. Husarova A. Mustard as a precursor inhibits the spread of root rot. URL: <https://superagronom.com/news/6406-girchitsya-yak-poperednik-prignichuye-poshirennya-korenevihi-gniley-doslidjennya> (last accessed: 07.09.2021).

11. Zhujkov A. G. Influence of irrigation on the quantitative and qualitative indicators of the yield of mustard seeds of different types. *Sbornik nauchnyh trudov Kurganskoj SHA*. 2014. Issue 3. P. 27–29.

12. Zhujkov A. G. Efficiency of seed encrustation and foliar dressing when growing mustard in non-irrigated conditions in the South of Ukraine. *Sbornik nauchnyh trudov Kurganskoj SHA*. 2014. Issue 4. P. 16–19.

13. Zhuikov H. Ye., Zhuikov O. H. The role of mustard and its processed products in the formation of the product segment of the agro-industrial complex of Ukraine. *Biznes-navihator* : naukovy-vyrobnychiy zhurnal. 2013. Issue 1 (30). P. 141–147.

14. Zhuikov O. H. Mustard in the Southern steppe: agroecological aspects and cultivation technologies. Kherson : Hrin D. S., 2014. 416 p.

15. Zhuikov O. H., Zhuikov H. Ye. Economic and energy efficiency of mustard seed production in the southern steppe zone. *Biznes-navihator*. 2014. No. 3. P. 188–194.

16. Zhuikov O. H. Comprehensive agrobiological assessment of the modern varietal composition of white mustard in dry steppe conditions. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2012. Issue 58. P. 94–99.

17. Zhuikov O. H. Mustard market in Ukraine: state, problems, prospects. *Tavriyskiy naukoviy visnyk*. 2014. No. 87. P. 39–48.

18. Kozina T. V. Improvement of individual elements of varietal technology for growing white mustard in the conditions of the Western forest-steppe : avtoref. of dis. for degree of Cand. of agric. sci. : spec. 06.01.09 "Plant sciences". Kamianets-Podilskyi, 2013. 20 p.

19. Oil flax, mustard. Strategy for the production of oilseeds in Ukraine (rare crops) / I. A. Shevchenko et al. ; Instytut oliynykh

19. Льон олійний, гірчиця. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / І. А. Шевченко та ін. ; Інститут олійних культур НААН України. Запоріжжя : СТАТУС, 2017. 44 с.
20. Ляпін Г. Нова «професія» гірчиць. *Хлібороб України*. 1988. № 6. С. 22.
21. Мастеров А. С., Караульный Д. В., Плевко Е. А. Урожайность и качество семян горчицы белой в зависимости от применения микроудобрений и регуляторов роста. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014. № 3. С. 64–68.
22. Мельник А. В. Жердецька С. В. Вплив доз мінеральних добрив на врожайність гірчиці ярої сизої в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 269. С. 177–185.
23. Мельник Т. І., Алі Ш., Колосок В. Г. Якість насіння гірчиці білої залежно від сорту та норм висіву в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 92–97.
24. Сидерати в сучасному землеробстві / І. А. Шувар та ін. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. 156 с.
25. Слісарчук М. Вирощування гірчиці білої як олійної культури. *Агробізнес Сьогодні*. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10623-vyroshchuvannia-hirchytisi-biloi-iak-oliinoi-kultury.html> (дата звернення: 30.08.2021).
26. Состояние и перспективы выращивания масличных культур на Украине в условиях изменения климата / А. В. Мельник и др. *Наука и мир : международный научный журнал*. 2015. № 10. С. 113–116.
27. Томашов С. В., Томашова О. Л. Оптимизация сроков сева и минерального питания горчицы белой в условиях Крыма. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2015. № 6 (56), ч. 1. С. 38–40.
28. kultur NAAN Ukrainy. Zaporizhzhia : STATUS, 2017. 44 p.
20. Liapin H. The new "profession" mustards. *Khliborob Ukrainy*. 1988. No. 6. P. 22.
21. Masterov A. S., Karaul'nyj D. V., Plevko E. A. Productivity and quality of white mustard seeds, depending on the use of micronutrient fertilizers and growth regulators. *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skhoziazjstvennoj akademii*. 2014. No. 3. P. 64–68.
22. Melnyk A. V., Zherdetska S. V. Influence of doses of mineral fertilizers on the yield of gray spring mustard in the northeastern forest-steppe of Ukraine. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. 2017. No. 269. P. 177–185.
23. Melnyk T. I., Ali Sh., Kolosok V. H. The quality of white mustard seeds, depending on the variety and seeding rates in the northeastern Forest-steppe of Ukraine. *Tavrijskyi naukovyi visnyk*. 2020. No. 113. P. 92–97.
24. Siderates in modern agriculture / I. A. Shuvar et al. Ivano-Frankivsk : Symfoniia forte, 2015. 156 p.
25. Slisarchuk M. Growing white mustard as an oilseed. *Ahrobiznes Sohodni*. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10623-vyroshchuvannia-hirchytisi-biloi-iak-oliinoi-kultury.html> (last accessed: 30.08.2021).
26. The state and prospects of growing oilseeds in Ukraine in the context of climate change / A. V. Mel'nik et al. *Nauka i mir : mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal*. 2015. No. 10. P. 113–116.
27. Tomashov S. V., Tomashova O. L. Optimization of the sowing time and mineral nutrition of white mustard in the conditions of the Crimea. *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. No. 6 (56), part 1. P. 38–40.
28. Mustard yield depending on the weather and climatic conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine / S. V. Zherdetska et al. *Visnyk Sumskoho*

28. Урожайність гірчиці залежно від погодно-кліматичних умов Північно-Східного Лісостепу України / С. В. Жердецька та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2016. № 2. С. 127–130.
29. Чехов А. В. Мировое производство семян масличных культур и пути их реализации. *Наук.-техн. бюл. ИОК УААН*. 2001. Вип. 6. С. 1–4.
30. Шахід Алі. Вплив норм мінеральних добрив на ріст та розвиток рослин гірчиці білої в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 101. С. 132–136.
31. Agustini R. Y. Effect on Growth and Yield of Mustard (*Brassica juncea*) to Addition of Coal Bottom Ash and Organic Matter. *AGROSAINSTEK : Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 2018. Vol. 2, No. 1. P. 40–43. DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v2i1.17>.
32. The Effect of Different Rates of Nitrogen and Plant Density on Qualitative and Quantitative traits of Indian mustard / S. Keivanrad et al. *Advances in Environmental Biology*. 2012. No. 6. P. 145–152.
- natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2016. No. 2. P. 127–130.
29. Chehov A. V. World production of oilseeds and ways of their implementation. *Nauk.-tekhn. biul. IOK UAAN*. 2001. Issue 6. P. 1–4.
30. Shakhid Ali. Influence of the norms of mineral fertilizers on the growth and development of white mustard plants in the northeastern forest-steppe of Ukraine. *Tavriiskyyi naukovyyi visnyk*. 2018. No. 101. P. 132–136.
31. Agustini R. Y. Effect on Growth and Yield of Mustard (*Brassica juncea*) to Addition of Coal Bottom Ash and Organic Matter. *AGROSAINSTEK : Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 2018. Vol. 2, No. 1. P. 40–43. DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v2i1.17>.
32. The Effect of Different Rates of Nitrogen and Plant Density on Qualitative and Quantitative traits of Indian mustard / S. Keivanrad et al. *Advances in Environmental Biology*. 2012. No. 6. P. 145–152.

Received 13.09.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-5

УДК 633.1:632.9

O. V. SNIZHOK, Candidate of Agricultural Sciences

Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS

Rivnenska street, 5, v. Shubkiv, Rivne district, Rivne region, 35325,

e-mail: vs_rapv@ukr.net

EFFICIENCY OF THE PROTECTION SYSTEM AND TREATMENT OF THE SOIL AGAINST HARMFUL ORGANISMS IN THE MAIZE CROPS FOR GRAIN

In recent years, there has been an annual deterioration in the phytosanitary condition of crops. One of the main factors of this phenomenon was the destabilization of the land use system and the disturbance or absence of crop rotations, which led to a high potential soil contamination by weeds and the accumulation of pests and diseases.

The article presents the results of research to determine the impact of different tillages and protection systems on the species composition of weeds, diseases and pests in maize crops, which were held in 2019 - 2020 on the territory of the Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS in 4-field crop rotation.

Studies are conducted on the general background of fertilizer in the norms recommended for crop rotation in the region.

The use of shelf tillage contributed to a faster passage of the phases of development of maize plants by 3-4 days, compared to non-shelf tillage.

It is established that tillage has a significant impact on the accumulation of pests, in particular, it is clearly traced by the number of weeds. The largest number of weeds was observed in the variants without herbicide spraying by surfacial soil cultivation and amounted to 545.6 pc./m², which is 2 times higher than by the shelf tillage (277.1 pc./m²). That is, after moldboard tillage and spraying with herbicides, the number of weeds was 96,8% lower compared to the control. A slightly smaller difference in the influence of soil cultivation was monitored on the development and spread of diseases and pests. Against them, the main deterrent was still chemical protection. In the variants without insecticide, the population of maize hairy aphids was 85%. The use of Belt (0.15 l/ha) made it possible to reduce the plant pest population by 3.5 times.

Technical efficiency of fungicide Retengo (0.5 l/ha) against fusarium was at the level of 87.1-90.0%, gray rot – 78.3-80.1% and helminthosporiosis 79.4-81.4%, depending on the tillage.

The 20-22 cm shelf- and 10-12 cm surfacial processing systems ensured corn yields of 6.90 and 6.28 t/ha of grain, respectively, compared to the 6-8 cm non-dump system (5.36 t/ha). However, the combination of treatment with an intensive protection system allowed to increase the yield to 11.83 and 10.63 t/ha.

Key words: tillage, shelf, shallow, surfacial, maize, species composition, weeds, diseases, pests, herbicides, fungicides.

Сніжок О. В.

Інститут сільського господарства Західного Полісся НААН

Ефективність системи захисту та обробітку ґрунту проти шкідливих організмів у посівах кукурудзи на зерно

Останніми роками спостерігається щорічне погіршення фітосанітарного стану посівів сільськогосподарських культур. Одним із головних чинників такого явища стала дестабілізація системи землекористування й порушення або відсутність сівозмін, що призвело до високої потенційної засміченості ґрунту бур'янами та накопичення шкідників і хвороб.

Представлено результати досліджень щодо визначення впливу різних обробітків ґрунту та системи захисту на видовий склад бур'янів, хвороб та шкідників у посівах кукурудзи, які проведено у 2019–2020 рр. на території Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН у 4-пільній сівозміні.

Дослідження проводили на загальних фонах удобрення в нормах, рекомендованих для культури сівозміни в умовах області.

Використання полицевого обробітку ґрунту сприяло більш швидкому проходженню фаз розвитку рослин кукурудзи на 3–4 доби порівняно з безполицевими обробітками.

Встановлено, що обробіток ґрунту має значний вплив на накопичення шкідливих організмів, зокрема це чітко простежується щодо кількості бур'янів. Найбільшу кількість бур'янів спостерігали на варіантах без обприскування гербіцидами за поверхневого обробітку ґрунту, яка становила 545,6 шт./м², що в 2 рази більше ніж за полицевого (277,1 шт./м²). Тобто за полицевого обробітку ґрунту та обприскування гербіцидами чисельність бур'янів була на 96,8 % нижчою порівняно з контролем. Дещо менше різниця впливу обробітку ґрунту простежувалася на розвиток та поширення хвороб і шкідників. Проти них головним стримуючим чинником все ж таки є хімічний захист. На варіантах без інсектициду заселеність попелицею кукурудзяною волохатою становила 85 %. Застосування белту (0,15 л/га) дозволило в 3,5 разу знизити заселеність рослин шкідником.

Технічна ефективність фунгіциду ретенго (0,5 л/га) проти фузаріозу була на рівні 87,1–90,0 %, сірої гнилі – 78,3–80,1 % та гелмінтоспориозу – 79,4–81,4% залежно від обробітку ґрунту.

Полицева на 20–22 см і мілка на 10–12 см системи обробітку ґрунту забезпечили врожайність зерна кукурудзи відповідно 6,90 і 6,28 т/га порівняно з поверхневою системою на 6–8 см (5,36 т/га). Проте поєднання обробітку ґрунту з застосуванням системи захисту культури зумовило збільшення врожайності до 11,83 і 10,63 т/га.

Ключові слова: обробіток ґрунту, полицевий, мілкий, поверхневий, кукурудза, видовий склад, бур'яни, хвороби, шкідники, гербіциди, фунгіциди.

Introduction. Changing the priorities of modern agriculture on the background of further soil degradation necessitates improving the system of tillage for crop rotation in the direction of minimization, taking into account the type of crop rotation, quantity and quality of post-harvest residues, fertilizer level, phytosanitary condition of crops, technical capabilities of farms [1, 9, 11 13, 21].

Tillage is the basis and an important component of any technology for growing field crops. It aims to increase soil fertility and ensure stable yields of high quality with the lowest cost of material and energy resources. In the existing zonal integrated protection systems, agrotechnical measures operate for a long period and have a favorable effect on the general phytosanitary condition of the agrobiocenosis [2, 4, 5, 11, 20, 14, 21, 25, 27]

Destabilization of the land use system and disturbance or absence of crop rotations has led to high potential soil contamination with seeds and vegetative germs of weeds, accumulation of pests and infections [8, 10, 12, 17, 18, 22].

In their works, most scientists and practitioners believe that now in crop rotations of different soil-climatic regions of Ukraine it is necessary to carry out different-depth tillage taking into account the agrophysical properties of soil and biological characteristics of crops, using tools of both shelf and non-shelf type [13, 21, 29]. Therefore, the main task in modern agriculture in the absence of sufficient material resources for the use of energy-intensive technologies is to differentiate in depth and methods of tillage [11, 21, 28, 29, 31].

Numerous experiments have shown that in crop rotations the number of weed seeds in the soil per rotation decreases three to four times, and the number and weight of weeds in crops, respectively, by 62-64 and 36-74% [12, 17, 18, 22, 23]. Moreover, the most effective measure to control the level of weeds in different agrophytocenoses of crop rotation is the main tillage. Its share in total weed control is about 60% [11, 14, 21].

It is believed that when applying the soil protection system of tillage there is a sharp increase in weediness of the fields and a change in the species composition of weeds in the direction of increasing the proportion of difficult to root and most harmful species [12, 19, 25]. At the same time, other researchers believe that when the soil is shelfless tilled, weed seeds are preserved in the deep layers of the soil and lose their viability, creating conditions for clearing the soil of weed seeds [32, 33]. However, according

to the literature, it is noted that the combination of peeling and tillage provides a reduction of weeds in annual weeds by 2.2 times, and perennial root crops – 10.5 times [2, 9, 14, 31].

Due to the fact that maize plants grow very slowly at the beginning of the growing season, they cannot compete with weeds that are adapted to cool spring days, quickly forming a strong aboveground part and root system, suppressing crops. Weed infestation reduces crop productivity by 35-50% [4, 5, 7, 10, 17, 19, 26, 28, 30].

With this level of potential clogging, pest growth and disease development, large-scale use of chemical pesticides is required to preserve the crop, which is part of a comprehensive integrated system of protection of cultivated plants from pests [10, 14, 22, 25, 29].

The purpose of the work is to study the impact of the system of protection and different tillage on the species composition of weeds, diseases and pests of corn for grain in the conditions of Western Polissia.

Materials and methods. The experiments were conducted on the territory of the Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS during 2019–2020.

The soil of the experimental plot is dark gray podzolic. Studies are carried out on the general backgrounds of fertilizer in the norms recommended for crops in the region ($N_{120} P_{90} K_{120}$). The accounting area – 50 m², three repetitions. Culture – corn hybrid DKS 3972.

Shelf tillage included stubble peeling with BDT-3 discs, plowing with PLN-5-35 plow to a depth of 20–22 cm, cultivation with AG-2.4 unit and pre-sowing tillage with RVK-3.6 unit.

Shallow tillage included stubble peeling with BDT-3 discs, cultivation with AG-2.4 unit to a depth of 10–12 cm and pre-sowing tillage with RVK-3,6 unit.

Surface tillage included only cultivation with the AG-2.4 unit to a depth of 6–8 cm.

Spraying of corn with soil herbicide Frontier Optima (1.2 l/ha) was carried out immediately after sowing, with insurance herbicide Milagro 240 SC (0.6 l/ha) – In the phase of 6 leaves. Retengo fungicide (0.5 l/ha) was applied in the 8-leaf phase, Belt insecticide (0.15 l/ha) in the 10-leaf phase.

Weeds were counted before herbicide spraying, as well as 7 and 14 days after spraying. The species composition of weeds and the number per 1 m² were determined.

Records of diseases and pests were performed according to the method of V. P. Omeliuta [16]. To determine the disease, 10 plants were taken at 10 sites and the development and spread of the disease were

determined according to the actually occupied by mycelium or spots in the area of leaves and stems according to the E. E. Geshel scale.

The technical efficiency of the drugs, as well as their economic efficiency was determined by the method of S. O. Trybel, D. D. Sigarirov, M. P. Sekun [15]. During the harvesting period, the structural analysis of corn and crop accounting were determined, mathematical data processing was performed [6].

Results and discussion. As a result of the conducted researches it is noted that on variants where shelf and shallow tillage of a corn were carried out, sprouts of maize for grain appeared 3-5 days earlier than on a variant where surface cultivation was carried out (on shallow on 10-12 cm and superficial on 6-8 cm of tillage there is an increase in the density of the arable layer, compared with the 20-22 cm shelf tillage). The weather conditions also made their adjustments. Thus, during the years of research at the time of sowing corn (III decade of April), the average daily air temperature was within the climatic norm. However, the amount of precipitation in 2020 was only 3.6 mm, less than the long-term average of 37.4 mm, which slightly reduced the rate of grain germination. In the study area, May is characterized by high humidity. Because in two years more than 130 mm of precipitation fell while climatic norm is 76.0 mm.

The weather conditions of the summer months were optimal for the vegetation of corn. During the growing season of corn, the sum of effective temperatures ($> 10^{\circ}\text{C}$) in 2019 was 1199.1 $^{\circ}\text{C}$, in 2020 - 1121.8 $^{\circ}\text{C}$.

It is noted that the use of shelf tillage contributed to a faster passage of the phases of development of corn plants for 3-4 days, compared with non-shelf tillage.

During the study period, the species composition of weeds was represented mainly by: *Apera spica venti* L. (27.0-114.0 pcs/m²), *Viola arvensis* Murr. (22.5-303.6 pcs/m²), *Tripleurospermum inodorum* L. (1.0-8.0 pcs/m²), *Stellaria media* L. (2.0-14.5 pcs/m²), *Thlaspi arvense* L. (1.2-5.2 pcs/m²), *Polygonum convolvulus* L. (2.5-34.0 pcs/m²), *Brassica napus* L. (1.0-9.0 pcs/m²), *Chenopodium album* L. (2.5-16.5 pcs/m²) and others.

The largest number of weeds was observed in the variants without herbicide spraying after surface tillage and was 545.6 pcs/m², which is 2 times higher than by the shelf-tillage (277.1 pcs/m²) and 10.2 times higher than on variant with herbicides (Fig.).

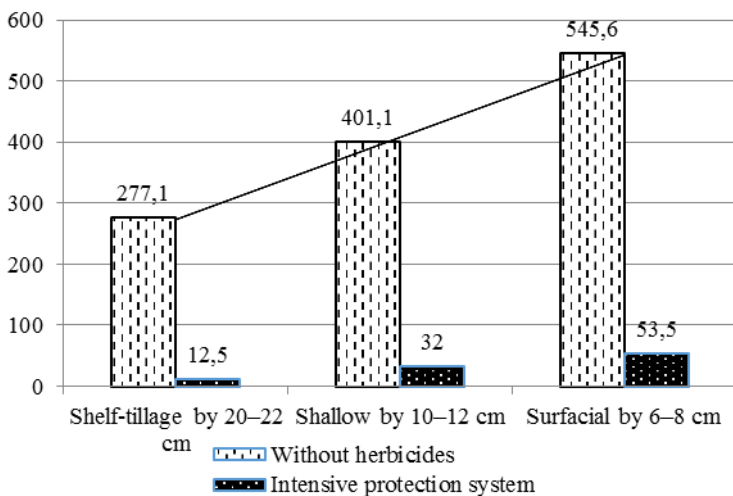


Fig. Influence of tillage and protection system on the number of weeds on maize crops (2019–2020)

According to the results of research under the intensive protection system, a similar trend was observed, ie, the minimum number of weeds for both the period of germination and the period of ripening of corn was observed during shelf tillage.

The first signs of herbicide action were observed on day 6 after spraying. Yellowing and deformation of the tops was observed on such weeds as bitter birch, white quince, knotweed, rake, rapeseed.

Studies have shown that the highest technical efficiency of herbicides was observed on day 14 after spraying and shelf tillage (96.8%), as on day 30 a new wave of weeds began, in particular, *Viola arvensis* Murr. and horsetail (Table 1).

During the years of research at the time of harvest, the weight of weeds in the variants without herbicides was 330.1-578.3 g/m² depending on the tillage, while in the variants where herbicides were used 44.6-111.4 g/m² respectively (Table 1).

1. The effectiveness of herbicides in maize crops (IAWP NAAS, 2019-2020)

Variant		Technical efficiency, %	Weight of weeds, g/m ²
Shelf by 20-22 cm	Without pesticides (control)	0	330,1
	Integrated protection system	96.8	44.6
Shallow by 10-12 cm	Without pesticides (control)	0	462.5
	Integrated protection system	93.5	88.3
Surfacial by 6-8 cm	Without pesticides (control)	0	578.3
	Integrated protection system	90.9	111.4

It should be noted that in the study area on maize crops no significant pest damage was observed. In variants without insecticide, especially from the edges of the field was observed hairy corn aphids. The use of Belt insecticide allowed to reduce the population of aphids by 3.5 times, while its number in the colony was much smaller.

In 2019-2020, the most common and harmful diseases on corn cobs were fusarium wilt, gray rot and helminthosporiosis. On variants not treated with fungicides, the development of fusarium wilt ranged from 7.9 to 10.1%, gray rot - 5.8-7.2% and helminthosporiosis – 13.8-15.2%, depending on the tillage.

When spraying crops with the fungicide Retengo disease development was at the level of 1.0-3.3%

According to studies, the technical efficiency of the fungicide Retengo on the 14th day after spraying against fusarium wilt was at the level of 87.1-90.0%, gray rot – 78.3-80.1% and helminthosporiosis 79.4-81.4%, depending on tillage (Table 2).

2. The effectiveness of fungicides in maize crops (IAWP NAAS, 2019-2020)

Variant		Technical efficiency, %		
		fusariosis	gray rot	helminto-sporiosis
Shelf by 20-22 cm	Without pesticides (control)	0	0	0
	Integrated protection system	87,3	82,7	79,7
Shallow by 10-12 cm	Without pesticides (control)	0	0	0
	Integrated protection system	87,1	83,8	78,3
Surfacial by 6-8 cm	Without pesticides (control)	0	0	0
	Integrated protection system	90,0	84,7	80,1

On average over the years, research has shown that spraying corn crops with herbicides and fungicides promoted plant development and significantly affected grain yield and quality. Thus, in the variants without herbicides, the height of the plants was 1.7-2.1 m, while by the use of herbicides it was 0.8-0.9 m higher, the length of the cob 3.8-4.1 cm larger (17.7-19.8 cm). The highest weight of 1000 grains was observed by shelf tillage both on the variant without pesticides (262.25 g) and by intensive protection (364.77 g) in comparison with shallow (340.56 g) and surface (321.63 g) treatments.

The highest yield (11.83 t/ha) was observed by shelf tillage and intensive protection system (Table 3). The lack of a protection system reduced this figure by 38.0-41.7%.

3. Yield of maize depending on tillage and plant protection (IAWP NAAS, 2019-2020)

Variant		Repetition			Mean	± to control	
		I	II	III		Factor A	Factor B
Shelf by 20-22 cm	Without pesticides (control)	6,87	6,95	6,88	6,90	-	-
	Integrated protection system	12,13	11,74	11,62	11,83	-	+4,93
Shallow by 10-12 cm	Without pesticides (control)	6,43	6,11	6,30	6,28	-0,62	-
	Integrated protection system	10,52	10,63	10,74	10,63	-1,20	+4,35
Surfacial by 6-8 cm	Without pesticides (control)	5,40	5,36	5,31	5,36	-1,54	-
	Integrated protection system	8,77	8,52	8,56	8,62	-3,21	+3,26

LSD₀₅ treatments factor A

0,28

LSD₀₅ protection system factor B

0,22

LSD₀₅ interaction

0,39

Conclusions. Studies have shown that non-shelf tillage shows an increase in weed infestation due to the accumulation of the bulk of weed seeds in the topsoil. Thus, during surface tillage the number of weeds was 545.6 pcs/m², which is 2 times higher than on the shelf (277.1 pcs/m²). During shelf tillage and herbicide spraying, the number of weeds was 96.8% lower compared to the control. Somewhat less difference in the impact of tillage was observed on the development and spread of diseases and pests. Against them, the main deterrent is still chemical protection. Tillage allowed to obtain a yield increase of 0.62-1.54 t/ha. The combination of tillage with an intensive protection system led to an increase in yields in the range of 3.26-4.93 t/ha in accordance with the control (5.36-6.90 t/ha)

Список використаної літератури

1. Богданович Р. П. Баланс гумусу в чорноземі типовому легкосуглинковому Правобережного Лісостепу з урахуванням нетоварної

References

1. Bohdanovych R. P. Balance of humus in typical loamy chernozem of Right bank Forest-Steppe, taking into account the non commodity part of the crop yield.

частини врожаю сільськогосподарських культур. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2014. № 7. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_7_15 (дата звернення: 29.04.2021).

2. Бомба М. Я., Бомба М. І. Бур'яни в агрофітоценозах та екологізація заходів щодо контролювання їх чисельності. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. № 1. С. 15–20. DOI: 10.31395/2310-0478-2019-1-15-20.

3. Бублик Л. І., Васечко Г. І., Васильєва В. П. Довідник із захисту рослин / за ред. М. П. Лісового. Київ : Урожай, 1999. 744 с.

4. Василенко Р. М., Засєць С. О. Продуктивність кукурудзи залежно від строків сівби та захисту від хвороб та шкідників. *Зрошуване землеробство*. 2017. Вип. 67. С. 69–72.

5. Вох М. В., Антоненко О. Ф., Галиш Ф. С. Поширення і розвиток гельмінтоспориозу в зонах вирощування кукурудзи. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Сер.: Агрономія. 2012. Вип. 176. С. 296–300.

6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. Москва, 1985. 351 с.

7. Забур'яненість та врожайність кукурудзи на зерно за системами No-till / В. П. Борона та ін. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 3. С. 24–27.

8. Засміченість посівів зернових культур в короткоротаційних сівозмінах / А. М. Мітрошин та ін. *Зб. наук. праць ЛНАУ*. 2006. № 58, вип. 81. С. 81–84.

9. Зимарова А. А. Просторово-часові закономірності варіювання урожайності кукурудзи в Україні. *Наукові горизонти*. 2019. № 2 (92). С. 58–66. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-75-2-58-66.

10. Іващенко О. О. Екологічне

Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. 2014. No. 7. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_7_15 (last accessed: 29.04.2021).

2. Bomba M. Ya., Bomba M. I. Weeds in agrophytocenoses and greening measures to control their numbers. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2019. No. 1. P. 15–20. DOI: 10.31395/2310-0478-2019-1-15-20.

3. Bublyk L. I., Vasechko H. I., Vasyliieva V. P. Handbook of plant protection / ed. M. P. Lisovoho. Kyiv : Urozhai, 1999. 744 p.

4. Vasylenko R. M., Zaiets S. O. Maize productivity depending on sowing dates and protection against diseases and pests. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2017. Issue 67. P. 69–72.

5. Vokh M. V., Antonenko O. F., Halysh F. S. Distribution and development of helminthosporiosis in areas of maize cultivation. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. Ser.: Ahronomiia. 2012. Issue 176. P. 296–300.

6. Dospekhov B. A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th ed. Moscow : Agropromizdat, 1985. 351 p.

7. Weediness and yield of corn for grain by systems No-till / V. P. Borona et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2013. No. 3. P. 24–27.

8. Contamination of cereal crops in short-rotation crop rotations / Mitroshyn A. M. et al. *Zb. nauk. prats LNAU*. 2006. No. 58, Issue 81. P. 81–84.

9. Zymarioieva A. A. Spatio-temporal patterns of variation of corn yield in Ukraine. *Naukovi horyzonty*. 2019. No. 2 (92). P. 58–66. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-75-2-58-66.

10. Ivashchenko O. O. Ecological control of weeds in wide-row crops. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2014. No. 3. P. 6–9.

11. Kolomiiets M. V. Influence of

- контролювання бур'янів у ширококорядних посівах. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 3. С. 6–9.
11. Коломієць М. В. Вплив систем обробітку на продуктивність культур і родючість ґрунту сівозміни. *Землеробство*. 2000. Вип. 74. С. 23–30.
12. Контролювання бур'янового компоненту у посівах кукурудзи за використання страхових гербіцидів / О. В. Гурманчук та ін. *Наукові горизонти*. 2020. № 7, вип. 92. С. 53–58. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-53-58
13. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів. Київ : Аграрна наука, 2008. 308 с.
14. Манько Ю. П., Кобзиста Л. П. Ефективність контролю забур'яненості. *Карантин і захист рослин*. 2009. № 2. С. 21–23.
15. Методика випробування і застосування пестицидів / С. О. Трибель та ін. Київ : Світ, 2001. 448 с.
16. Обліки шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / за ред. Омелюті В. П. Київ : Урожай, 1986. 202 с.
17. Окрушко С. Є. Контроль чисельності бур'янів у посівах кукурудзи. *Захист рослин*. 2019. № 14. С. 163–171.
18. Окрушко С. Є. Регулювання чисельності бур'янів у посівах кукурудзи. *Молодий вчений*. 2019. № 2, вип. 66. С. 319–322. DOI: 10.32839/2304-5809/2019-2-66-69.
19. Півторайко В. В. Сучасні заходи захисту кукурудзи від шкідників. *Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ* (м. Суми, 20–21 квіт. 2016 р.). Суми : СНАУ, 2016. С. 271.
20. Продуктивність сортів і гібридів кукурудзи за різних систем удобрення та беззмінного їх вирощування / А. В. Кохан та ін. Вісник аграрної науки. 2019. № 10. С. 18–23. DOI: 10.31073/agrovisnyk201910-03.
21. Родючість ґрунту та врожайність tillage systems on crop productivity and soil fertility of crop rotation. *Zemlerobstvo*. 2000. Issue 74. P. 23–30.
12. Control of the weed component in maize crops using insurance herbicides / Hurmanchuk O. V. et al. *Naukovi horyzonty*. 2020. No. 7, Issue 92. P. 53–58. DOI: 10.33249/2663-2144-2020-92-7-53-58.
13. Mazur H. A. Reproduction and regulation of light soil fertility. Kyiv : Ahrarna nauka, 2008. 308 p.
14. Manko Yu. P., Kobzyska L. P. Efficacy of weed control. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2009. No. 2. P. 21–23.
15. Methods of testing and application of pesticides / S. O. Trybel et al. Kyiv : Svit, 2001. 448 p.
16. Accounting for pests and diseases of crops / za redaktsiiei Omeliuty V. P. Kyiv : Urozhai, 1986. 202 p.
17. Okrushko S. Ye. Weed control in maize crops. *Zakhyst roslyn*. 2019. No. 14. P. 163–171.
18. Okrushko S. Ye. Weed control in maize crops. *Molodyi vchenyi*. 2019. No. 2, Issue 66. P. 319–322. DOI: 10.32839/2304-5809/2019-2-66-69.
19. Pivtoraiko V. V. Modern measures to protect corn from pests. *Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii vykladachiv, aspirantiv ta studentiv Sumskoho NAU* (m. Sumy, 20–21 kvit. 2016 r.). Sumy : SNAU, 2016. P. 271.
20. Productivity of corn varieties and hybrids under different fertilizer systems and their constant cultivation / A. V. Kokhan et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2019. No. 10. P. 18–23. DOI: 10.31073/agrovisnyk201910-03.
21. Soil fertility and yield of field crops under different systems of cultivation and fertilization in crop rotation / E. M. Lebid et al. *Visnyk DDAU*. 2013. No. 2, Issue 32. P. 26–31.
22. Serhiienko V., Horbach T. Herbicide control on corn. *Ahrobiznes sohodni*. 2012. No. 4. P. 20–24.
23. Snizhok O. V. Control of weeds and diseases on corn by lateral mixes.

польових культур за різних систем обробітку та удобрення в сівозміні / Е. М. Лебідь та ін. *Вісник ДДАУ*. 2013. № 2, вип. 32. С. 26–31.

22. Сергієнко В., Горбач Т. Гербіцидний контроль на кукурудзі *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 4. С. 20–24.

23. Сніжок О. В. Контроль бур'янів та хвороб на кукурудзі баковими сумішами. *Пропозиція*. 2017. № 6. С. 102–103.

24. Стабільність та пластичність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення та густоти стояння рослин в Правобережному Лісостепу України / В. Г. Таран та ін. *Біоресурси і природокористування*. 2018. № 3/4, т. 10. С. 147–156. DOI: 10.31548/bio2018.03.019.

25. Трибель С. О., Стригун О. О., Ретьман С. В. Концепція удосконалення системи захисту посівів кукурудзи. *Захист і карантин рослин*. 2010. № 56. С. 159–181.

26. Федоренко В. П., Пашенко Ю. М., Дудка Е. Л. Защита кукурузы при интенсивной технологии ее возделывания. *Защита и карантин растений*. 2011. № 5. С. 17–24.

27. Швартау В. В., Мордерер С. Ю. Розробка та впровадження екологічно безпечних технологій боротьби з бур'янами. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 9. С. 10–22.

28. Яровенко В. В., Зінченко В. І., Женченко К. Г. Способи обробітку ґрунту і розміщення насіння бур'янів по шарах ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 1997. № 8. С. 5–7.

29. Geis P. Application and timing effects of QOI and DMI fungicides and a foliar fertilizer on overall plant health and grain yield in corn: diss. of master degree. Purdue University e-Pubs. Open Access Theses. West Lafayette, 2014. P. 152. URL: https://docs.lib.purdue.edu/open_access_theses/180 (last accessed: 10.05.2021).

30. Grain: World Markets and Trade. United States Department of

Propozytsiia. 2017. No. 6. P. 102–103.

24. Stability and plasticity of maize hybrids depending on fertilizer system and plant density in the Right bank Forest-Steppe of Ukraine / V. H. Taran et al. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2018. No. 3/4, Vol. 10. P. 147–156. DOI: 10.31548/bio2018.03.019.

25. Trybel S. O., Stryhun O. O., Retman S. V. The concept of improving the system of protection of corn crops. *Zakhyst i karantin roslyn*. 2010. No. 56. P. 159–181.

26. Fedorenko V. P., Pashchenko Yu. M., Dudka E. L. Protection of corn at intensive technology of its cultivation. *Zashhita i karantin rastenij*. 2011. No. 5. P. 17–24.

27. Shvartau V. V., Morderer Ye. Yu. Development and implementation of environmentally friendly weed control technologies. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2010. No. 9. P. 10–22.

28. Yarovenko V. V., Zinchenko V. I., Zhenchenko K. H. Methods of tillage and placement of weed seeds on the soil layers. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 1997. No. 8. P. 5–7.

29. Geis P. Application and timing effects of QOI and DMI fungicides and a foliar fertilizer on overall plant health and grain yield in corn : diss. of master degree. Purdue University e-Pubs. Open Access Theses. West Lafayette, 2014. P. 152. URL: https://docs.lib.purdue.edu/open_access_theses/180 (last accessed: 10.05.2021).

30. Grain: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. 2020. P. 12–44. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-corn-coarsegrains.pdf> (last accessed: 10.05.2021).

31. Schleicher C., Jackson-Ziems T. Evaluation of Application Timing of Foliar Fungicides on Efficacy of Field Corn in Central Nebraska, 2011. *Papers in Plant Pathology*. 2012. URL: <http://digitalcommons.unl.edu/plantpathpapers/516> (last accessed: 14.05.2021).

Agriculture Foreign Agricultural Service.
2020. P. 12–44.
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-corn-coarsegrains.pdf> (last accessed: 10.05.2021).

31. Schleicher C., Jackson-Ziems T. Evaluation of Application Timing of Foliar Fungicides on Efficacy of Field Corn in Central Nebraska, 2011. *Papers in Plant Pathology*. 2012. [URL: http://digitalcommons.unl.edu/plantpathpapers/516](http://digitalcommons.unl.edu/plantpathpapers/516) (last accessed: 14.05.2021).

Received 26.04.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-6

UDC 633.85:665.347.8

O. F. TYMCHYSHYN, N. M. RUDAVSKA, candidates of agricultural sciences

L. L. BEHEN, scientist

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

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

81115, e-mail: tymchyshyn.oksana@gmail.com

PROSPECTS OF SUNFLOWER GROWING AND THE INFLUENCE OF PLANT DENSITY ON PRODUCTIVITY

Prospects for sunflower cultivation in different regions of the country are described. Based on the studied literature, it is concluded that among all crops, the sown area of sunflower in Ukraine is one of the largest and ranks second after wheat. Over the past five years, sunflower cultivation has expanded by a quarter, with record production expected. In recent years, the crop is perhaps the most profitable in the field of crop production.

In economic terms, sunflower is not inferior to crops such as wheat, corn, soybeans and is one of the most popular oilseeds not only in Ukraine. Simple cultivation technology and high profitability, growing demand for seeds and sunflower oil, oilcake, both in domestic and world markets, leads to increase of sown areas and crop yields.

It is established that stable yields of sunflower can be obtained by introducing highly efficient varieties and hybrids and intensive cultivation technology, which would maximize the realization of its potential productivity. In terms of seed yield, sunflower hybrids are 20-30%, and in terms of oil content – 15-20% more effective than best zoned varieties. It is possible to increase the production of commercial sunflower seeds in Ukraine without expanding the sown area by creating and implementing more productive hybrids with certain economically valuable features that combine high yield stability with product quality, and by adapting new hybrids and parent forms to the relevant weather conditions, which will increase yields above 4 t/ha. Currently, there is a wide selection of varieties and hybrids of sunflower for growers. Over the past few years, the Register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine includes more than 200 hybrids of domestic and foreign selection. This contributes to the expansion of the area of sunflower cultivation in all soil and climatic zones of Ukraine, thus creating an efficient hybrid conveyor.

There has been a rapid increase in the area under sunflower in the western part of the country, where soil and climatic conditions contribute to its unimpeded cultivation.

The results of research conducted in different regions of the country on the effectiveness of the elements of cultivation technology on the productivity of sunflower hybrids are presented.

Key words: sunflower, standing density, varieties, hybrids, productivity.

Тимчишин О. Ф., Рудавська Н. М., Беген Л. Л.

Інститут сільськогосподарства Карпатського регіону НААН

Перспективи вирощування соняшнику та вплив густоти стояння рослин на їх продуктивність

Охарактеризовано перспективи вирощування соняшнику в різних регіонах країни. На основі опрацьованої літератури зроблено висновок, що серед усіх сільськогосподарських культур посівна площа соняшнику в Україні є однією з найбільших і займає друге місце, поступаючись лише пшениці. Протягом останніх п'яти років площі вирощування соняшнику на чверть розширилися, передбачається рекордне його виробництво. Упродовж останніх років культура є чи не найрентабельнішою у галузі рослинництва.

За господарським значенням соняшник не поступається пшениці, кукурудзі, сої та є однією з найпопулярніших олійних культур не тільки в Україні. Нескладна технологія вирощування та висока рентабельність, зростання попиту на насіння та соняшникову олію, макуху як на внутрішньому, так і світових ринках зумовлює зростання посівних площ та підвищення врожайності культури.

Встановлено, що сталі врожаї соняшнику можна одержувати, впроваджуючи високоефективні сорти і гібриди та інтенсивну технологію вирощування, яка б максимально сприяла реалізації його потенційної продуктивності. За врожайністю насіння гібриди соняшнику на 20–30 %, а за олійністю – на 15–20 % переважають кращі районовані сорти. Збільшити обсяги виробництва товарного насіння олійного соняшнику в Україні без розширення посівних площ можливо за створення та впровадження продуктивніших гібридів з певними господарсько цінними ознаками, які поєднують стабільність високої врожайності з якістю продукції, та за рахунок адаптованості нових гібридів і батьківських форм до відповідних погоднокліматичних умов вирощування, що забезпечить зростання врожайності понад 4 т/га. На сьогодні існує широкий вибір сортів та гібридів соняшнику для виробників. За останні декілька років у Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, включено понад 200 гібридів вітчизняної та іноземної селекції. Саме це сприяє поширенню ареалу вирощування соняшнику в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, створюючи цим самим ефективно працюючий гібридний конвєсер.

Відзначено стрімке збільшення посівних площ соняшнику на території західної частини країни, де ґрунтово-кліматичні умови сприяють його безперешкодному вирощуванню.

Наведено результати досліджень, проведених у різних регіонах країни, щодо ефективності впливу елементів технології вирощування на продуктивність гібридів соняшнику.

Ключові слова: соняшник, густота стояння, сорти, гібриди, продуктивність.

Sunflower is one of the most important oilseeds in the world, as well as the main oilseed crop in Ukraine. The rapid increase in sunflower sown areas is characteristic not only for the Southern regions of Ukraine, but also more and more often we see an increase in their volumes in the Western part of the country, where weather conditions contribute to unimpeded cultivation. In recent years, the crop is perhaps the most profitable in the field of crop production.

Sunflower oil accounts for 98% of total oil production in Ukraine. Compared to other oilseeds, sunflower provides one of the highest oil yield per unit area (average 750 kg/ha in the country) [8, 18, 30]. Ukraine is a recognized world leader in both oil production and exporter. In 2020, exports reached a record high of 6.9 million tons. In the same year, 6.4 million hectares were sown with sunflower.

At present, the special attention of world consumers is focused on the production of oil with a high content of oleic acid, which will be able to compete with olive oil in terms of quality. The latter in turn is characterized by high resistance to oxidation, longer consumption time, versatility of industrial use.

Over the past three years in Ukraine there has been a tendency to increase the share of high oleic hybrids in the total sown area under sunflower. During this period, it increased by 1.4%, and in physical terms the growth amounted to about 110 thousand hectares and occupies 260 thousand hectares [28].

Demand today is formed mainly by EU countries, and in the near future is expected to increase due to the introduction of mandatory labeling of products indicating the source of oil. For sunflower producers in Ukraine, this is a unique opportunity to get additional income from each hectare without additional investments, as well as to insure against fluctuations in product prices [6].

Sunflower oil due to the presence of the most valuable components that are part of it, is widely used for human nutrition. Based on studies of its biochemical composition, it has been proven that it contains such polyunsaturated fatty acids as omega-6 and omega-9. These components have a powerful health effect, protect the human body from atherosclerosis, improve the activity of many vital organs – liver, kidneys, gallbladder. The composition of vitamin F in sunflower oil is characterized by an anticholesterol effect, promotes the dissolution of atherosclerotic plaques, improves metabolism and accelerates metabolic processes [22]. As a food product, sunflower oil is widely used in cooking, baking, for the manufacture of various confectionery and canned food. It is a major

component in the production of margarine. The nutritional value that has a positive effect on human health is due to the high content of polyunsaturated fatty linoleic acid (55-60%), which has significant biological activity and accelerates the metabolism of cholesterol esters in the body. The composition of sunflower oil includes such very valuable components for the human body as phosphatides, sterols, vitamins (A, D, E, K). This oil is widely used in the paint industry, as well as in the manufacture of linoleum, electrical fittings, oilcloth, waterproof fabrics, etc. [22, 25].

The analysis of the researched issues covered in the scientific literature states that among all agricultural crops the sunflower sowing area in Ukraine is one of the largest and takes the second place, second only to wheat.

Among all oilseeds, sunflower ranks first in both area and oil production. It is well known that the southern part of Ukraine is the largest producer of sunflower seeds. Such popularity as the main oil crop here is justified by the fact that it is a typical plant of the steppe zone, but the success of its cultivation is largely determined by environmental conditions, ie weather and climate. Therefore, the prospects of growing sunflowers in climate change have become a topical issue recently [11].

According to biological features, the genus of sunflower *Helianthus* L. includes more than 110 species, of which 100 are perennial and 10 are annual. One of the annual species in the culture is *H. annuus* L. According to the modern classification developed at the Russian Research Institute of Plant Breeding by F. S. Ventslavovich it is divided into two independent species: cultivated sunflower (*H. cultus* Wenz.) and wild (*H. ruderalis* Wenz.) [13, 17].

Sunflower – a short-day plant, very demanding of intense sunlight. At shading growth of plants weakens, small baskets are formed, the stalk is extended, productivity decreases. As it spreads to the north, its growing season lengthens. The duration of vegetation of sunflower varieties and hybrids from sowing to seed ripening in Ukraine is from 80 to 130 days. The best conditions for the development of sunflower in Ukraine are observed on chernozems and chestnut soils of the steppe zone with a neutral or slightly alkaline reaction of the soil solution. In forest-steppe regions, this culture is placed on gray and dark gray soils. Heavy, unstructured soils, as well as light sandy and very acidic soils are unsuitable for it [29].

Currently, there is a wide selection of varieties and hybrids of sunflower for growers. Over the past few years, the Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine includes more than 200

hybrids of domestic and foreign selection. This is what contributes to the expansion of the sunflower growing area in all soil and climatic zones of Ukraine, thus creating an efficient hybrid conveyor. The share of precocious hybrids in the Register is increased to 22%, every third hybrid represents an early-ripening group. During the growing season, 16% of hybrids are classified as medium-early, in the group of medium-ripe hybrids – 14%. This stabilizes the level of yield and minimizes the risks associated with growing this crop [4]. Modern varieties and hybrids of sunflower are created on a large selection material, often with the involvement of interspecific hybridization. The result is a pronounced difference in the requirements for growing conditions, which can not be realized by dividing into groups for specific growing areas according to the duration of the growing season. Application of standard, generally accepted for a zone, technologies of cultivation of culture allows to receive mediocre results with sharp fluctuations of productivity in different years. Therefore, obtaining a high yield depends not only on compliance with the technology of cultivation, but also on the level of conformity of the variety or hybrid to the weather conditions of the year [19, 27].

Thus, the main direction of increasing the production of sunflower seeds is the introduction into production of new high-yielding hybrids and intensive technologies for their cultivation. In terms of seed yield, sunflower hybrids by 20–30%, and in terms of oil content by 15–20% predominate the best zoned varieties. It is possible to increase the production of commercial sunflower seeds in Ukraine without expanding the sown area by creating and implementing more productive hybrids with certain economically valuable features that combine high yield stability with product quality, and by adapting new hybrids and parent forms to the appropriate weather and climatic conditions of cultivation, which will increase yields above 4 t/ha.

In order to consolidate a stable share in the production and export of oil on the world market, we also need to take care of the support of Ukrainian originators of varieties and hybrids of sunflower. Among domestic applicants the most productive in this direction is the Institute of Plant Breeding named after V. Yuriev, where a number of high-oleic and palmetin hybrids have been created thanks to cooperation with both Ukrainian and foreign originators. Domestic sunflower hybrids of the Institute of Plant Breeding are characterized by precocity, high yield and fat content of not less than 49–53%, resistance to major diseases [5, 12]. The introduction of new high-yielding varieties, the use of adaptive cultivation technology significantly affect the economic efficiency and competitiveness of seed production. In order for the Ukrainian economy to rise and our

country to gain a stable position on the international market, it is necessary that the domestic oil industry not only reaches a level that meets international standards, but is also able to exceed it [20].

For farms of different sizes and specialization in a market economy, increasing the yield of sunflower seeds is possible by creating and introducing into production new varieties and hybrids with high agroecological adaptability, precocity, genetic resistance and tolerance to powdery mildew, different races of wolfberry, phomopsis, white and gray rot. In recent years, the world market of sunflower seeds, along with varieties, more and more attention is paid to the selection of new hybrids with high productivity potential, their inclusion in the State Register of Plant Varieties suitable for distribution in Ukraine and recommended for widespread use in production [10].

In terms of economic importance, sunflower is not inferior to such crops as wheat, corn, soybeans and is one of the most popular oilseeds not only in Ukraine. Simple cultivation technology and high profitability, increasing demand for seeds and sunflower oil, oilcake, both in domestic and world markets, leads to increased sown areas and increased crop yields. However, according to scientific research and experience of producers at the production level, the genetic potential of sunflower is not realized by 50-70% [2, 21].

In the complex of agrotechnical measures of sunflower cultivation, on which the harvest and its quality depend, the density of standing of plants occupies an important place. A significant harvest can be obtained due to high individual productivity and the maximum allowable density of stems in a particular area of cultivation [15, 26].

Optimal standing density is one of the most important prerequisites for high and high-quality sunflower seed yields. To achieve it, the correct choice of seeding rate is of paramount importance. The higher the standing density, the smaller the size of the baskets and vice versa. With an uneven density of standing plants lie down, there is an uneven maturation of large and small baskets, which is the cause of losses and difficult harvesting, and as a result, energy costs increase significantly. At low crop density, the diameter of the baskets is larger and the seeds are larger, which to some extent can compensate the shortage of a sparse number of plants in the area. However, large baskets ripen more slowly, and large seeds are damaged during threshing and easily cleaned from the wrapper [9, 23]. This increases the proportion of volatile acids in the oil and reduces its quality. Crop density may need to provide high yields per unit area in specific soil and climatic conditions, as too dense crops consume large amounts of water and

nutrients to form the vegetative mass of plants. With a shortage of water and nutrients, this causes a sharp shortage of sunflower seeds [7, 24].

However, too low density of plants in the crop does not ensure the efficient use of moisture and nutrients to form a seed crop, and the likelihood of weed infestation increases. Therefore, the standing density may be different depending on soil and climatic conditions, and the more favorable these conditions are (especially with respect to moisture), the higher the standing density may be and vice versa [16, 23].

In the initial stages of growth and development, when the sunflower forms the root system and leaf surface, the plants do not respond to thickening. However, with the gradual development comes the moment when the growth of some plants begins to complicate the ontogenetic processes of others, which leads to increased competition in the agrocenosis, reduced viability and productivity of plants [14].

Scientific research has shown that the level of crop yields, including sunflower, largely depends on the density of plants, which can vary in specific soil and climatic conditions in a very wide range. Optimal is the density of standing, which ensures not only the normal development of each plant, but it is possible to obtain the highest level of yield per unit area. The optimal degree of thickening of sunflower crops may also vary depending on the genetic properties of varieties or hybrids and their response to certain climatic factors, weather conditions, and above all, relative to the wet supply of plants [14].

According to research by the Poltava State Agrarian Academy, the stocking density of Jason sunflower hybrids in the range from 30 to 80 thousand/ha (with fluctuations – 10 thousand/ha) had almost no effect on the development phases and duration of the growing season. There is a tendency to a slight increase in the duration of the growing season by 1-5 days with an increase in the density of standing to 70-80 thousand/ha. At higher standing densities, the leaf surface area of one plant decreased, but the total leaf area per 1 hectare, on the contrary, increased. Thickening of crops to 80 thousand/hectare caused a decrease in the mass of 1000 seeds by 9%. The lowest yield of sunflower seeds – 26.3 kg/ha was observed at a standing density of 30 thousand/ha. The increase in plant density in crops affected the increase in yield, and the maximum seed yield (33.5 kg/ha) was obtained at a plant density of 60 thousand/ha, a further increase in plant density to 80 thousand/ha was accompanied by a decrease in yield to 29.4 quintal/ha [31].

The Institute of Oilseeds of UAAS recommends for different areas of Ukraine to adjust the density of sunflower plants depending on local

natural and economic conditions [32]. Many studies by domestic scientists [3, 9] have shown that the density of standing can be different depending on soil and climatic conditions, the more favorable these conditions, the higher the density of standing. Plant density is one of the main factors that determines the efficiency of soil fertility, temperature and water regimes, solar energy and other components of agrocenosis [29]. At the same time, there is no consensus on the optimal density of standing plants. This indicator depends on both climatic conditions and the genotype of the hybrid and in the steppe of Ukraine ranges from 40 to 70 thousand plants/ha [1].

Conclusions. Among all oilseeds, sunflower ranks first in both area and oil production. The largest producer of sunflower seeds is the southern part of Ukraine, but it is becoming more common in the western region.

The main direction of increasing the production of sunflower seeds is the introduction of new high-yielding hybrids and intensive technologies for their cultivation, which will contribute to the realization of the genetic potential of sunflower, which is realized at the production level by only 50-60%.

Список використаної літератури

1. Агротехнічні заходи підвищення урожайності насіння соняшника в умовах Степу України / І. Д. Ткаліч та ін. *Зернові культури*. 2018. № 1, т. 2. С. 44–52.
2. Антонюк О. П. Аналіз тенденції виробництва та переробки насіння соняшника в Україні. *Економіка харчової промисловості*. 2014. № 1, т. 6. С. 50–53.
3. Бець Т. Ю. Просторовий зв'язок електричної провідності ґрунту та врожайності гібрида Ясон. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*. 2011. № 2. С. 61–64.
4. Бойко К. Я., Мінковський А. Є., Поляков О. І. Формування врожайності гібриду соняшника Надійний в залежності від агроприймів вирощування в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2008. Вип. 13. С. 121.
5. Ведмедєва К. В., Яндол А. Ю., Таранець Т. О. Мінливість вмісту

References

1. Agrotechnical measures to increase the yield of sunflower seeds in the steppe of Ukraine / I. D. Tkach et al. *Zernovi kultury*. 2018. No 1, vol. 2. P. 44–52.
2. Antoniuk O. P. Analysis of the trend of production and processing of sunflower seeds in Ukraine. *Ekonomika pishchevoi promyshlennosti*. 2014. No 1, vol. 6. P. 50–53.
3. Bets T. U. Spatial relationship between soil electrical conductivity and Jason hybrid yield. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarynoho universytetu*. 2011. No 2. P. 61–64.
4. Boiko K. Ya., Minkovskiy A. Ye., Poliakov O. I. Formation of sunflower hybrid yield Nadiyni depending on agricultural cultivation in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomoria*. 2008. Issue 13. P. 121.
5. Vedmedieva K. V., Yandola A. Yu., Taranets T. O. Variability of oleic acid content of sunflower oil collection lines under different weather conditions. *Naukovotekhnichniy biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2019. No 27. P. 35–42.

олеїнової кислоти олії колекційних ліній соняшнику за різних погодних умов. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 27. С. 35–42.

6. Високоолеїновий соняшник. URL: <https://www.syngenta.ua/news/sonyashnik/visokooleyinovy-sonyashnik> (дата звернення: 20.09.17).

7. Вплив погодних факторів на мінливість господарських показників у гібридів соняшнику / Н. М. Кутіщева та ін. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2019. № 28. С. 70–84.

8. Гайдаш Є. В., Белка О. В. Олійні культури в Державному реєстрі сортів рослин України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2017. № 24. С. 227–236.

9. Грабовський М. Б. Вплив густоти стояння рослин на прояв господарсько цінних ознак та продуктивність соняшнику в умовах Центрального Лісостепу України. *Агроном*. 2012. № 1. С. 135–138.

10. Дяченко О. В. Актуальні проблеми та перспективи розвитку українського ринку соняшнику та продукції його переробки. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2012. № 20, т. 2. С. 138–142.

11. Єременко О. А., Калитка В. В. Урожайність соняшнику залежно від агрометеорологічних умов Запорізької області. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2017. № 24. С. 156–165.

12. Жаркова Г., Каражбей Г. Соняшник – нові пропозиції для сівби 2012 року. *Пропозиція*. 2011. Вип. 10. С. 23–25.

13. Исходный материал для селекции декоративного подсолнечника / Ю. В. Лобачев и др. *Аграрный научный журнал*. 2020. № 4. С. 28–30.

14. Іщенко В. А., Шкумат В. П. Ефективність посіву соняшнику із звуженими міжряддями при різних густоті стояння рослин. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2006. Вип. 1. С. 34–39.

6. High oleic sunflower. URL: <https://www.syngenta.ua/news/sonyashnik/visokooleyinovy-sonyashnik> (last accessed: 20.09.17).

7. Influence of weather factors on the variability of economic indicators in sunflower hybrids / N. M. Kutishcheva et al. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2019. No 28. P. 70–84.

8. Haidash Ye. V., Belka O. V. Oilseeds in the State register of plant varieties of Ukraine. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2017. No 24. P. 227–236.

9. Hrabovskyi M. B. The influence of plant density on the manifestation of economically valuable traits and productivity of sunflower in the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Ahronom*. 2012. No 1. P. 135–138.

10. Diachenko O. V. Actual problems and prospects of development of the Ukrainian sunflower market and products of its processing. *Zbirnyk naukovykh prats Podilskoho derzhavnoho ahrarno-tekhnichnoho universytetu*. 2012. No 20, vol. 2. P. 138–142.

11. Yeremenko O. A., Kalytka V. V. Sunflower yield depending on agrometeorological conditions of Zaporizhzhia region. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2017. No 24. P. 156–165.

12. Zharkova H., Karazhbei H. Sunflower – new proposals for sowing in 2012. *Propozytsiia*. 2011. Issue 10. P. 23–25.

13. Source material for breeding decorative sunflower / Yu. V. Lobachev et al. *Agragnyj nauchnyj zhurnal*. 2020. No 4. P. 28–30.

14. Ishchenko V. A., Shkumat V. P. Efficiency of sowing of sunflower with the narrowed interrows at various density of standing of plants. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. 2006. Issue 1. P. 34–39.

15. Kokovikhin S. V., Nesterchuk V. V. Agroeconomic and energy substantiation of sunflower growing technology in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2016. No 23. P. 121–

15. Коковіхін С. В., Нестерчук В. В. Агроекономічне та енергетичне обґрунтування технології вирощування соняшнику в умовах Південного Степу України. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2016. № 23. С. 121–130.
16. Коковіхін С. В., Нестерчук В. В., Носенко Ю. М. Продуктивність та якість насіння гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 94. С. 37–42.
17. Костюченко Н. І., Лях В. О. Таксономічне різноманіття мікроміцетних комплексів у кореневій зоні багаторічного дикого виду соняшника *HELIANTHUS GROSSESERRATUS*. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2020. № 29. С. 123–130.
18. Кузьмінська Н. Л. Особливості функціонування олійножирової галузі України. *Економіка АПК*. 2011. № 12. С. 161–165.
19. Кутіщева Н. М., Литяга О. Ю. Біологічні особливості батьківських компонентів соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. № 25. С. 61–73.
20. Меліх О. О., Пасменко Н. В. Сучасний стан та напрями розвитку ринку соняшникової олії в Україні. *Економіка харчової промисловості*. 2015. Вип. 3, т. 3. С. 15–20.
21. Мельник А. В. Агробіологічні основи формування врожаю соняшнику та ріпаку ярого в Лівобережному Лісостепу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.09 “Рослинництво”. Київ, 2013. 43 с.
22. Олійні культури в Україні : навч. посіб. / М. М. Гаврилюк та ін. ; за ред. В. Н. Салатенка. Київ : Основа, 2008. 420 с.
23. Поляков А. И. Продуктивність соняшнику залежно від густоти стояння рослин та застосування біодобрива. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. Вип. 26. С. 73–80.
24. Поляков О. І., Нікітенко О. В., 130.
16. Kokovikhin S. V., Nesterchuk V. V., Nosenko Yu. M. Productivity and seed quality of sunflower hybrids depending on plant density and fertilizer. *Tavriyskiy naukovy visnyk*. 2015. Issue 94. P. 37–42.
17. Kostyuchenko N. I., Liakh V. O. Taxonomic diversity of micromycete complexes in the root zone of perennial wild sunflower *HELIANTHUS GROSSESERRATUS*. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2020. No 29. P. 123–130.
18. Kuzminska N. L. Features of functioning of oil and fat industry of Ukraine. *Ekonomika APK*. 2011. No 12. P. 161–165.
19. Kutishcheva N. M., Lytiaha O. Yu. Biological features of the parent components of sunflower. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2018. No 25. P. 61–73.
20. Melikh O. O., Pasmenko N. V. Current state and directions of development of the sunflower oil market in Ukraine. *Ekonomika kharchovoi promyslovosti*. 2015. Issue 3, vol. 3. P. 15–20.
21. Melnyk A. V. Agrobiological bases of sunflower and rapeseed crop formation in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine : author's ref. dis. for the degree of Dr. of agric. sci. : sp. 06.01.09 “Plant breeding”. Kyiv, 2013. 43 p.
22. Oil crops in Ukraine : textbook / M. M. Havryliuk et al. ; za red. V. N. Salatenka. 2-he vyd., pererob. i dopov. Kyiv : Osnova, 2008. 420 p.
23. Poliakov A. I. Sunflower productivity depending on plant density and application of biofertilizer. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2018. Issue 26. P. 73–80.
24. Poliakov O. I., Nikitenko O. V., Litoshko S. V. Features of water consumption of sunflower hybrid Ratnyk. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 2018. No 25. P. 135–142.
25. Tkalic I. D., Hyrka D. A., Bochevar O. V. Productivity of sunflower hybrids in different moisture years. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 2013. No 5. P. 31–39.

- Літошко С. В. Особливості водоспоживання соняшнику гібриду Ратник. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. № 25. С. 135–142.
25. Ткаліч І. Д., Гирка Д. А., Бочевар О. В. Продуктивність гібридів соняшнику в різні за зволоженням роки. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2013. № 5. С. 31–39.
26. Ткалич Ю. И. Оцінка біологічної та господарської ефективності гербіцидів в посівах соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2018. Вип. 26. С. 98–107.
27. Тоцький В. М. Водоспоживання та урожайність гібридів соняшнику. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 2. С. 145–147.
28. Україна збільшує виробництво високоолеїнового соняшника. URL: <http://propozitsiya.com/ua/ukrayina-zbilshuie-virobnictvo-visokooleyinovogosonyashnika> (дата звернення: 15.08.17).
29. Фадеев Л. В. Подсолнечник Украины – сегодня и завтра. Харьков : Спец ЭММ, 2014. 129 с.
30. Чехова І. В., Чехов С. А. Аналіз виробництва олійних культур у зоні Степу. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 11. С. 72–77.
31. Шевченко С. М. Вплив густоти стояння рослин соняшнику на продуктивність. *Агроном*. 2012. № 1 (35). С. 72–73.
32. Шпаар Д. Зерновые культуры: выращивание, уборка, хранение и использование. Киев : Издательский дом «Зерно», 2012. 704 с.
26. Tkachuk Ju. I. 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.
27. Totyskyi V. M. Water consumption and yield of sunflower hybrids. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 2012. No 2. P. 145–147.
28. Ukraine increases production of high-oleic sunflower. URL: <http://propozitsiya.com/ua/ukrayina-zbilshuie-virobnictvo-visokooleyinovogosonyashnika> (last accessed: 15.08.17).
29. Fadeev L. V. Sunflower of Ukraine – today and tomorrow. Harkov : Spec EMM, 2014. 129 p.
30. Chekhova I. V., Chekhov S. A. Analysis of oilseeds production in the steppe zone. *Visnyk ahrranoi nauky*. 2016. No 11. P. 72–77.
31. Shevchenko S. M. Influence of standing density of sunflower plants on productivity. *Ahronom*. 2012. No 1 (35). P. 72–73.
32. Shpaar D. Cereals: growing, harvesting, storing and using. Kiev : Izdatel'skij dom «Zerno», 2012. 704 p.

Received 18.08.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-7

UDC 620.952

N. L. TKACHUK, Junior Research Fellow

Pre-Carpathian State Agricultural Research Station

of Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

S. Bandery street, 21a, Ivano-Frankivsk city, 76015, e-mail: instapv@i.ua

DYNAMICS OF BIOMETRIC INDICATORS OF ENERGY WILLOW PLANTS DEPENDING ON PLANTING DENSITY AND FEEDING BACKGROUND

Development of world civilization is closely linked to energy resources, which significantly affect the country's independency policy.

In the structure of renewable energy sources in the world more than 50% is energy received from biomass of vegetable origin and 15% of the total energy used.

Ukraine belongs to energydeficient countries, which is unable to provide the energy sector with fossil fuels, therefore task of alternative energy development for our country is urgent.

In Ukraine, in the last decade, much attention has been paid to improving the efficiency of biofuels and bioenergy, which reduces the dependence of national economy on energy imports, reduce its energy intensity and ensure economic development.

A promising renewable fuel source is the biomass of grass and tree crops. Among wood energy crops, the largest plantations are of willow.

To date, the impact of basic environmental conditions and cultivation technologies on crop productivity has been disclosed in many scientific publications and literary sources. However, currently the issue of the impact of cultivation technology, soil and climatic factors on the growth and development of energy willow plants in the Pre-Carpathians is little studied and insufficiently covered in scientific publications, which causes the relevance of this issue.

The research results showed that the highest shoots (6.8–7.0 m on the fifth year of energy willow vegetation) was recorded in the variant with a planting density of 18 thousand pieces/ha. The diameter of the central shoot in this variant was in the range 36–42 mm. Number of shoots 2.1–2.9 pcs. per 1 plant and 37.8–52.2 thousand pieces per 1 hectare. The largest diameter of the central shoot was recorded in the variant with a planting density of 12 thousand pcs/ha, where it was in the range 41–44 mm. Number of shoots 4.2–4.8 pcs. per 1 plant and 50.4–57.6 thousand pieces per 1 hectare.

After analyzing the dynamics of vegetative mass growth of energy willow, it should be noted that the average increase in one growing year of the five-year cycle ranged from 1.32 to 1.40 m. The annual increase in the diameter of the central shoot was

7.2–9.2 mm.

Key words: energy willow, vegetative mass, mineral nutrition.

Ткачук Н. Л.

Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція
Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН

Динаміка біометричних показників рослин верби енергетичної залежно від густоти насадження і фону живлення

Розвиток світової цивілізації тісно пов'язаний з енергетичними ресурсами, що суттєво впливають на незалежну політику країни.

У структурі відновлюваних джерел енергії у світі більше 50 % займає енергія, отримана з біомаси рослинного походження, та 15 % всієї сукупної енергії, яка використовується.

Україна належить до енергодефіцитних країн, яка не в змозі забезпечити енергетичну галузь викопними видами палива, тому для нашої держави є актуальним завдання розвитку альтернативної енергетики.

В Україні в останнє десятиріччя значну увагу приділяють підвищенню ефективності використання біопалива та біоенергії, що дозволяє зменшити залежність національної економіки від імпорту енергоносіїв, знизити її енергоємність і забезпечити економічний розвиток.

Перспективним поновлюваним джерелом палива є біомаса трав'янистих і деревних культур. Серед деревних енергетичних культур вирощують найбільші плантації верби.

На сьогодні вплив основних умов середовища та технологій вирощування на продуктивність сільськогосподарських культур розкрито в багатьох наукових виданнях і літературних джерелах. Проте на теперішній час питання щодо впливу технології вирощування та ґрунтово-кліматичних чинників на ріст і розвиток рослин енергетичної верби в умовах Передкарпаття мало вивчено і недостатньо висвітлено в наукових публікаціях, що обумовлює актуальність цього питання.

Результатами досліджень встановлено, що найбільшу висоту пагонів за п'ятий рік вегетації верби енергетичної зафіксовано у варіанті з густотою садіння 18 тис. шт./га (6,8–7,0 м). Діаметр центрального пагона за цього варіанта був у межах від 36 до 42 мм, кількість пагонів – 2,1–2,9 шт. на 1 рослині та 37,8–52,2 тис. шт. на 1 гектарі. Найбільший діаметр центрального пагона зафіксовано за варіанта з густотою садіння 12 тис. шт./га, де він був у межах від 41 до 44 мм, кількість пагонів – 4,2–4,8 шт. на 1 рослині та 50,4–57,6 тис. шт. на 1 гектарі.

Проаналізувавши динаміку наростання вегетативної маси верби енергетичної, слід відзначити, що середній приріст за один вегетаційний рік п'ятирічного циклу становив від 1,32 до 1,40 м, річний приріст за діаметром центрального пагона – 7,2–9,2 мм.

Ключові слова: верба енергетична, вегетативна маса, мінеральне живлення.

Introduction. Since the beginning of the new century, humanity is actively seeking to replace traditional energy sources with renewable energy sources. This need is largely due to the depletion of world hydrocarbon reserves, disruption of the natural balance of ecosystems, global environmental problems, including increasing greenhouse gas concentrations in the atmosphere, leading to frequent natural disasters and drastic changes in the earth's surface. Therefore, the development of such a new branch of science as bioenergy is becoming increasingly important, which can become an important element in reducing the deficit of fossil hydrocarbons and the basis for sustainable provision of the state with bioresources and energy security.

In Ukraine, in the last decade, much attention has been paid to improving the efficiency of biofuels and bioenergy, which reduces the dependence of the national economy on energy imports, reduce its energy intensity and ensure economic development [5, 7, 11, 12].

One of the main factors of balanced ecological and economic development of Ukraine is the efficient use of natural resources, in particular, renewable energy sources in the balance of the country's agro-industrial and forestry complex. It is known that European countries have achieved 10% of their energy needs through renewable energy [9, 30]. In Ukraine, this figure is only 4%, but Ukraine's energy strategy for the period up to 2030 obliges to increase the share of renewable energy sources to 10% [29-30]. Our state is forced to import about 65% of energy. The vast majority of imports are natural gas (79%) and petroleum products (66%), the price of which is constantly rising.

At the same time, Ukraine's potential in terms of renewable energy production is quite large. First of all, this is due to the fact that Ukraine has a scarce resource in the world – land. We have a large number of arable lands, which, for one reason or another, are not used in agricultural production and which would be quite suitable for growing bioenergy crops. Thus, there are all the prerequisites for the creation of a national bioenergy complex. Moreover, the global growth in demand for energy crops contributes to rising prices for bioenergy raw materials, which, in turn, generates growth in supply. Therefore, agriculture in Ukraine has every chance to become an industry that can provide not only food but also, to some extent, energy security of the country [15].

However, in the energy balance of Ukraine the share of renewable energy sources remains insignificant 2.7%, of which 1.9% is hydropower and only 0.8% biofuels, wind and solar energy. Thus, a large reserve for

increasing the percentage of biofuels in the energy balance of Ukraine may be biofuels derived from the cultivation of energy crops.

The dependence of Ukraine's economy on energy imports necessitates the search for alternative sources to obtain them. The solution to this problem in the near future is extremely important. Especially given that in 7-10 years the world's proven oil reserves will be depleted by 60-65%, natural gas reserves will be enough only for 50-60 years, oil – for 25–30, coal – for 500–600 years. Constantly rising tariffs for gas and utilities further stimulate the search for, introduction and use of alternative, non-traditional energy sources.

Increasing energy consumption, while increasing the price of energy resources and increasing harmful emissions into the atmosphere, makes the development of bioenergy extremely important.

Much attention is paid to the use of biomass as a source for biofuel production in Germany, Poland, Sweden and Denmark.

Among the promising crops for green energy are such major energy crops as energy willow [22, 23], poplar [24, 25], miscanthus, candlegrass, perennial sedge. These crops are undemanding to soil and climatic conditions, due to many years of continuous cultivation improve soil structure, and fallen leaves and root residues that remain in the soil can somewhat improve its fertility.

Energy willow is the main energy crop for solid fuel production in the world. This is a plant with a very high weight gain (14 times larger than a naturally growing forest). The average annual increase in yield per hectare is 15-30 tons of wood. Harvesting is carried out every 2-3 years [10].

Energy willow is a species of willow (*Salix*) that grows quickly and is suitable for use as biomass. It is used by direct combustion of shredded biomass or for the production of fuel pellets and reduces the loss of traditional energy sources. Among all energy plants in the world, willow is today used as the main energy crop for the production of solid fuels [13, 20, 22]. The largest willow plantations today in Sweden, which are about 18-20 thousand hectares, in neighboring Poland more than 6,000 hectares. In Ukraine, despite the large number of unused non-agricultural lands, industrial plantations of energy crops are still insufficient. The average weight gain of energy willow is 1.5 meters per year. Harvesting takes place every 2-3 years, the harvest period is November – February, when the leaves fall. The number of harvest cycles from one planting is 7-8 times, after which it is possible to recultivate the land for planting other crops or establish a new willow plantation. Today willow is effectively used in anti-erosion measures to strengthen soils; enriches soils with minerals and trace

elements, nutrients of natural origin; energy willow plantations are natural filters for the removal of agricultural waste, used as buffer zones in places of accumulation of biological waste from farms; energy willow is a natural filter for cleaning soils from pesticides [27]. Willows can withstand periodic water cover, but are not a water crop. Thus, willow survives in meadows and areas with periodic flooding, where the cultivation of conventional crops is for some reason risky [28]. Another advantage of growing this crop is that compared to traditional crops, energy willow plantations require 3-5 times less nutrients and replenish organic matter in the soil due to leaf fall. They cover much deeper soil horizons than, for example, cereals, receiving additional nutrients and moisture from them. Created energy plantations significantly improve the aesthetic and ecological condition of agricultural and urban landscapes, increase the diversity of flora and fauna [8, 26]. Willow plantations are widely used to secure river banks and ravines, and due to their high transpiration capacity (intensive evaporation of moisture from the leaf blade surface) are used to drain soils [4, 16, 17]. A number of studies have been conducted and the positive aspects of the use of energy crops have been proven [1, 2, 4, 17, 18]. However, there are many reasons that motivate scientists to look for new, alternative energy sources, and one of them is ecology. Most "energy" plants form a powerful vegetative mass that intensively photosynthesizes, reducing excess carbon dioxide in the atmosphere and the effects of the "greenhouse effect" of anthropogenic origin. The root system, with long-term cultivation in one place, enriches the organic matter content in the soil thereby increasing its fertility [14, 18, 20, 24].

Materials and methods. Research was carried out in the research fields of the Carpathian State Agricultural Research Station of the Institute of Agriculture of the Carpathian region of NAAS and in the laboratory [3].

The soil of the experimental field is sod podzolic. The thickness of the humus horizon is 40 cm. The granulometric composition of the soil is coarse-medium-loamy. The structure of the arable layer is sprayed (lumpy-dusty). Therefore, after the rains, these soils can float and form a crust. Agrochemical characteristics: pH_{salt} (potentiometric) – 4.6, the amount of absorbed bases (Ca+Mg) – 11.4 mg-eq/100 g (according to Kappen), humus content (according to Turin) – 2.54%, alkaline hydrolyzed nitrogen (according to Cornfield) – 79.0, mobile phosphorus (according to Kirsanov) – 48.0, mobile potassium (according to Kirsanov) – 82.0 mg/kg of soil; mobile forms of microelements: boron (according to Berger and Truog) – 1.0, molybdenum (according to Grieg) – 0.20, manganese (according to Peive and Rinkis) – 48.0 mg/kg of soil.

The research involves the study of the influence of a number of factors (planting density, mineral nutrition) on the growth, development and productivity of crops.

1. The scheme of the experiment

Culture	Planting density		Mineral nutrition
Energy willow	1	18 thousand	Without fertilizers
	2	pcs/ha	$N_{40}P_{300}K_{300} + N_{40}$
	3	15 thousand	Without fertilizers
	4	pcs/ha	$N_{40}P_{300}K_{300} + N_{40}$
	5	12 thousand	Without fertilizers
	6	pcs/ha	$N_{40}P_{300}K_{300} + N_{40}$

The experiment is based on four repetitions. The sown area is 150 m², the accounting area is 125 m². The total area of the plots in the experiment is 0.36 ha.

According to the planting scheme, the crops are planted in paired rows with a distance of 0.70 m and row spacing of 2 m.

Results and discussion. Soil preparation consisted of the following technological operations: stubble peeling, plowing and pre-planting tillage. In order to prune rhizomes, destroy wheatgrass and other root-sprouting weeds, peeling was carried out to a depth of 16 cm with a BDT-3 disc harrow in a unit with a T-150 K tractor. The next technological operation was plowing the soil to a depth of 22 cm.

Two weeks after plowing, the soil was loosened and leveled to a depth of 12 cm with a cultivator KPSP-4 with toothed harrows. This allowed to destroy the sprouted weeds and level the surface of the field. Prior to this operation, according to the scheme of the experiment, fertilizers were applied to the planned areas in the norm of $N_{40}P_{300}K_{300}$. The following mineral fertilizers were used for research: nitrogen – in the form of ammonium nitrate (34.4% d. r.); potassium – potassium chloride (60% d. r.); phosphorus – granular superphosphate (18.7% d. r.). Fertilizers were applied to the plots in the spring by manual cultivation. Cuttings 22–25 cm long and 0.8–1.00 cm in diameter were used for planting. 5–12 buds on each cutting. During planting, the buds were dormant and swollen. The distance between the buds was from 2 cm to 5 cm.

Before planting, the cuttings were soaked in water for 24 hours. 12 days after planting, the soil was loosened and weeds were destroyed in between rows of willows by a cultivator.

As of 12.05, the height of willow shoots ranged from 6.2 m to 6.5

m. The diameter of the central shoot for this period ranged from 30 to 41 mm. Number of shoots 2.1–4.8 pcs. The largest increase in vegetative mass according to the conducted phenological studies was obtained for the period from June to August. The last biometric measurements were carried out on 08.10. The height of plants in this period was in the range of 6.5–7.0 m. The diameter of the central shoot was in the range of 36 to 44 mm. The number of shoots did not change (Table 2).

2. Biometric indicators of energy willow plants depending on planting density and feeding background

Variant №	Date of accounting						Average increase for one growing year		
	26.05.2016		08.10.2020						
	Plants' height, m	Shoots' quantity, pcs.	Plants' height, m	Shoots' quantity, pcs.	Diameter, mm		Plants' height, m	Diameter, mm	
					on 0 cm	on ½ height		on 0 cm	on ½ height
1	0,25	0,1	6,8	2,1	36	25	1,36	7,2	5,0
2	0,28	2,0	7,0	2,9	42	29	1,40	8,4	5,8
3	0,34	1,8	6,6	2,4	38	26	1,32	7,6	5,2
4	0,36	2,7	7,0	3,6	46	32	1,40	9,2	6,4
5	0,56	2,6	6,5	4,2	41	27	1,30	8,2	5,4
6	0,55	3,0	6,8	4,8	44	35	1,36	8,8	7,0

The highest shoots in the fifth year of vegetation was recorded in the variant with a planting density of 18 thousand pieces/ha – 6.8-7.0 m. The diameter of the central shoot in this variant ranged from 36 to 42 mm. Number of shoots 2.1–2.9 pcs. per 1 plant and 37.8–52.2 thousand pieces per 1 hectare. The largest diameter of the central shoot was recorded in the variant with a planting density of 12 thousand pieces/ha, where it was in the range from 41 to 44 mm. Number of shoots 4.2–4.8 pcs. per 1 plant and 50.4–57.6 thousand pieces per 1 hectare.

The application of mineral fertilizers ($N_{80}P_{300}K_{300}$) provided the plants with more available nutrients and helped to increase the thickness of the shoots from 3 to 8 mm. The height of the plants was 0.2-0.4 m higher than in the variant without fertilizers.

Analyzing the increase in biometric indicators of energy willow in the fifth year of the growing season, it should be noted that they were significantly lower than in the third and fourth growing seasons. Thus, in

the third year of vegetation the height of plants increased by an average of 1.8 m, in the fourth year of vegetation the increase was on average 0.8 m, and in the fifth vegetation year only 0.5 m. This also applies to the diameter of shoots, where in the third year of the growing season the diameter of the central shoot increased by an average of 14 mm, in the fourth year of the growing season the increase was on average 3 mm, and in the fifth growing year only 2 mm.

Analyzing the dynamics of growth of vegetative mass of energy willow, it should be noted that the average increase in one vegetative year of the five-year cycle ranged from 1.32 to 1.40 m. The annual increase in diameter of the central shoot was 7.2-9.2 mm.

After the first three-year cycle of vegetation, part of the shoots of energy willow was cut. During the phenological observation of the growing shoots of the second year, the following biometric indicators were obtained: plant height 302.2–401.0 cm, diameter of the central shoot 9–16 mm. The number of shoots increased significantly compared to the first cycle of vegetation and was 9-12 pieces on the plant (Table 3).

3. Biometric indicators of two-year energy willow plantations after cutting the first three-year cycle

Variant №	Date of accounting						Increment	
	10.05.2020 p.			08.10.2020 p.				
	Plants' height, m	Shoots in bushes, pcs.	Diameter of central shoot, mm	Plants' height, m	Shoots in bushes, pcs.	Diameter of central shoot, mm	Plants' height, m	Diameter of central shoot, mm
1	1,28	8	4	3,02	9	9	1,74	5
2	1,54	11	7	3,23	11	12	1,69	5
3	1,34	9	6	3,30	9	11	1,96	5
4	1,56	8	7	3,49	9	12	1,93	5
5	1,63	8	9	3,65	10	14	2,02	5
6	1,80	12	11	4,01	12	16	2,21	5

Conclusions. The results of research have shown that increasing the area of nutrition and application of mineral fertilizers promotes better growth and development of energy willow. The application of mineral fertilizers ($N_{80}P_{300}K_{300}$) provided the plants with more available nutrients

and helped to increase the height of the plants and the thickness of the shoots during the growing season.

Список використаної літератури

1. Біоенергетичні культури для виробництва біопалива / М. В. Роїк та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 7: Енергозбереження та альтернативні джерела енергії: проблеми і шляхи їх вирішення. С. 12–17.
2. Гнап І. В. Вплив азотних добрив на ріст, продуктивність і якість біомаси деяких сортів енергетичної верби в умовах Західного Полісся України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 5. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/11664/10113> (дата звернення: 04.08.2021).
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. Москва, 1985. 351 с.
4. Економічна та енергетична ефективність вирощування енергетичних культур в умовах західного регіону / М. Д. Волошук та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (1). С. 35–51.
5. Кравчук В. На шляху до створення плантацій енергетичних культур. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 2. С. 31–34.
6. Лис Н. М., Фучило Я. Д., Ткачук Н. Л. Вплив густоти і внесення мінеральних добрив на ріст і продуктивність плантацій енергетичної верби в умовах Прикарпаття. *Біоенергетика*. 2018. № 2 (12). С. 19–21.
7. Макаренченко В. Енергетичні культури в Україні. Київ, 2012. С. 114–117. (Agroexpert: практичний посібник аграрія).
8. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь / Я. Д. Фучило та ін. Київ, 2018. 137 с.
9. Роїк М. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва біопалива. *Збірник наукових*

References

1. Bioenergy crops for biofuel production / M. V. Roik et al. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2010. No 7 : Enerhozberezhennya ta alternatyvni dzherela enerhii: problemy i shliakhy yikh vyrishennia. P. 12–17.
2. Hnap I. V. Influence of nitrogen fertilizers on the growth, productivity and quality of biomass of some varieties of energy willow in the conditions of Western Polissya of Ukraine. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. 2018. No 5. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/11664/10113> (last accessed: 04.08.2021).
3. Dospekhov B. A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). 5th ed. Moscow, 1985. 351 p.
4. Economic and energy efficiency of growing bioenergy crops in the western region / M. D. Voloshchuk et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2020. Issue 68 (1). P. 35–51.
5. Kravchuk V. On the way to the creation of energy cultures plantations. *Tekhnika i tekhnolohii APK*. 2013. No 2. P. 31–34.
6. Lys N. M., Fuchylo Ya. D., Tkachuk N. L. Influence of density and application of mineral fertilizers on the growth and productivity of energy willow plantations in the conditions of Prykarpattia. *Bioenerhetyka*. 2018. No 2 (12). P. 19–21.
7. Makarchenko V. Energetic cultures in Ukraine. Kyiv, 2012. P. 114–117. (Agroexpert: praktychnyi posibnyk ahrariia).
8. Methodology of research of energy plantations of willows and poplars / Ya. D. Fuchylo et al. Kyiv, 2018. 137 p.
9. Roik M. V. Prospects for growing energy willow for biofuel production. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh*

- праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2011. Вип. 12. С. 142–148.
10. Роїк М. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. *Біоенергетика*. 2013. № 2. С. 18–19.
11. Роїк М. В. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні. *Цукрові буряки*. 2012. № 23. С. 68.
12. Роїк М. В. Роль і місце фітоенергетиків у паливно-енергетичному комплексі України. *Цукрові буряки*. 2011. № 1. С. 6–7.
13. Ружи́ло З. Альтернатива природним вуглеводням. *Механізація сільського господарства*. 2011. № 2. С. 15–18.
14. Савіна С. С. Проблеми і перспективи розвитку виробництва біопалива в Україні. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки*. 2011. № 1 (48). С. 166–171.
15. Сінченко В. М., Гнап І. В. Вплив основних елементів живлення на продуктивність енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2018. № 1. С. 9–12.
16. Сінченко В. М., Пиркін В. І., Гнап І. В. Управління технологічними процесами вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2016. № 2. С. 6–10.
17. Ткачук Н. Л. Вихід енергії та твердого біопалива з отриманої біомаси тополі енергетичної залежно від густоти насадження і фону живлення. *Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції*: збірник наукових праць Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Кам'янець-Подільський, 20–21 берез. 2019 р.). Тернопіль : Крок, 2019. Ч. 1. С. 157.
18. Умови, необхідні для вирощування енергетичної верби / Сінченко В. М. та ін. *Біоенергетика*. 2017. № 2. С. 9–13.
19. Фучило Я. Енергетична верба – перспективи вирощування в Україні. *Новини агротехніки*. 2013. № 1/2. С. 30–31.
20. Фучило Я. Д., Гнап І. В., Ганженко О. М. Ріст і продуктивність деяких сортів енергетичної верби іноземної селекції в умовах Волинського Опілля. *Plant Varieties kultur i tsukrovyykh buriakiv*. 2011. Issue 12. P. 142–148.
10. Roik M. V. Prospects for the cultivation of energy willow for the production of solid biofuels. *Bioenerhetyka*. 2013. No 2. P. 18–19.
11. Roik M. V. Prospects for the development of bioenergy in Ukraine. *Tsukrovi buriaky*. 2012. No 23. P. 68.
12. Roik M. V. The role and place of phytoenergetics in the fuel and energy complex of Ukraine. *Tsukrovi buriaky*. 2011. No 1. P. 6–7.
13. Ruzhylo Z. An alternative to natural hydrocarbons. *Mekhanizatsiia silskoho hospodarstva*. 2011. No 2. P. 15–18.
14. Savina S. S. Problems and prospects for the development of biofuel production in Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Serii: Ekonomichni nauky*. 2011. No 1 (48). P. 166–171.
15. Sinchenko V. M., Hnap I. V. The influence of basic nutrients on the productivity of energy willow. *Bioenerhetyka*. 2018. No 1. P. 9–12.
16. Sinchenko V. M., Pyrkin V. I., Hnap I. V. Management of technological processes of energy willow cultivation. *Bioenerhetyka*. 2016. No 2. P. 6–10.
17. Tkachuk N. L. Energy yield and solid biofuel from the obtained energy poplar biomass depending on the planting density and feeding background. *Ahrarna nauka ta osvita v umovakh yevrointehratsii*: zbirnyk naukovykh prats Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (m. Kamianets-Podilskyi, 20–21 berez. 2019 r.). Ternopil : Krok, 2019. Part 1. P. 157.
18. Conditions necessary for growing energy willow / Sinchenko V. M. et al. *Bioenerhetyka*. 2017. No 2. P. 9–13.
19. Fuchylo Ya. Energy willow – the prospect of growing in Ukraine. *Novyny ahrotekhniky*. 2013. No 1/2. P. 30–31.
20. Fuchylo Ya. D., Hnap I. V., Hanzhenko O. M. Growth and productivity of some varieties of energy willow of foreign selection in the conditions of Volyn Opillya. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Vol. 14, No 2. P. 230–239. DOI: 10.21498/2518–1017.14.2.2018.134775.

2. C. 230–239. DOI: 10.21498/2518–1017.14.2.2018.134775.
21. Фучило Я. Д., Літвін В. М., Сбитна В. М. Платтаційне вирощування тополі в умовах Київського Полісся. Київ, 2012. 214 с.
22. Фучило Я. Д. Особливості вирощування енергетичної верби. *Біоенергетика*. 2016. № 1. С. 11–13.
23. Фучило Я. Д. Перспективи вирощування енергетичної верби. *Сучасні аграрні технології*. 2013. № 7. С. 69–71.
24. Фучило Я. Д., Сбитна М. В. Верби України (біологія, екологія, використання). Київ, 2009. 200 с.
25. Хіврич О. Тополя на біопаливо: особливості технології вирощування. *Пропозиція*. 2016. № 1. С. 66.
26. Чурілов Д. Г. Державне регулювання ринку твердого біопалива як один із чинників збалансованого природокористування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 2. С. 89–93.
27. Шевчук Р. Біоенергетичні культури для Полісся. *Аграрний тиждень Україна*. 2013. № 31/32. С. 13–14.
28. Шершун М. Х. Еколого-економічні особливості розвитку біоенергетики в зоні Полісся. *Економіка АПК*. 2012. № 9. С. 19–23.
29. Щербина О. М. Верба енергетична: використання та вирощування. Ужгород, 2011. 104 с.
30. Poplar and shrub willow energy crops in the United States: field trial results from the multiyear regional feedstock partnership and yield potential maps based on the PRISM–ELM model / T. A. Volk et al. *Global Change Biology Bioenergy*. 2018. Vol. 10, Iss. 10. P. 735–751. DOI: 10.1111/gcbb.12498.
21. Fuchylo Ya. D., Litvin V. M., Sbytina V. M. Plantation cultivation of poplars in the conditions of Kivskoho Polissya. Kyiv, 2012. 214 p.
22. Fuchylo Ya. D. Features of growing energy willow. *Bioenerhetyka*. 2016. No 1. P. 11–13.
23. Fuchylo Ya. D. Prospects for growing energy willow. *Suchasni ahrarni tekhnologii*. 2013. No 7. P. 69–71.
24. Fuchylo Ya. D., Sbytina M. V. Willows of Ukraine (biology, ecology, use). Kyiv, 2009. 200 p.
25. Khivrych O. Poplars for biofuels: features of cultivation technology. *Propozytsiia*. 2016. No 1. P. 66.
26. Churilov D. H. The state regulation of market of solid biofuels as one of the factors of balanced nature management. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2012. No 2. P. 89–93.
27. Shevchuk R. Bioenergy crops for Polissya. *Ahrarnyi tyzhden Ukraina*. 2013. No 31/32. P. 13–14.
28. Shershun M. Kh. Ecological and economic features of bioenergy development in the Polissya area. *Ekonomika APK*. 2012. No 9. P. 19–23.
29. Shcherbyna O. M. Energy willow: use and cultivation. Uzhhorod, 2011. 104 p.
30. Poplar and shrub willow energy crops in the United States: field trial results from the multiyear regional feedstock partnership and yield potential maps based on the PRISM–ELM model / T. A. Volk et al. *Global Change Biology Bioenergy*. 2018. Vol. 10, Iss. 10. P. 735–751. DOI: 10.1111/gcbb.12498.

Received 04.08.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-8

УДК 633.12:631.82

О. М. ДИКИЙ, аспірант

Львівський національний аграрний університет

вул. В. Великого, 1, м. Дубляни Жовківського р-ну Львівської обл., 80381,

e-mail: Sanya.ua16@i.ua

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ГРЕЧКИ*

Проведено аналіз літературних джерел вітчизняних та зарубіжних авторів. Висвітлено важливість гречки як круп'яної культури, що характеризується високим вмістом білка, крохмалю (відповідно до 11,5 та 85 %) та комплексом вітамінів і мікроелементів.

Гречка – хороший медонос, медпродуктивність за сприятливих умов досягає 70–90 кг/га і більше. Важливе значення її полягає в тому, що вона є страховою культурою для пересівання загиблих озимих. За рахунок швидкого росту та значної вегетативної маси гречка зменшує забур'яненість полів та сприяє формуванню оптимальних фізичних властивостей ґрунту.

Досліджено праці вчених щодо впливу макро- та мікроелементів на продуктивність гречки. Переважна більшість науковців стверджують про обов'язковість застосування мінеральних добрив, водночас дискусійним є питання щодо норм внесення. Ця дискусія актуальна не тільки в Україні, але й у світі.

Вміст азоту в зерні становить 1,72 % у зерні та 0,78 % у соломі. На різних етапах розвитку гречка споживає різну кількість цього елемента.

Вміст фосфору у зерні та соломі гречки становить відповідно 0,67 та 0,73 %. Проникнення фосфору за фазами розвитку гречки неоднакове: максимальний вміст фосфорної кислоти відзначено у фазі бутонізації та на початку цвітіння.

Вміст калію у зерні (0,32 %) значно менший ніж у соломі (2,88 %). Найбільш інтенсивно калій проникає у рослини гречки у фазі бутонізації та цвітіння і локалізується в точках росту у формі іонів.

Висвітлено фізіологічну роль мікроелементів живлення для росту та розвитку рослин гречки. Проведено короткий ретроспективний огляд еволюції застосування мікродобрив від 70–80 рр. минулого століття до сьогодення та зроблено акцент на потребу проведення листових підживлень мікродобривами у хелатній формі. Також у короткій формі описано механізм дії хелатних добрив, які є реальною альтернативою внесенню мікроелементів у ґрунт разом із мінеральними добривами. Відзначено мінімальний вплив сучасних хелатних мікродобрив на довкілля.

*Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН В. В. Лихочвор.

Провідні вчені рекомендують такі хелатизовані мікродобрива: кристалони, вуксали, реаком, нутриван та ін.

Враховуючи подібність умов вирощування гречки та географічну близькість, особливу увагу привертають праці вчених з Республіки Польща.

Ключові слова: гречка, мікроелементи, листкове підживлення, норми добрив, хелати, Західний Лісостеп.

Oleksandr Dykyi

Lviv National Agrarian University

Theoretical fundamentals of buckwheat's mineral nutrition

The analysis of literary sources of domestic and foreign authors is carried out. The importance of buckwheat as a cereal crop, characterized by a high content of protein, starch (respectively 11.5 and 85 %) and a complex of vitamins and trace elements.

Buckwheat is a qualitative nectariferous herb. Under favorable conditions honey efficiency may reach 70–90 kg/ha and more. Buckwheat's great importance lies in its being an insurance crop for resowing lost winter plants. Buckwheat is able to cutback tall weeds of fields due to its rapid growth and considerable vegetative mass. It also facilitates optimal physical properties of soil.

The article reviews other researchers' works concerning macro- and microelements' impact on the buckwheat yielding capacity. Most researchers agree on the compulsory application of mineral fertilizers. They are, nevertheless, of different opinions concerning the rates of application. The given problem is discussion both in Ukraine and abroad.

The nitrogen content in buckwheat amounts 1.72 % (in grain) and 0.78 % (in straw). On its different stages of development buckwheat consumes different amounts of nitrogen.

Phosphorus content in buckwheat grain amounts 0.67 % and 0.73 % in straw. Phosphorus penetration into buckwheat is different on different stages of this crop development. Maximal content of phosphoric acid is observed on the budding stage and at the beginning of blooming.

The potassium content in grain (0.32 %) is to a great extent less in comparison with straw (2.88 %). The most intensive potassium penetration into buckwheat herbs is observed on the stages of budding and blooming. On the growth points it is localized in the forms of ions.

The article highlights physiological role of fertilization microelements in the growth and development of buckwheat herbs. It presents brief retrospective review of evolution of applying fertilizers with microelements beginning from 1970–1980-s till today and arrives on the recommendation of compulsory additional leaf fertilization by microfertilizers in helat form. In addition, mechanism of helat fertilizers action is described which are the real alternative of applying microelements combined with mineral fertilizers in soil. The minimal impact of modern chelated microfertilizers on the environment is noted.

Leading scientists recommend the following chelated microfertilizers: crystalons, vuxals, reacom, nutrivan and others.

A particular attention is paid to the recommendations of researchers from Poland taking into consideration the fact of relative identity of Ukrainian and Polish conditions of buckwheat growing as well as geographical nearness of this country.

Key words: buckwheat, microelements, leaf fertilization, fertilizers rates, helats, Western Forest-Steppe.

Вступ. Гречка – круп'яна культура, виробництво якої має важливе значення для агропромислового комплексу України. В основному її вирощують для отримання гречаної крупи. Побічну продукцію та відходи від переробки зерна використовують на корм худобі [14–16].

Хімічний склад зерна гречки залежить від сорту, умов вирощування та характеризується такими показниками: вміст білка – 10,8–11,5 %, жиру – 2,1–2,8 %, клітковини – 10,0–16,1 %. У насінні гречки міститься залізо, бор, йод, нікель, кобальт, органічні кислоти (лимонна, щавлева, малеїнова), вітаміни (тіамін, рибофлавін, нікотинова, фолієва кислота, рутин) [13].

Важливою властивістю білків гречки є добра розчинність (альбуміни – водорозчинні білки – становлять 55 % від загальної кількості білків) та цінність амінокислот, які порівнюються до продуктів тваринного походження.

Вуглеводний комплекс гречки представлений крохмалем, клітковиною, декстринами, цукрами, геміцелюлозою. Вміст крохмалю в зерні гречки досягає 85 %.

Кількість жиру незначна і коливається в межах 1,84–3,90 % з тенденцією до спаду в міру досягання зерна [4].

Гречка – цінна медоносна рослина, за сприятливих умов медозбір сягає 70–90 кг/га. Завдяки швидкому росту вегетативної маси рослини гречки швидко затіняють поверхню ґрунту і пригнічують ріст бур'янів. На полях після гречки верхній шар ґрунту не ущільнюється та легко піддається обробітку.

У рослин гречки короткий період вегетації, а тому її використовують як післяжнивну та страхову культуру при пересіві у випадку загибелі озимих та ранніх ярих.

Висока вимогливість гречки до елементів живлення пов'язана з інтенсивним наростанням вегетативної маси, швидким входженням у генеративний період, утворенням великої кількості квіток та довготривалим періодом цвітіння.

Результати та обговорення. За даними Лихочвора В. В., Петриченка В. Ф. [5], для формування 1 ц зерна і відповідної кількості

вегетативної маси гречка використовує 3,0–3,4 кг азоту, 1,5–2,0 кг фосфору та 4,0–5,0 кг калію.

Азот – основний елемент, потрібний для рослин гречки. Він входить до складу простих і складних білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу, алкалоїдів, ферментів. Проникнувши в рослину у мінеральних формах, він проходить складний цикл перетворень і в кінцевому підсумку входить до складу молекул білків [6].

Вміст азоту у насінні та соломі гречки становить 1,72 % у зерні та 0,78 % у соломі. За різних фаз розвитку гречка споживає неоднакову кількість азоту. В рослину він інтенсивно надходить на початку вегетації, це пов'язано з тим, що молоді рослини потребують у великій кількості білків на побудову вегетативних і генеративних органів [17], до цвітіння гречка споживає 60 % азоту [5].

Гречка краще реагує на нітратні форми азоту ніж на аміачні, хоча аміак та нітрати є рівноцінними джерелами азоту за оптимальних умов росту. На поглинання нітратів гречкою негативно впливає наявність хлору, особливо це проявляється на ґрунтах легкого гранулометричного складу [4].

Фосфор входить до складу нуклеїнових кислот, фітину, лецитину, нуклеопротейдів. Одна з найважливіших реакцій у клітинах проходить за участі фосфору – процес гліколізу АТФ і АДФ [17].

Унікальною функцією фосфору є участь у фосфорилуванні клітинних білків за допомогою ферментів, що регулюють такі процеси, як синтез білка та поділ клітин [6].

Вміст фосфору в зерні та соломі гречки становить відповідно 0,67 та 0,73 %. Найбільший вміст фосфорної кислоти відзначено у фазі бутонізації – цвітіння (в листках та стеблах), а під час збору врожаю – в зерні. Фосфор потрібний у великих кількостях у період формування надземних органів, однак його засвоєння триває і під час наливу зерна. Кращому засвоєнню фосфору сприяє внесення добрив з вмістом магнію [17].

Калій поглинається рослинами гречки у вигляді катіонів, і в такій формі він залишається в клітині. Він бере участь у вуглеводному і білковому обміні, стимулює процес фотосинтезу, сприяє утворенню целюлози та пектинових речовин, що зумовлює підвищення стійкості рослин до вилягання. Калій є кофактором десятків ферментів та синергістом фітогормонів [6].

Вміст калію у зерні гречки сягає 0,32 %, що у 9 разів менше ніж у соломі (2,88 %). Максимальна концентрація цього елементу

фіксується у фазі бутонізації та цвітіння, і концентрується він у точках росту в іонній формі [17].

Більшість вчених стверджують про обов'язковість застосування мінеральних добрив під гречку, дискусія обмежується питанням норм внесення [3].

Обґрунтовуючи систему удобрення, слід враховувати гідротермічні умови, які впливають на ефективність добрив, сортові особливості, економічну спроможність господарства та ін.

Лихочвор В. В. та Петриченко В. Ф. [5] пропонують таку систему удобрення: після добре удобрених попередників вносити $N_{20}P_{30-40}K_{30-40}$, після гірших попередників та на бідних ґрунтах норму потрібно збільшити до $N_{30-60}P_{45-60}K_{45-60}$. Вони також вказують на позитивну дію роздільного методу внесення азоту, який підтримують Страхоліс І. і Кабанець В. [19].

Перше підживлення гречки проводять за фази бутонізації (VII етап органогенезу) нормою до 25 % від загальної потреби і здебільшого на широкорядних посівах, поєднуючи з міжрядними розпушуваннями; друге – у IX етапі органогенезу за фази масового цвітіння в нормі 15–20 кг/га, водночас надвишка урожаю становить до 0,3 т/га та формується крупніше зерно з високим виходом ядра.

Мащенко Ю. В. [7–10] проводив дослідження щодо норм внесення мінеральних добрив впродовж 2002–2004 рр. у фермерському господарстві “Лан” Знам'янського району Кіровоградської області. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем звичайний середньозмитий легкосуглинковий з низьким вмістом гумусу. Вносили добрива у нормі $N_{80}P_{115}K_{120}$ за різних строків сівби. Дослідник дійшов висновку, що застосування мінеральних добрив у технологічному процесі вирощування гречки приводило до збільшення врожаю на 31,6–60,0 %.

Аналогічні дослідження з цього питання згаданий вище вчений проводив на експериментальній базі Кіровоградського інституту АПВ у п'ятипільній сівоzmіні. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем звичайний малогумусний середньозмитий легкосуглинковий. У досліді висівали сорт Єлена. Внесення мінеральних добрив у нормі $N_{20}P_{20}K_{20}$ привело до зростання врожайності на 0,18 т/га (23,4 %).

В умовах Західного Лісостепу України проводив дослідження щодо вивчення системи удобрення гречки Пархуць Б. [12]. На темно-сірому легкосуглинковому ґрунті вивчали такі варіанти удобрення: контроль – без добрив; $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{45}P_{45}K_{45}$; $N_{60}P_{45}K_{45}$; $N_{45}P_{60}K_{45}$; $N_{45}P_{45}K_{60}$. Мінімальний рівень урожайності (0,97 т/га) отримано у контрольному варіанті – без внесення добрив. Застосування

мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ привело до збільшення врожайності гречки відповідно на 0,42, та 1,50 т/га. Максимальний урожай одержали у варіанті за норми $N_{60}P_{45}K_{45}$ – 1,87 т/га. Внесення у нормах $N_{45}P_{60}K_{45}$ та $N_{45}P_{45}K_{60}$ призвело до зниження врожаю відповідно до 1,76 і 1,62 т/га.

Ткаліч І., Ткаліч Ю. [21] вивчали вплив норм добрив на врожайність гречки у фермерському господарстві «Вікторія» (Магдалинівський район, Дніпропетровська область). У середньому за роки досліджень найвищу врожайність (1,20–1,25 т/га) одержали за внесення $N_{90}P_{60}$, що на 0,35–0,37 т/га більше порівняно з варіантами без удобрення. Але враховуючи показники економічної ефективності, оптимальними є норми $N_{60}P_{30}$ і $N_{60}P_{60}$. У цих варіантах отримали найдешевше і найменш енергоємне зерно. Порівняно з контролем собівартість знизилася на 9,8–12,6 %, а енергоємність – з 3,5 до 7,3 %.

Тимчишин О. Ф. [20] в умовах Західного Лісостепу, вивчаючи вплив мінерального та біологічного удобрення на продуктивність гречки, зробила висновок про те, що комплексне застосування мінеральних добрив у нормі $N_{60}P_{60}K_{60}$ та препаратів азотфіксуючої та фосформобілізуючої дії сприяє збільшенню площі листової поверхні на 71 %, чистої продуктивності фотосинтезу – на 20 %, зростанню врожайності – на 118 % (до 2,59 т/га) порівняно з контролем. Частка чинника «удобрення» у формуванні врожаю становила 88 %.

Питання удобрення гречки привертає увагу закордонних дослідників, зокрема Xiaomei Fang [30], вивчаючи систему удобрення азотом сорту Youqiao2 в умовах КНР, дійшов висновку, що максимальну товщину стебла, кількість та масу 1000 зерен, урожайність отримано за норми удобрення N_{30} . Зростання норми внесення до N_{90} призвело до зниження врожаю.

Björkman T. [22] пропонує диференціювати рівні удобрення гречки залежно від pH ґрунту, а саме: при $pH \geq 6$ вносити добрива у нормі $N_{15-30}P_{25-35}K_{20-25}$, а при $pH \leq 6$ – $N_{20-35}P_{30-40}K_{20-35}$.

Wang Yan [28] звертає увагу на залежність ступеня вилягання рослин гречки та норм азотних добрив в умовах Японії у сорту Ningqiao 01. Він дійшов висновку, що показник вилягання збільшувався зі зростанням норм азотних добрив.

Sobhani M. R. [26] проводив дослід з вивчення впливу норм азоту на продуктивність гречки впродовж 2010–2011 рр. в Інституті сільськогосподарських досліджень Арака (Іран). Дослід включав такі варіанти: N_0 (контроль), N_{50} , N_{100} , N_{150} . Висновок вченого такий: за

оптимальних термінів сівби максимальна врожайність становила 2,4 т/га, а вміст білка – 15,24 % за норми внесення азоту 100 кг/га.

Podolska G. [25] проводила дослідження на полях експериментальної станції IUNG-PIB в Осинях впродовж 2004–2006 рр., у трьох повтореннях висівали сорт гречки Кога. Варіанти внесення азоту – 0; 30; 60 кг/га на фоні $P_{26}K_{50}$. Науковець дійшла таких висновків: гідротермічні умови мали більший вплив на врожайність та елементи структури врожаю ніж норми внесення азоту, гречка не потребує для формування високих урожаїв застосування азоту в нормі більше 30 кг/га, азотні добрива стимулюють ріст рослин у висоту, збільшують кількість гілок першого та другого порядку, суцвіть на головному пагоні.

Liszewski M., Chorbiński P., Kozłowska K., Wójcik A. [29] проводили дослідження впродовж 2011–2012 рр. у районі Вроцлава ($51^{\circ}34' N$, $17^{\circ}12' E$), висівали сорт Кора, азот вносили в нормі 20 та 40 кг/га. Позакореневе підживлення рослин мікроелементами проводили у фазі бутонізації гречки. Азотні добрива повністю вносили перед сівбою у вигляді 34 % аміачної селітри. Значне збільшення врожаю гречки виявлено за норми N_{40} (без підживлення мікроелементами), що на 9,6 % більше, ніж у контрольному варіанті. Найвищий урожай гречки (3,67 т/га) отримано у поєднанні з позакореневим підживлення рослин міддю.

Агροхімічна та фізіологічна роль мікроелементів багатогранна, так, наприклад, бор потрібний для розвитку меристем, завдяки йому оптимізується синтез та транспорт вуглеводів. Він бере участь у процесах поділу клітин та синтезі білків [2].

Внесення борвмісних добрив у листкове підживлення сприяє підвищенню медпродуктивності гречки.

Марганець сприяє синтезу вітаміну С, білків, вуглеводів, фітогормонів, зменшує витрати води рослинами та підвищує їх посухостійкість [6].

Роль міді в обмінних процесах дуже специфічна. Вона бере участь у синтезі білка, пришвидшує окисно-відновні реакції, підвищує активність пероксидази та процесів дихання. Мідь підвищує стійкість рослин до грибкових та бактеріальних хвороб.

Значення цинку тісно пов'язане з його участю в азотному обміні, він сприяє підвищенню синтезу сахарози, крохмалю. Цинк входить до складу таких ферментів, як триозофосфатдегідрогенази, пероксидази, каталази, оксидази. Нестача цього елементу спричиняє

затримку росту та розвитку рослин, зменшення кількості хлорофілу у листках.

Марганець бере участь у процесі фотосинтезу, синтезі вітаміну С, окисно-відновних реакціях, утворенні протеїнів. Нестача марганцю спричиняє хлороз [1].

Залізо – мікроелемент, який рослини споживають у кількості від 0,6–9,0 кг/га, входить до складу каталази, пероксидази, рибонуклеотидредуктази. Цей елемент бере участь у процесах дихання, метаболізмі азоту та сірки, критично важливий для синтезу хлорофілу.

Молибден відновлює нітрати до нітритів, активізує проходження вуглеводного, азотного обміну, є кофактором для більшості ферментів. Ознаки нестачі тотожні азотному голодуванню [6].

Молибден є складовою частиною нітратредуктази, бере участь у синтезі амінокислот та білкових речовин, утворенні пектину, підвищує стійкість до ураження хворобами [1].

Кобальт стимулює збільшення товщини листків та їх об'єму, впливає на синтез хлорофілу, сприяє підвищенню жаростійкості рослин, подовжує їх вегетаційний період.

Титан прискорює ріст та розвиток рослин, збільшує вміст хлорофілу, сприяє запиленню, заплідненню плодів та підвищує холодостійкість рослин [6].

Застосування мікродобрив пройшло певний еволюційний шлях. У Радянському Союзі у 70–80 рр. мікроелементами збагачували суперфосфат, нітроамофоску, використовували відходи промисловості, іноді застосовували позакореневі підживлення, наприклад, борною кислотою (0,1 % концентрацією за витрати робочого розчину 500 л/га).

Поширеними були цинкові відходи промисловості (вміст цинку 2–7 %), марганцеві шлами (вміст марганцю 9–11 %), сірчаноокисла мідь (вміст міді 25,4 %). Їх, як правило, вносили перед сівбою у ґрунт.

Деякі автори відзначали негативний вплив внесення мікроелементів, зокрема мідні добрива знизили врожай гречки на 6 %, а магнію – підвищили на 46 %. Бор під гречку вносили у передпосівний обробіток у нормі 50–60 кг/га у формі борату магнію або позакореневим обприскуванням бурою (концентрацією 500 мг/л з витратою робочого розчину 500 л/га) [1].

Слід зазначити, що ефективність позакореневих підживлень тоді була низькою, значна частина мікроелементів здувалася вітром або змивалася водою, не встигнувши проникнути в рослину і включитися в обмінні процеси.

Вирішенням проблеми листового підживлення стало використання сумішей мікроелементів, які є важливими для певних культур чи їх груп, у хелатній формі з певним вмістом та співвідношенням металів [2].

Хелати – складні сполуки, легкорозчинні у воді, які малотоксичні та майже повністю засвоюються рослинами (коефіцієнт засвоєння 90 %). Механізм дії хелатів дуже простий: він за рахунок хімічних зв'язків міцно утримує іон металу, при попаданні на рослину він розкладається і вивільняє його, переводячи в легкодоступну біологічну форму.

Поява нових форм мікродобрив спричинила певний бум наукових праць, тематикою яких стало вивчення позакоренових підживлень основних сільськогосподарських культур. Було проведено наукові дослідження щодо вивчення позакоренових підживлень мікроелементами гречки, а саме: Мойсієнко В., Назарчук О. [11] впродовж 2018–2019 рр. на базі господарства ТОВ «КСАНТ-2» (с. Устинівка Житомирської області Малинського району) на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах вивчали вплив внесення борного добрива оракул і отримали такі результати: найвищу врожайність гречки (2,0 т/га) зафіксовано за комбінованого внесення позакоренового підживлення стимулятором росту вимпел 2 з борним мікродобривом оракул колофермин бор, водночас показники якості зерна гречки були найвищими.

Позитивний вплив внесення мікродобрив на гречці відзначає у своїх працях Лихочвор В. [5], який рекомендує вносити кристалони, вуксал, реаком, нутрівант у фазі 6–8 листків та повторне внесення через десять діб тим же препаратом.

Широке вивчення позакоренових підживлень мікроелементами гречки відзначено у світовій агрономічній науці, так зокрема Jiang Ying [23] вивчав вплив селену на ріст та розвиток гречки, дослідження проводили у 2012–2013 рр. на полях Чіфенської академії наук – виявлено позитивний вплив на врожайність гречки.

Knapowski T., Majcherczak E. [24] у польовому експерименті впродовж 2012–2014 рр. вивчали вплив внесення в ґрунт сірки (20 кг/га) і магнію (4 кг/га) у формі добрива Vigor, який містив 90 % S, а також обробки добривом мікро плюс – рідкою сумішшю мікроелементів (B – 0,3 %, Cu – 0,15 %, Fe – 2,4 %, Mn – 1,0 %, Mo – 0,06 %, Zn – 0,4 %). Позакоренові підживлення збільшили врожайність гречки на 3,3 % та вихід білка на 2,3 % порівняно з контролем, де добрив не вносили.

Tobiasz-Salach R., Krochmal-Marczak B. [27], висіваючи сорт Кора на території приватного господарства (50°00' N, 23°12' E, wysokość 200 m n.p.m.), впродовж 2014–2016 рр. вносили Herbagreen у нормі 2 кг/га у різні фази вегетації: 33 BBCH, 59 BBCH, 67 BBCH.

Позакоренеve підживлення рослин привело до значного збільшення врожаю насіння гречки, а також маси 1000 насінин, однак не вплинуло на висоту та густоту стояння рослин. Максимальний рівень урожаю відзначено за внесення препарату у фазі BBCH 67 – 2,26–3,02 т/га при 1,67–2,14 т/га у контрольному варіанті.

Висновки. Провівши аналіз наукових праць, можна стверджувати, що переважна більшість як вітчизняних, так і закордонних вчених підтверджують тезу про потребу застосування мінеральних добрив під гречку. Дискусійними питаннями є норми внесення та співвідношення між макроелементами. Слід також відзначити, що для отримання високих урожаїв гречки потрібно застосовувати мікроелементи у формі хелатних мікродобрив.

Список використаної літератури

1. Анспок П. И. Микроудобрения : справочник. Ленинград, 1990. 271 с.
2. Вплив рівня мінерального удобрення та позакореневого підживлення на урожайність бобів кормових в умовах Західного Лісостепу України / Ю. М. Оліфір та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 117–127.
3. Грищенко Р. Є. Фотосинтетична продуктивність посівів гречки в північному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип. 1. С. 57–62.
4. Елапин А. П. Агротехника гречихи. Москва : Колос, 1984. 126 с.
5. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. *Зерновиробництво*. Львів : Українські технології, 2008. 623 с.
6. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та система удобрення польових культур. Львів, 2021. 280 с.
7. Мащенко Ю. В. Економічна ефективність вирощування гречки залежно від строків сівби та

References

1. Anspok P. I. Microfertilizers : reference book. Leningrad, 1990. 271 p.
2. Impact of the level of mineral fertilizing and extra-root nutrition on the yielding capacity of fodder beans under conditions of Western Forest-Steppe of Ukraine / Yu. M. Olifir et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2018. Issue 63. P. 117–127.
3. Hryshchenko R. Ye. Photosynthetic productivity of buckwheat in Northern Forest-Steppe. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2015. Issue 1. P. 57–62.
4. Yelapin A. P. Cultivation practice of buckwheat. Moscow : Kolos, 1984. 126 p.
5. Lykhochvor V. V., Petrychenko V. F. *Crop Growing*. Lviv: Ukrainski tekhnolohii, 2008. 623 p.
6. Lykhochvor V. V., Petrychenko V. F. Physiological function of elements of nutrition and system of fertilizing field crops. Lviv, 2021. 280 p.
7. Mashenko Yu. V. Economic efficiency of buckwheat growing depending on the terms of sowing and mineral fertilizers. *Visnyk Stepu : nauk. zb*. 2010.

мінеральних добрив. *Вісник Степу* : наук. зб. 2010. Вип. 7. С. 102–105.

8. Мащенко Ю. В. Особливості формування урожайності гречки сорту Кара-Даг при різних строках сівби і фонах живлення в умовах Північного Степу. Матеріали четвертої Міжнар. конф. “Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки”, квітень 2003 р. Кіровоград, 2003. С. 30–32.

9. Мащенко Ю. В. Оцінка ефективності основних елементів технології вирощування гречки в умовах Північного Степу України. *Вісник Степу* : наук. зб. 2010. Вип. 5. С. 14–17.

10. Мащенко Ю. В., Гайденок О. І. Сівба гречки: основні акценти. *Агробізнес сьогодні*. 2018. № 7 (374). С. 76–78. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiiasohodni/item/12592-sivba-hrechky-osnovni-aktsenty.html> (дата звернення: 02.08.2021).

11. Мосієнко В. О. Урожайність та якість гречки залежно від удобрення в умовах Полісся. URL: http://znau.edu.ua/images/public_document/2020 (дата звернення: 01.07.2021).

12. Пархуць Б. І. Вплив рівня мінерального удобрення на продуктивність гречки в умовах Західного Лісостепу України. *Вісник ЛНАУ : Агрономія*. 2018. № 22 (2). С. 137–140.

13. Пастух О. Д. Формування урожайності круп'яних культур залежно від застосування мікробіологічних препаратів в умовах Лісостепу західного. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 94. С. 48–53.

14. Рарок А. В. Особливості формування урожайності сортів гречки при різних строках збирання. *Зб. наук. пр. ПДАТУ*. 2011. Вип. 19. С. 121–128.

15. Рарок А. В. Урожайність сортів гречки за різних строків збирання.

Issue 7. P. 102–105.

8. Mashchenko Yu. V. Peculiarities of formulating yielding capacity o Kara-Dag variety of buckwheat at different terms of sowing and different backgrounds of nutrition under conditions of Northern Steppe. Materialy chetvertoi Mizhnar. konf. “Problemy konstruiuvannia, vyrobnytstva ta ekspluatatsii silskohospodarskoi tekhniki”, kviten 2003 r. Kirovohrad, 2003. P. 30–32.

9. Mashchenko Yu. V. Estimation of efficiency of the main elements of technology of buckwheat growing under conditions of Northern Steppe. *Visnyk Stepu* : nauk. zb. 2010. Issue 5. P. 14–17.

10. Mashchenko Yu. V., Haidenko O. I. Buckwheat sowing: basic accents. *Ahrobiznes siohodni*. 2018. No 7 (374). P. 76–78. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiiasohodni/item/12592-sivba-hrechky-osnovni-aktsenty.html> (last accessed: 02.08.2021).

11. Mosiienko V. O. Buckwheat yielding capacity and quality depending on fertilizing under conditions of Polissia. URL: http://znau.edu.ua/images/public_document/2020 (last accessed: 01.07.2021).

12. Parkhuts B. I. Impact of the level of mineral fertilizing on the buckwheat yielding capacity under conditions of Western Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk LNAU : Ahronomiia*. 2018. No 22 (2). P. 137–140.

13. Pastukh O. D. Formulation of granular crops yielding capacity depending on application of microbiological preparations under conditions of Western Forest-Steppe. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2015. Issue 94. P. 48–53.

14. Rarok A. V. Peculiarities of formulation of buckwheat varieties at different terms of yielding. *Zb. nauk. pr. PDATU*. 2011. Issue 19. P. 121–128.

15. Rarok A. V. Yielding capacity of buckwheat varieties at different terms of yielding. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2012. Issue 16. P. 291–298.

16. Rarok A. V. Formulation of

Вісник Львівського національного аграрного університету. 2012. Вип. 16. С. 291–298.

16. Парок А. В. Формування урожайності сортів гречки при різних строках збирання та застосування дефоліантів. *Зб. наук. пр. / НААН України, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. С. 328–332.

робота по покращенню гречки, так як в літературі по гречці за другу половину

17. Рубин Б. А. Физиология сельскохозяйственных растений. Москва : Изд-во Моск. ун-та, 1970. Т. VI. 652 с.

18. Санін Ю. В. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. *Агробізнес сьогодні*. 2012. № 6 (229). URL: <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/964-osoblyvosti-pozakoreneвого-pidzhivlennia-sil'skogospodarskykh-kulturnmikroelementamy.html> (дата звернення: 01.07.2021).

19. Страхолис І. М., Кabanець В. М. Отримати сталий урожай гречки. *Аграрний тиждень. Україна*. URL: <https://a7d.com.ua/analtika/tehnology/25480-otrimati-staliy-urozhay-grechki.html> (дата звернення: 02.08.2021).

20. Тимчишин О. Ф., Лихочвор В. В. Вплив мінерального та бактеріального удобрення на динаміку наростання листової поверхні та врожайність гречки. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2009. Вип. 51, ч. I. С. 148–152.

21. Ткаліч І. Д., Ткаліч Ю. В. Особливості вирощування гречки в післяюкісних посівах. *Зернові культури*. 2019. Т. 3, № 1. С. 68–76. DOI: 10.31867/2523-4544/0062.

22. Björkman T. Buckwheat, Production, Planting. URL: <http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet50> (last accessed:

yielding capacity of buckwheat varieties at different terms of yielding and application of defoliant. *Zb. nauk. pr. / NAAN Ukraine, Instytut bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*. 2012. P. 328–332.

17. Rubin B. A. Physiology of vegetables. Moscow : Izd-vo Mosk. un-ta, 1970. Vol. VI. 652 p.

18. Sanin Yu.V. Peculiarities of extra-root nutrition of crops by microelements. *Ahrobiznes sohodni*. 2012. No 6 (229). URL: <http://www.agro-business.com.ua/agronomiia-siogodni/964-osoblyvosti-pozakoreneвого-pidzhivlennia-sil'skogospodarskykh-kulturnmikroelementamy.html> (last accessed: 01.07.2021).

19. Strakholis I. M., Kabanets V. M. Getting permanent harvest of buckwheat. *Ahrarnyi tyzhden. Ukraina*. URL: <https://a7d.com.ua/analtika/tehnology/25480-otrimati-staliy-urozhay-grechki.html> (last scessed: 02.08.2021).

20. Tymchysyn O. F., Lykhochvor V. V. Impact of mineral and bacterial fertilization on dynamics of increase of leaf surface and yielding capacity of buckwheat. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2009. Issue 51, part 1. P. 148–152.

21. Tkalic I. D., Tkalic Yu. V. Peculiarities of buckwheat growing on post-cutting acreages under crops. *Zernovi kultury*. 2019. Issue 3, No 1. P. 68–76. DOI: 10.31867/2523-4544/0062.

22. Björkman T. Buckwheat, Production, Planting. URL: <http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet50> (last accessed: 04.08.2021).

23. Jiang Ying. Effects of selenium fertilizer on grain yield, Se uptake and distribution in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Plant Soil Environ*. 2015. Vol. 61, No 8. P. 371–377. DOI: 10.17221/284/2015-PSE.

24. Knapowski T., Majcherczak E. Yielding capacity of buckwheat under conditions of fertilizing by magnesium, sulphur and microelements. *Wroclaw Notes*

04.08.2021).

23. Jiang Ying. Effects of selenium fertilizer on grain yield, Se uptake and distribution in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Plant Soil Environ.* 2015. Vol. 61, No 8. P. 371–377. DOI: 10.17221/284/2015-PSE.

24. Knapowski T., Majcherczak E. Plonowanie gryki siewnej w warunkach nawożenia magnezem, siarką oraz mikroelementami. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu – Rolnictwo*. 2016 Vol. 119, No 621. P. 29–38.

25. Podolska G. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i cechy struktury plonu gryki odmiany Kora. *Polish Journal of Agronomy*. 2011. No 6. P. 38–43. URL: https://www.iung.pl/PJA/wydane/6/PJA6_6 (last accessed: 04.08.2021).

26. Sobhani M. R. Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its quality. *Australian Journal of Crop Science*. 2014. Vol. 8, No 10. P. 1402–1414. URL: http://www.cropl.com/sobhani_8_10_2014_1402_1414 (last accessed: 04.08.2021).

27. Tobiasz-Salach R., Krochmal-Marczak B. Ocena wpływu nawożenia dolistnego na plonowanie i skład chemiczny nasion gryki (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Fragm. Agron.* 2018. No 35 (1). P. 106–114. DOI: 10.26374/fa.2018.35.10.

28. Wang Yan. Influence of foliar feeding of boric fertilizers on nutrients of rhizosphere soil, plant growth and yield of wine buckwheat. *Journal of Southern Agriculture*. 2018. Vol. 49. P. 253–257.

29. Wpływ nawożenia azotem oraz miedzią i manganem na plonowanie gryki / M. Liszewski et al. *Fragm. Agron.* 2013. No 30 (4). P. 74–83. URL: [https://pta.up.poznan.pl/pdf/2013/FA%2030\(4\)%202013%20Liszewski](https://pta.up.poznan.pl/pdf/2013/FA%2030(4)%202013%20Liszewski) (last accessed: 04.08.2021).

30. Xiaomei Fang. Effects of nitrogen fertilizer and planting density on the leaf photosynthetic characteristics, agronomic

of Scientific university of Nature. *Agriculture*. 2016. Issue 119, No 621. P. 29–38.

25. Podolska G. Impact of nitrogen fertilizers on the yielding capacity of the structure of yielding capacity of Kora variety of buckwheat seeds. *Polish Journal of Agronomy*. 2011. No 6. P. 38–43. URL: https://www.iung.pl/PJA/wydane/6/PJA6_6 (last accessed: 04.08.2021).

26. Sobhani M. R. Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its quality. *Australian Journal of Crop Science*. 2014. Vol. 8, No 10. P. 1402–1414. URL: http://www.cropl.com/sobhani_8_10_2014_1402_1414 (last accessed: 04.08.2021).

27. Tobiasz-Salach R., Krochmal-Marczak B. Estimation of the impact of extra-root additional fertilization on the yielding capacity and chemical content of buckwheat seeds (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Fragm. Agron.* 2018. No 35 (1). P. 106–114. DOI: 10.26374/fa.2018.35.10.

28. Wang Yan. Influence of foliar feeding of boric fertilizers on nutrients of rhizosphere soil, plant growth and yield of wine buckwheat. *Journal of Southern Agriculture* / 2018. Issue 49. P. 253–257.

29. Impact of nitrogen, copper and magnesium fertilizers on the yielding capacity of buckwheat / M. Liszewski et al. *Fragm. Agron.* 2013. No 30 (4). P. 74–83. URL: [https://pta.up.poznan.pl/pdf/2013/FA%2030\(4\)%202013%20Liszewski](https://pta.up.poznan.pl/pdf/2013/FA%2030(4)%202013%20Liszewski) (last accessed: 04.08.2021).

30. Xiaomei Fang. Effects of nitrogen fertilizer and planting density on the leaf photosynthetic characteristics, agronomic traits and grain yield in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.). *Field Crops Research*. 2018. Vol. 219, 15/04. P. 160. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429017318476> (last accessed: 03.08.2021).

traits and grain yield in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) *Field Crops Research*. 2018. Vol. 219, 15/04. P. 160. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429017318476> (last accessed: 03.08.2021).

Отримано 27.09.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-9

УДК 631.412:631.416.8

О. Л. ДУБИЦЬКИЙ, кандидат біологічних наук

О. Й. КАЧМАР, А. О. ДУБИЦЬКА, О. В. ВАВРИНОВИЧ, кандидати с.-г. наук

М. М. ЩЕРБА, науковий співробітник

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Львівського р-ну Львівської обл.,

81115, e-mail: oksanaostrowska@ukr.net

ДИНАМІКА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ВМІСТ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТІ ПІД ПШЕНИЦЕЮ ОЗИМОЮ ЗА ЕКОЛОГІЗОВАНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

Досліджено закономірності формування фізико-хімічних властивостей кислотно-основного балансу (обмінна, гідролітична кислотність, сума увібраних основ – відповідно pH_{KCl} , H^+ , S), зміни вмісту обмінних Ca^{2+} , Mg^{2+} , рухомих форм Cu , Zn , Mn , Fe у сірому лісовому ґрунті під пшеницею озимою (ВВСН23, ВВСН31-33, ВВСН89), урожайності зазначеної культури за умов екологізованих систем удобрення (ЕСУ). Встановлено доцільність застосування соломи гороху (СГ) + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ + біостимулятор (БС) або СГ + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ + гумусне добриво (ГД) (відповідно вар. 3, 4) для підлучення ґрунтового розчину на 0,11–0,24 одиниці, зниження H^+ та скеровування змін S у напрямі зростання щодо контролю (вар. 1). Це супроводжувалося збільшенням вмісту рухомих форм Ca^{2+} , Mg^{2+} , зменшенням співвідношення $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ порівняно з вар. 1 до субоптимальних рівнів 6,5–6,6 (вар. 4; кушення, повна стиглість).

За умов $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + БС (вар. 5) мало місце зменшення pH_{KCl} , S на 0,03–0,08 одиниці та на 0,16–0,29 мг-екв/100 г ґрунту, одночасне збільшення H^+ на 0,08–0,12 мг-екв/100 г ґрунту порівняно з контролем (вар. 1). У разі застосування $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + БС + ГД (вар. 6) відзначено зростання pH_{KCl} на 0,05–0,08 і неоднозначні за фазами онтогенезу зміни S , H^+ щодо вар. 1. Водночас на вар. 5, 6 pH_{KCl} , S залишалися меншими, H^+ – більшою, порівняно з вар. 3, 4. Також на вар. 5, 6 відбувалося збільшення рухомих Ca^{2+} , Mg^{2+} на 0,08–0,68 мг-екв/100 г ґрунту, зростання $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ до 8,7–9,3.

ЕСУ на основі $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ зумовлювали більші прирости Cu , Mn , Fe (0,23–2,17 мг/кг ґрунту; вар. 5, 6; кушення, повна стиглість) порівняно з ЕСУ на основі СГ + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ (0,11–1,70 мг/кг ґрунту; вар. 3, 4) щодо вар. 1. Навпаки, приріст вмісту Zn , до вар. 1 був більшим на вар. 3, 4 (0,12–0,27 мг/кг) vs. вар. 5, 6 (0,06–0,12 мг/кг). Як за умов фону СГ + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$, так і за $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ прирости вмісту Mn , Fe щодо вар. 1, були більшими, ніж відповідні прирости Cu , Zn (відповідно 0,52–2,17 vs. 0,06–0,29 мг/кг).

© Дубицький О. Л., Качмар О. Й., Дубицька А. О.,
Вавринович О. В., Щерба М. М., 2021

На вар. 3, 4 природи врожайності пшениці до вар. 1 становили 1,46–1,72 т/га, тоді як на вар. 5, 6 вони були більшими – 2,67–2,75 т/га.

Ключові слова: екологізовані системи удобрення, солома гороху, пшениця озима, фізико-хімічні властивості ґрунту, мікроелементи, врожай.

Olexandr Dubytskyi, Oksana Kachmar, Anhelina Dubytska, Oksana Vavrynovych, Mariia Shcherba

Institute of Agriculture of the Carpathian Region NAAS

Dynamics of physicochemical properties and content of trace elements in the soil under winter wheat by ecologized fertilization systems

The regularities of the physicochemical properties' formation of acid-base balance (exchangable and hydrolytic acidity, the sum of absorbed bases – pH_{KCl} , Hr, S), changes of the exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} content, mobile forms of Cu, Zn, Mn, Fe in the gray forest soil under winter wheat (BBCH23, BBCH31-33, BBCH89), the yield of this crop under conditions of ecologized fertilization systems (EFS) have been investigated. The expediencies of pea straw use (PS) + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ + biostimulator (BS) or PS + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ + humus fertilizer (HF) (var. 3, 4, respectively) in order to alkalize soil solution by 0.11–0.24 units, decrease Hr and increase S relative to control (var. 1) have been established. This was accompanied by the increase in content of Ca^{2+} and Mg^{2+} mobile forms, decrease of $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ ratio compared with var. 1, until suboptimal levels of 6.5–6.6 was reached (var. 4; tillering, full ripeness).

Under the conditions of $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + BS (var. 5) took place the decrease of pH_{KCl} and S by 0.03–0.08 units and by 0.16–0.29 mg-eq/100 g of soil. The simultaneous increase of Hr by 0.08–0.12 mg-eq/100 g of soil compared to control (var. 1). In the case of $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + BS + HF application (var. 6), there was noted the increase of pH_{KCl} by 0.05–0.08 and changes of S and Hr compared to var. 1. At the same time on var. 5 and 6 the values of pH_{KCl} and S remained lower, Hr – higher relative to var. 3 and 4. Also on the var. 5 and 6 there was an increase of the contents of mobile Ca^{2+} , Mg^{2+} by 0.08–0.68 mg-eq/100 g of soil, as well as $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ to 8.7–9.3.

EFS based on $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ caused the large increments of Cu, Mn, Fe (0.23–2.17 mg/kg of soil; var. 5, 6), compared with EFS based on PS + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ (0.11–1.70 mg/kg of soil; var. 3, 4) relative to var. 1. On the contrary, the gain of the Zn content relative to var. 1 was greater on var. 3, 4 (0.12–0.27 mg/kg) vs. var. 5, 6 (0.06–0.12 mg/kg). Both, under the conditions of the PS + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ and $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ background the increases of Mn, Fe content relative to var. 1 were greater than corresponding increases of Cu, Zn (0.52–2.17 mg/kg vs. 0.06–0.29 mg/kg respectively).

On var. 3, 4 increments of the wheat yield relative to var. 1 were 1.46–1.72 t/ha while on var. 5, 6 they were higher – 2.67–2.75 t/ha.

Key words: ecologized fertilizing systems, pea straw, winter wheat, physicochemical properties of soil, trace elements, harvest.

Вступ. На сучасному етапі розвитку землеробства особливу увагу вчених привертає раціональне використання побічної продукції сільськогосподарських культур, оскільки це економічно виправдано. Відпадає потреба у її скиртуванні і транспортуванні, що позитивно позначається на затратній частині технологій вирощування культур, а також сприяє отриманню істотного приросту врожаю сільськогосподарських культур та поліпшенню параметрів ґрунтової родючості [1, 7, 18, 19]. Крім цього, слід відзначити, що останні десятиріччя хімічну меліорацію в Україні практично не проводили, а дози внесення мінеральних добрив є незначними і становлять 25–30 кг/га, а органічних – лише 3 т/га. За таких обставин не відтворюється родючість, знижується вміст і запаси гумусу, погіршується кислотний стан, як наслідок, ґрунти прогресивно деградують. Слід також зазначити, що у зв'язку з збільшенням зернового клину та високоліквідних технічних культур постає проблема раціонального використання нетоварної частини врожаю. На сьогодні спостерігаємо зменшення соломи в раціоні великої рогатої худоби, яку в подрібненому стані доцільно використовувати для збагачення ґрунтів органічною речовиною, а також з метою нормалізації кислотного балансу ґрунту.

Ряд вчених [9, 15, 17, 25, 31] вказує на позитивний вплив загортання соломи зернових культур: це поліпшення кореневого живлення і повітряного режиму, структури ґрунту. За розкладання соломи до ґрунту надходять не тільки мінеральні сполуки, але й значна кількість вуглекислого газу, що використовується рослинами для фотосинтезу, а також утворюється вугільна кислота, яка сприяє переведенню у розчинну форму певної кількості поживних елементів.

Хімічний склад соломи змінюється залежно від біологічних, ґрунтових і погодних умов. У середньому 1 т соломи зернових містить: 0,5 % азоту, 0,25 % фосфорного ангідриду, 0,8 % оксиду калію, 35–40% вуглецю у формі різних органічних сполук. Крім того, у соломі містяться кальцій та магній, які здатні послаблювати кислотність ґрунту, та ряд мікроелементів (B, Cu, Mn, Mo, Zn, Co).

Однак відомо, що в процесі розкладання соломи мікроорганізми інтенсивно споживають мінеральний азот ґрунту, тому додавання мінеральних добрив, особливо азотних, є обов'язковим для оптимізації цього процесу.

До негативних властивостей соломи зернових слід віднести частково депресивну дію на наступну сільськогосподарську культуру, під яку й заорюють. Інгібіторна дія продуктів розкладання соломи

пов'язана з наявністю в них саліцилової, дегідростеаринової, бензойної, кумарової кислот і вініліну. Фітотоксичний ефект продуктів розкладу проявляється в затримці росту коріння, порушенні обміну речовин, хлорозі листя.

Слід відзначити, що вплив соломи бобових культур на ріст і розвиток зернових вивчено недостатньо. Відомо, що вміст відповідних макро- та мікроелементів у соломі гороху, люпину чи бобів кормових значно відрізняється від соломи зернових культур. Так, вміст N та K є вищим у соломі бобових, рівень Ca – в 6,1 разів, а Mg – в 2 рази. Є також певні відмінності і щодо її мікроелементного складу [24, 27, 30].

Водночас вплив соломи бобових попередників на ріст і розвиток пшениці озимої та особливості формування родючості ґрунту під нею потребують більш повного вивчення.

Слід також зазначити, що на сучасному етапі розвитку землеробства застосування заходів біологізації спрямоване на оптимізацію та екологізацію систем удобрення для поліпшення родючості ґрунту, збереження довкілля та отримання рослинницької продукції належної якості [4, 10, 12, 29].

Серед новітніх альтернативних органічних добрив, здатних активізувати аборигенну мікрофлору і позитивно впливати на ґрунтово-біологічні процеси, оптимізувати кореневе живлення рослин, стимулювати ріст і розвиток рослин, є гумусні добрива, такі як humin plus, гумісол та багато інших подібних препаратів [2, 5, 13, 22].

Гумінові препарати позитивно впливають на ріст та розвиток рослин, поліпшують надходження води й елементів живлення. Особливо важлива роль гумінових речовин у послабленні дії несприятливих зовнішніх факторів на рослини. Гумусові кислоти нівелюють негативний вплив високих доз мінеральних добрив, підвищують стійкість рослин до токсичного впливу важких металів. В основі отримання гумінових препаратів лежать властивості гумусових кислот каустоболітів утворювати водорозчинні солі з одновалентними катіонами натрію, калію, амонію [6].

Солі одновалентних лужних металів та амонію добре розчинні і легкодоступні для рослин. На відміну від гумінових кислот їх солі активніше діють на фізіологічні процеси розвитку рослин. У рослинництві ці солі можна безпосередньо вносити в ґрунт, використовувати для позакореневого підживлення [14].

У зв'язку з цим використання гумусних добрив сумісно з мінеральними є доречним і актуальним, проте недостатньо вивченим.

Агроекологічна оцінка ґрунтів базується на комплексі

показників, серед яких важливе місце відведено реакції ґрунтового розчину ($\text{pH}_{\text{КСІ}}$, гідролітична кислотність Нг, сума увібраних основ – S). Ці характеристичні величини впливають на ріст і розвиток рослин, діяльність ґрунтових організмів і ступінь розчинності важкодоступних форм елементів живлення, ефективність удобрення [3, 21, 26].

Причини формування кислого ґрунтового середовища такі: погодні умови (промивний водний режим), властивості материнської породи (кисла чи карбонатна) та антропогенні чинники. Серед останніх: застосування в значних обсягах фізіологічно – і хімічнокислих добрив, випадання кислотних опадів. Значної підкислювальної дії зазнає ґрунт внаслідок декальцинації – виносу кальцію з урожаєм та інфільтрації з талими водами.

Слід відзначити проблему забезпеченості рослин кальцієм та магнієм [11, 16]. З різних причин відбувається поступове збіднення на ці елементи орного шару ґрунтів. Доцільність регулювання кількості кальцію та магнію розглядають не тільки як засіб нейтралізації ґрунтової кислотності, а як істотний чинник оптимізації стану ґрунтового вбирного комплексу (ГВК), процесів синтезу і деструкції органічних речовин.

Науковий та практичний інтерес становить інтенсивність перетворення рослинних решток у ґрунті і, як наслідок, швидкість вивільнення мікроелементів та доступність їх наступній культурі, що може бути критерієм ефективності екологізованих систем удобрення [8, 20, 23, 28, 31].

Мета роботи – дослідити вплив екологізованих систем удобрення на формування в динаміці параметрів кислотності ґрунту, накопичення мезо- та мікроелементів та продуктивність пшениці озимої.

Матеріали і методи. Дослідження проводили у 2018–2020 рр. у полі пшениці озимої *Triticum aestivum* L. сорту Бенефіс, висіяної після гороху на зерно в умовах стаціонарного досліді з вивчення наукових основ управління продуктивністю короткоротаційних сівозмін в умовах Карпатського регіону. Схема досліді включає 6 варіантів:

- 1) контроль (без добрив);
- 2) солома гороху;
- 3) солома гороху + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ + БС;
- 4) солома гороху + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ + БС + ГД;
- 5) $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + БС;
- 6) $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + БС + ГД.

Варіанти, скомпоновані на основі соломи гороху, умовно позначили блок I, а на тлі $N_{60}P_{90}K_{90}$ – блок II. Гумусне добриво (ГД) вносили з осені в період заорювання соломи в дозі 3,0 л/га. Біостимулятор застосовували двічі за вегетацію (весняне кушення та вихід у трубку) – 0,5 л/га.

Гумусне добриво (ГД) еко-імпульс представляє собою концентрований водний розчин солей гумінових кислот, склад: масова частка органічних речовин – 43,5 %, золи – 56,5 %; біостимулятор (БС) терра-сорб, склад препарату: 25 % – загальна кількість органічних речовин, 20 % – амінокислоти, 5,5 – вміст азоту, В – 1,5, Fe – 1,0, Mg – 0,8, Zn і Mn по 0,1 та Mo – 0,001 %.

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий поверхнево оглеєний легкосуглинковий з відповідною агрохімічною характеристикою: рН сольове – 4,85, вміст азоту (за Корнфілдом) – 9,8, доступного фосфору та калію (за Кірсановим) ($2n\text{ HCl}$) – 10,8 та 8,7 мг/100 г ґрунту, рівень загального гумусу – 2,1 %.

Аналітичні роботи здійснювали зі зразками ґрунту, відібраними в період вегетації пшениці озимої. Визначали рН сольове (обмінна кислотність – потенціометричним методом, ДСТУ ISO 10390-2001; гідролітичну кислотність – титрометричним методом Каппена в модифікації ЦІНАО, ГОСТ 26212-91); суму увібраних основ – титрометричним методом Каппена (ГОСТ 27821-88). Концентрацію рухомих мікроелементів Cu, Zn, Fe, Mn (після вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином, рН 4,8) – методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на приладі С-115 М. Вміст рухомих форм кальцію та магнію визначали трилонометричним методом.

Результати та обговорення. Результати наших досліджень засвідчують, що застосування соломи гороху сприяло підлужненню ґрунтового розчину у фазі весняного кушення на 0,20, забезпечивши обмінну кислотність на рівні 5,04 проти 4,84 одиниці на контролі. У фазі колосіння це зниження було на рівні 0,23, а в кінці вегетації показник pH_{KCl} становив відповідно 5,02 одиниці (табл. 1).

За період вегетації обмінна кислотність виявилася найнижчою у фазі кушення, в наступні періоди вона дещо підвищилася і залишилася на цьому рівні до кінця вегетації. Таку закономірність спостерігали практично в усіх варіантах досліді. Вирощування пшениці озимої після соломи гороху + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС (вар. 3) сприяло підвищенню значення pH_{KCl} ґрунту на 0,11–0,12 одиниць щодо контролю. Однак за наявності органічної складової у системі удобрення (гумусне добриво) (вар. 4) відзначено вищий рівень величини рН – 5,05 одиниці (табл. 1).

Застосування мінеральної системи удобрення призвело до підкислення ґрунтового розчину, рівень рН становить – 4,76 (вар 5) (табл. 1). Аналогічні закономірності змін кислотності відстежили інші автори [3, 11]. Сумісне внесення $N_{60}P_{90}K_{90}$ + БС + ГД (вар. 6) сприяло частковій нормалізації кислотно-обмінних процесів у ґрунті, рівень рН сольового зріс на 0,12–0,19 одиниць щодо варіанта 5 (табл. 1).

1. Вплив екологізованих систем удобрення на фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту (0-30 см; середнє за 2018–2020 рр.)

№ д. в.	Обмінна кислотність, рН _{KCl}			Гідролітична кислотність, Нг			Сума увібраних основ, S		
	мг-екв/100 г ґрунту								
I	II	III	I	II	III	I	II	III	
1	4,84	4,81	4,82	2,50	2,52	2,50	5,54	5,60	5,62
2	5,04	5,04	5,02	2,38	2,38	2,40	5,72	5,72	5,70
3	4,96	4,93	4,93	2,42	2,45	2,45	5,62	5,59	5,60
4	5,08	5,03	5,05	2,34	2,40	2,38	5,78	5,66	5,74
5	4,76	4,74	4,79	2,58	2,62	2,62	5,38	5,36	5,33
6	4,91	4,86	4,90	2,48	2,52	2,50	5,58	5,56	5,68

Примітка. I, II, III – фази онтогенезу весняне кущення, колосіння, повна стиглість. Зміст варіантів 1–6 див. розділ “Матеріали і методи”, д. в. – дослідний варіант.

Зниження обмінної кислотності за умов приорування соломи гороху супроводжувалося зменшенням гідролітичної кислотності до рівня 2,38–2,40 мг-екв/100 г ґрунту (вар. 2) проти 2,50–2,52 у контролі (вар. 1). Аналогічні закономірності відзначили в умовах сірих лісових ґрунтів інші вчені [18, 19]. Внесення $N_{30}P_{45}K_{45}$ на фоні соломи гороху забезпечило нижчий рівень гідролітичної кислотності, ніж на контролі на 4,5–5,0 %, однак щодо варіанта 2 відзначено підвищення у ґрунті концентрації іонів водню.

Внесення мінеральних добрив ($N_{60}P_{90}K_{90}$) підвищило рівень Нг до величини 2,58–2,62 мг-екв/100 г ґрунту. Слід зазначити, що підвищення гідролітичної кислотності на мінеральному фоні ($N_{60}P_{90}K_{90}$) більш виражене, ніж вплив на величину концентрації катіонів, що визначають обмінний її рівень. Гумусне добриво, внесенне на фоні $N_{60}P_{90}K_{90}$, до певної міри нормалізувало кислотно-обмінні процеси в ґрунті. Гідролітична кислотність становила відповідно 2,48–2,52 мг-екв/100 г ґрунту.

Важливим показником агрохімічного складу ґрунту є сума увібраних основ (S), що відображає загальну кількість увібраних катіонів, які відіграють важливу роль як джерело поживних речовин для рослин.

Сума увібраних основ зазнала певних змін за екологізованих систем удобрення. Різниця величини цього показника між варіантами була незначною, однак спостерігали тенденцію до її підвищення у варіанті з використанням соломи гороху + $N_{30}P_{45}K_{45}$ та з додаванням гумусного добрива. Використання мінерального добрива в дозі $N_{60}P_{90}K_{90}$ дещо звужувало ГВК, і сума увібраних основ зменшувалася. Доповнення мінерального удобрення (блок II) органічною складовою (ГД) забезпечило підвищення вмісту суми увібраних основ до рівня 5,56–5,68 мг-екв/100 г ґрунту. Очевидно, що така композиція удобрень дає можливість поліпшити цей показник, що оптимізує фізико-хімічні властивості ґрунту.

На цьому тлі є можливість відстежити вплив екологізованих систем удобрення на забезпеченість ґрунту рухомими формами кальцію та магнію.

Застосування соломи гороху, у складі якої кальцію в 6 разів більше, ніж у солоній пшениці озимої, зумовило зростання вмісту цього елемента щодо контролю на 6–11, а магнію – на 25–33 %. Внесення вторинної рослинницької продукції гороху сумісно з $N_{30}P_{45}K_{45}$ обумовило незначне зниження вмісту кальцію та магнію щодо до варіанту заорювання лише соломи. Встановлено, що додавання ГД у композиції удобрення ($N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС + ГД) зменшило вимивання лужноземельних елементів, вміст яких стабілізувався на рівні 4,66–4,88 та 0,70–0,75 мг-екв/100 г ґрунту. Дослідження засвідчили, що із підвищенням рівня внесених мінеральних добрив ($N_{60}P_{90}K_{90}$) спостерігали зниження вмісту обмінних катіонів кальцію та магнію до рівня 4,46 та 0,48 мг-екв/100 г ґрунту. Внесення гумусного добрива на мінеральному фоні сприяло поліпшенню кальцій-магнієвого режиму, закріплення яких у ґрунті значною мірою здійснюється гуміновими кислотами. Проте найважливішим є співвідношення вмісту кальцію до магнію. На думку вчених, дефіциту магнію не буде, якщо еквівалент співвідношення між кальцієм і магнієм дорівнюватиме шести [11]. За результатами наших досліджень, ця умова найповніше задовольняється за таких еквівалентних співвідношень: на ділянках з органо-мінеральною системою (вар. 4) і наближено у варіанті 6 (табл. 2).

2. Вміст обмінного кальцію та магнію в ґрунті за екологізованих систем удобрення (0–30 см; середнє за 2018–2020 рр.)

№ д.в.	Обмінний кальцій, Ca ²⁺		Обмінний магній, Mg ²⁺		Ca ²⁺ /Mg ²⁺	
	мг-екв/100 г ґрунту					
	I	II	I	II	I	II
1	4,14±0,17	3,94±0,15	0,40±0,019	0,39±0,019	10,3	10,1
2	4,52±0,20	4,40±0,18	0,54±0,026	0,52±0,025	8,1	8,4
3	4,42±0,18	4,48±0,19	0,50±0,025	0,51±0,025	9,0	8,7
4	4,88±0,22	4,66±0,21	0,75±0,030	0,70±0,034	6,5	6,6
5	4,46±0,19	4,24±0,17	0,48±0,024	0,48±0,024	9,3	8,7
6	4,80±0,21	4,62±0,21	0,65±0,029	0,66±0,030	7,3	7,1

Примітка. I – фаза кущення, II – повна стиглість. Зміст варіантів 1–6 див. розділ “Матеріали і методи”.

На ділянках без добрив та за використання лише мінеральної системи удобрення рекомендоване співвідношення порушується, а його величина знаходиться в межах 8,7–10,3, що свідчить про поглиблення дефіциту доступних форм магнію у ґрунті.

Для нормального росту і розвитку рослин потрібні мікроелементи, зокрема Cu, Fe, Zn, Mn, і визначення їх вмісту є важливим для дослідження фізико-хімічного та агрохімічного режимів ґрунту під пшеницею озимою за відповідних систем удобрення.

Слід зауважити, що за період 2018–2020 рр. у варіантах досліді спостерігали тенденцію до підвищення вмісту рухомих форм мікроелементів у шарі ґрунту 0–30 см, щодо контрольного варіанта.

Найбільше накопичення МЕ було у варіанті з максимальним насиченням мінеральними добривами (N₆₀P₉₀K₉₀). Вміст міді становив 1,12, цинку – 0,97, заліза – 11,80, марганцю – 11,40 мг/кг (табл. 3).

Очевидно, за умов підкислення ґрунту метали стають більш рухомими і надходять до організму рослин за наявності дефіциту потрібних мікроелементів. У наших досліджених вміст рухомих форм заліза загалом був вищим від середніх показників для зони і зростав за умов використання мінеральних добрив (N₆₀P₉₀K₉₀). Натомість застосування гумусного добрива на згаданому фоні сприяло зниженню рухомих форм заліза до рівня 10,84 мг/кг ґрунту. У варіантах блоку I на фоні соломи гороху спостерігали тенденційне зниження вмісту мікроелементу Fe, що значною мірою обумовлено зниженням кислотності ґрунту і як наслідок – послабленням мінералізаційних процесів у ньому. Щодо марганцю (Mn), то його вміст в ґрунті як і

заліза виявився достатньо високим. Розчинність Mn і Fe зростала із збільшенням кислотності ґрунту і виявилася найвищою на мінеральному фоні – 11,40 та 11,80 мг/кг (табл. 3).

3. Вміст мікроелементів у сірому лісовому ґрунті за екологізованих систем удобрення (середнє за 2019–2020 рр.)

№ д.в.	Cu		Zn		Mn		Fe	
	мг/кг							
	I	II	I	II	I	II	I	II
1	0,83	0,77	0,87	0,82	9,52	8,76	9,82	9,56
2	0,96	0,84	0,88	0,80	10,42	9,14	10,10	9,78
3	0,98	0,88	1,08	0,97	11,12	10,08	10,75	10,08
4	1,08	0,91	1,14	0,94	11,22	10,26	10,60	10,14
5	1,12	1,00	0,97	0,88	11,40	10,93	11,80	10,76
6	1,10	1,04	0,96	0,94	11,24	10,66	10,84	10,52

Примітка. I – фаза кущення, II – повна стиглість. Зміст варіантів 1–6 див. розділ “Матеріали і методи”.

Наявність рухомих форм МЕ відображає природні концентрації характерні для сірого лісового ґрунту: заліза і марганцю – високі, а забезпеченість цинком і міддю є низькою.

Це свідчить про особливості материнської породи ґрунту та високу активність поглинання їх пшеницею озимою.

За роки досліджень урожайність пшениці озимої після попередника горох на зерно на неудобреному фоні знаходилася на рівні 2,69 т/га (рис. 1). Вища врожайність зерна формувалася у разі поєднання соломи гороху + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС, а також за умов внесення гумусного добрива на фоні побічної продукції + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС і становила 4,15–4,44 т/га. Внесення мінерального добрива в дозі $N_{60}P_{90}K_{90}$ + БС сприяло отриманню на 1,19 т/га більшого врожаю, ніж на вар. 3. Використання на фоні цієї композиції ГД забезпечило отримання врожаю на рівні 5,44 т/га (рис.).

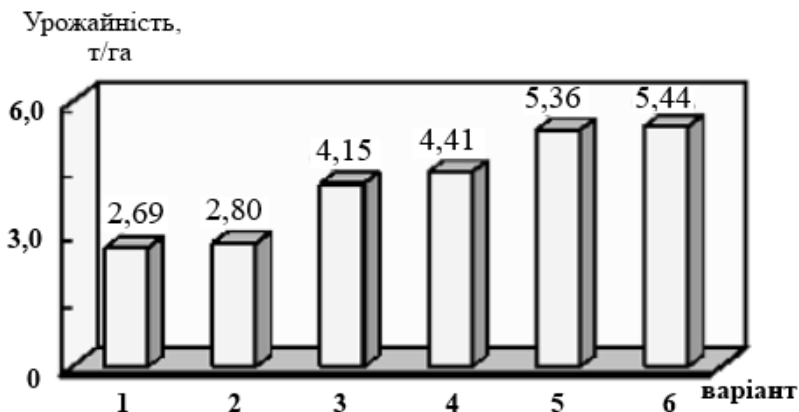


Рис. Урожайність пшениці озимої за умов екологізованих систем удобрення (повна стиглість; середнє за 2019–2020 рр., $\text{NIP}_{0,5} - 0,17$)

Висновки. Позитивний вплив екологізованих систем удобрення, скомпонованих на базі соломи гороху, за вирощування пшениці озимої сприяв поліпшенню фізико-хімічних властивостей ґрунту: підвищилися значення pH_{KCl} та відбулося зниження Hg , збільшилась сума увібраних основ, а співвідношення Ca^{2+} до Mg^{2+} знаходилося в межах 6,6–8,7. Мінеральна система удобрення ($\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$) пшениці озимої призводить до збільшення обмінної та гідролітичної кислотності, тому для зниження окреслених негативних явищ потрібно практикувати введення в систему удобрень органічного компонента, зокрема гумусного добрива.

Встановлено, що застосування екологізованих систем удобрення на сірому лісовому ґрунті мало вплив на накопичення рухомих форм мікроелементів порівняно з показниками контрольного варіанта, однак перевищення гранично допустимих концентрацій елементів не спостерігали. Виявлено, що найбільше накопичення мікроелементів відбувалося за умов внесення $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + біостимулятор: $\text{Cu} - 1,12$, $\text{Zn} - 0,97$, $\text{Fe} - 11,80$ мг/кг. Застосування систем удобрення на фоні соломи гороху + $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ + біостимулятор + гумусне добриво сприяло тенденції зростання вмісту Zn та Cu щодо контролю.

Позитивний вплив екологізованих систем удобрення на функціональні властивості ґрунту сприяв підвищенню його ефективної родючості. Рівень урожаю пшениці озимої на фоні соломи гороху (блок I) становив 4,15–4,41 т/га. Сумісне застосування $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ +

біостимулятор та гумусне добриво забезпечило отримання додаткового врожаю 0,17 т/га, що вище, ніж за умов використання систем удобрення на фоні соломи (блок I).

Список використаної літератури

1. Балуєк С. А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи їх поліпшення. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 6. С. 6–7.
2. Бикін А. В., Генгалю О. М., Генгалю Н. О. Вплив мінеральних добрив та гумату калію на врожайність і якість насіння сої. *Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”*. 2011. Вип. 3/4. С. 16–22.
3. Броннікова Л. Ф. Зміна кислотності темно-сірих лісових ґрунтів за різних технологічних чинників їх використання. *Сільське господарство та лісівництво. Ґрунтознавство та поліпшення якості ґрунтів*. 2016. № 4. С. 26–33.
4. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / за ред. В. В. Волкогона. Київ, 2006. 312 с.
5. Волкогон В. В., Гусєв О. В., Волкогон К. І. Особливості азотного живлення ячменю при застосуванні нового біологічного препарату мікрогуміну. *Живлення рослин: теорія і практика* : збірник наукових праць, присвяч. 100-річчю від дня народження акад. АН УРСР і ВАСГНІЛ П. А. Власюка / голов. ред. В. В. Моргун. Київ, 2005. С. 279–285.
6. Горювая А. И., Орлов Д. С., Щербенко О. В. Гуминовые вещества. Киев, 1995. 303 с.
7. Ефективність використання побічної продукції на сірих лісових ґрунтах / Г. А. Мазур та ін. *Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”*, присвяч. Всеукр. наук. конф. “Шляхи підвищення ефективності використання на добриво побічної продукції рослинництва”. 2003. Спецвипуск. С. 23–28.
8. Кабата-Пендіас А. Проблемы

References

1. Baliuk S. A. Soil resources of Ukraine: condition and measures for their improvement. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2010. No 6. P. 6–7.
2. Bykin A. V., Henhalo O. M., Henhalo N. O. Influence of mineral fertilizers and potassium humate on the yield and quality of soybean seeds. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs “Instytut zemlerobstva NAAN”*. 2011. Iss. 3/4. P. 16–22.
3. Bronnikova L. F. Changes of the acidity of dark gray forest soils under various technological factors of their use. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo. Gruntoznavstvo ta polipshennia iakosti gruntiv*. 2016. No 4. P. 26–33.
4. Volkohon V. V., Nadkernychna O. V., Kovalevska T. M. Microbial preparations in agriculture. Theory and practice / edited by V. V. Volkohon. Kyiv, 2006. 312 p.
5. Volkohon V. V., Husiev O. V., Volkohon K. I. Peculiarities of the nitrogen nutrition of barley when using the new biological preparation microhumine. *Zhyvlennia roslyn: teoriia i praktyka*: zbirnyk naukovykh prats, prysviach. 100-richchiu vid dnia narodzhennia akad. AN URSR i VASHNIL P. A. Vlasuika / Chief Editor V. V. Morhun. Kyiv, 2005. P. 279–285.
6. Gorovaya A. I., Orlov D. S., Shcherbenko O. V. Humic substances. Kiev, 1995. 303 p.
7. Efficiency of using by-products on gray forest soils / H. A. Mazur et al. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs “Instytut zemlerobstva NAAN”*, prysviach. Vseukr. nauk. konf. “Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia na dobrovo pobichnoi produktsii roslinnytstva”. 2003. Special Issue. P. 23–28.
8. Kabata-Pendias A. Problems of

современной биогеохимии микроэлементов. *Российский химический журнал*. 2005. Т. 49, № 3. С. 15–19.

9. Кольбе Г., Штумпе Г. Солома как удобрение. Москва, 1972. 75 с.

10. Коноваленко Л. І., Колесникова Т. О., Моргунова Л. Я. Ефективність альтернативних органічних добрив в умовах Степу. Збірник наукових праць “Охорона ґрунтів”: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Агрохімічна служба України: роль і місце в розвитку агропромислового комплексу держави”. З нагоди 50-річчя агрохімічної служби України. 2014. Вип. 1. С. 170–173.

11. Літвінова О. А., Дмитренко О. В., Ковальова С. П. Динаміка вмісту мікроелементів і важких металів у сірому лісовому ґрунті за тривалого застосування добрив у сівозміні. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 4. С. 43–49.

12. Лопушняк В. І., Засєкін Н. П. Використання ферментативних органічних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся України. Збірник наукових праць “Охорона ґрунтів”: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Агрохімічна служба України: роль і місце в розвитку агропромислового комплексу держави”. З нагоди 50-річчя агрохімічної служби України. 2014. Вип. 1. С. 180–182.

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

14. Орлов Д. С. Свойства и функции гуминовых веществ. *Гуминовые вещества в биосфере* / под ред. Д. С. Орлова. Москва, 1993. С. 16–27.

15. Примак І. Д., Манько Ю. Д., Рідей Н. М. Екологічні проблеми землеробства. Київ, 2010. 456 с.

modern biogeochemistry of trace elements. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal*. 2005. Vol. 49, No 3. P. 15–19.

9. Kol'be G., Shtumpe G. The straw as fertilizer. Moscow, 1972. 75 p.

10. Konovalenko L. I., Kolesnykova T. O., Morhunova L. Ya. The effectiveness of alternative organic fertilizers in Steppe conditions. Zbirnyk naukovykh prats “Okhorona gruntiv”: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii “Ahrokhimichna sluzhba Ukrainy: rol i mistse v rozvytku ahropromyslovoho kompleksu derzhavy”. Z nahody 50-richchia ahrokhimichnoi sluzhby Ukrainy. 2014. Iss. 1. P. 170–173.

11. Litvinova O. A., Dmytrenko O. V., Kovaliova S. P. Dynamics of the content of trace elements and heavy metals in the gray forest soil by the prolonged use of fertilizers in crop rotation. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2018. No 4. P. 43–49.

12. Lopushniak V. I., Zasiiekin N. P. The use of enzymatic organic fertilizers on the sod-podzolic soils of Western Polissia of Ukraine. “Okhorona gruntiv”: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii “Ahrokhimichna sluzhba Ukrainy: rol i mistse v rozvytku ahropromyslovoho kompleksu derzhavy”. Z nahody 50-richchia ahrokhimichnoi sluzhby Ukrainy. 2014. Iss. 1. P. 180–182.

13. Naidonova O. Ye. Application of the humic preparation Humin plus in organic farming. *Visnyk KhNAU. Seriya: Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo. Lisove hospodarstvo*. 2015. Iss. 2. P. 39–50.

14. Orlov D. S. Properties and functions of humic substances. *Guminovyye veshchestva v biosfere* / edited by D. S. Orlova. Moscow, 1993. P. 16–27.

15. Prymak I. D., Manko Yu. D., Ridei N. M. Environmental problems of agriculture. Kyiv, 2010. 456 p.

16. Prymak I. D., Kupchuk V. I., Kolesnyk T. V. Changes of the agrochemical properties of typical chernozem under different systems of basic

16. Примак І. Д., Купчик В. І., Колесник Т. В. Зміна агрохімічних властивостей чорнозему типового за різних систем основного обробітку ґрунту й удобрення в Центральному Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 26–30.
17. Рижук С. М. Проблема поповнення ґрунтів органічною речовиною в сучасних умовах. *Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства УААН” присвяч. Всеукр. наук. конф. “Шляхи підвищення ефективності використання на добриво побічної продукції рослинництва”*. 2003. Спецвипуск. С. 9–13.
18. Сайко В. Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва. *Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства УААН” присвяч. Всеукр. наук. конф. “Шляхи підвищення ефективності використання на добриво побічної продукції рослинництва”*. 2003. Спецвипуск. С. 3–9.
19. Ткаченко М. А. Кислотність сірого лісового ґрунту при застосуванні на добриво нетоварної продукції рослинництва. *Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства УААН”*. 2011. Вип. 3/4. С. 3–8.
20. Фатєєв А. І. Рухомість Zn, Cu та Co в чорноземі опідзоленому під впливом сільськогосподарських культур. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2011. Вип. 74. С. 60–62.
21. Шемет А. Вплив сільськогосподарських культур на зміну рН і вмісту рухомих сполук мікроелементів в ґрунтах. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2013. № 17 (1). С. 148–153.
22. Якименко О. С., Терехова В. А. Гуминовые препараты и оценка их биологической активности для целей сертификации. *Почвоведение*. 2011. № 11. С. 1334–1343.
23. A comparison of technologies for tillage and fertilization in the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2012. No 3. P. 26–30.
17. Ryzhuk S. M. The problem of soil replenishment with organic matter in modern conditions. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs “Instytut zemlerobstva UAAH” prysviach. Vseukr. nauk. konf. “Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia na dobrovo pobichnoi produktsii roslinnytstva”*. 2003. Special Issue. P. 9–13.
18. Saiko V. F. Use of crop by-products for fertilization. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs “Instytut zemlerobstva UAAH” prysviach. Vseukr. nauk. konf. “Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti vykorystannia na dobrovo pobichnoi produktsii roslinnytstva”*. 2003. Special Issue. P. 3–9.
19. Tkachenko M. A. Acidity of the gray forest soil at use for fertilization of non-commercial crop production. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs “Instytut zemlerobstva UAAH”*. 2011. Iss. 3/4. P. 3–8.
20. Fatiev A. I. Mobility of Zn, Cu and Co in podzolized chernozem under the influence of agricultural crops. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2011. Iss. 74. P. 60–62.
21. Shemet A. The influence of agricultural crops on the changes of pH and content of mobile compounds of microelements in the soils. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia*. 2013. No 17 (1). P. 148–153.
22. Yakimenko O. S., Terekhova V. A. Humic preparations and assessment of their biological activity for certification purposes. *Pochvovedenie*. 2011. No 11. P. 1334–1343.
23. A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils / S. Khalid et al. *Journal of Geochemical Exploration*. 2017. Vol. 182. P. 247–268.
24. Amendment of acid soils with crop residues and biochars / Y. U. A. N.

- remediation of heavy metal contaminated soils / S. Khalid et al. *Journal of Geochemical Exploration*. 2017. V. 182. P. 247–268.
24. Amendment of acid soils with crop residues and biochars / Y. U. A. N. Jin-Hua et al. *Pedosphere*. 2011. V. 21, N 3. P. 302–308.
25. Buraczynska D., Ceglarek F. Previous crop value of post-harvest residues and straw of spring wheat, field pea and their mixtures for winter triticales Part I. Weight and chemical composition of post-harvest residues and straw. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. 2011. Vol. 10, No 2. P. 3–18.
26. Characteristics of crop straw-decayed products and their ameliorating effects on an acidic ultisol / X. Y. Pan et al. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2020. Vol. 67, Iss. 12. P. 1708–1721.
27. Comparison of the ameliorating effects on an acidic ultisol between four crop straws and their biochars / J. H. Yuan et al. *Journal of Soils and Sediment*. 2011. Vol. 11, No 5. P. 741–750.
28. Haberhauer G., Temmel B., Gerzabek M. H. Influence of dissolved humic substances on the leaching of MCPA in a soil column experiment. *Chemosphere*. 2002. Vol. 46, No 4. P. 495–499.
29. Long-term straw management and N fertilizer rate effects on quantity and quality of organic C and N and some chemical properties in two contrasting soils in Western Canada / S. S. Malhi et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2011. V. 47, N 7. P. 785–800.
30. Research progress on the effects of returning straw to fields on soil quality and crop growth / X. W. Cui et al. *Chinese Journal of Soil Science*. 2014. V. 45, N 6. P. 1527–1532.
31. Wang N., Li J. Y., Xu R. K. Use of agricultural by-products to study the pH effects in an acid tea garden soil. *Soil Use and Management*. 2009. V. 25, N 2. P. 128–132.
- Jin-Hua et al. *Pedosphere*. 2011. Vol. 21, No 3. P. 302–308.
25. Buraczynska D., Ceglarek F. Previous crop value of post-harvest residues and straw of spring wheat, field pea and their mixtures for winter triticales Part. I. Weight and chemical composition of post-harvest residues and straw. *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*. 2011. Vol. 10, No 2. P. 3–18.
26. Characteristics of crop straw-decayed products and their ameliorating effects on an acidic ultisol / X. Y. Pan et al. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2020. Vol. 67, Iss. 12. P. 1708–1721.
27. Comparison of the ameliorating effects on an acidic ultisol between four crop straws and their biochars / J. H. Yuan et al. *Journal of Soils and Sediment*. 2011. Vol. 11, No 5. P. 741–750.
28. Haberhauer G., Temmel B., Gerzabek M. H. Influence of dissolved humic substances on the leaching of MCPA in a soil column experiment. *Chemosphere*. 2002. Vol. 46, No 4. P. 495–499.
29. Long-term straw management and N fertilizer rate effects on quantity and quality of organic C and N and some chemical properties in two contrasting soils in Western Canada / S. S. Malhi et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2011. Vol. 47, No 7. P. 785–800.
30. Research progress on the effects of returning straw to fields on soil quality and crop growth / X. W. Cui et al. *Chinese Journal of Soil Science*. 2014. Vol. 45, No 6. P. 1527–1532.
31. Wang N., Li J. Y., Xu R. K. Use of agricultural by-products to study the pH effects in an acid tea garden soil. *Soil Use and Management*. 2009. Vol. 25, No 2. P. 128–132.

Отримано 28.09.2021

ТВАРИННИЦТВО

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-10

UDC 636.4:614.9

A. I. DMYTROTSA, postgraduate

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

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

81115, e-mail: andrianadmitroca@gmail.com

METABOLIC PROCESSES IN PIGS AND THEIR PRODUCTIVITY DEPENDING ON THE MICROCLIMATE OF THE PREMISES

A number of domestic and foreign scientific studies conducted in recent years have shown that the parameters of the microclimate in the premises have a significant impact on the physiological state, the course of metabolic processes in the body and the productive qualities of animals. In animal husbandry, there are certain rules that state that the correct microclimate in the pigsty affects the appetite, health and development of piglets. It should also be noted that different sex-age and productive groups of pigs, and in particular such groups of pigs as pregnant and lactating sows, as well as newborn and weaned piglets, which are most sensitive to the smallest deviations, are particularly sensitive to the negative effects of indoor microclimate parameters. In addition, during the rearing of piglets, it is necessary to create optimal conditions for the most painless passage of stressful phenomena associated with birth, weaning from the sow, change of location, the creation of new hierarchical relationships in the group. For this, innovative technologies are being developed to ensure comfortable microclimate conditions in pig housing at different times of the year.

Based on the above, the maintenance of optimal microclimate parameters along with the appropriate level and quality of feeding are the most important factors for the welfare of animals and their high productivity. Given the constant intensification of the pork production process and climate change in Ukraine, the study of the impact of microclimate parameters on metabolic processes and productive qualities of pigs is relevant and of both scientific and practical interest.

This review article analyzes and summarizes domestic and foreign sources of literature in recent years on the influence of such factors of indoor microclimate as temperature, light, humidity, level of harmful gases, the metabolic processes in pigs and their productivity. The article also provides scientific information related to modern approaches and engineering solutions to correct and improve the microclimate of the premises for keeping different age and productive groups of pigs.

Key words: pigs, indoor microclimate, metabolism, productivity.

* Scientific supervisor – Doctor of biological sciences S. O. Vovk.

Дмитроца А. І.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Метаболічні процеси в організмі свиней та їх продуктивність залежно від мікроклімату приміщень

Низкою вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень, проведених в останні роки, доведено, що параметри мікроклімату приміщень виявляють істотний вплив на фізіологічний стан, перебіг обмінних процесів в організмі та продуктивні якості тварин. У тваринництві існують певні правила, які стверджують, що саме правильний мікроклімат у свинарнику впливає на апетит, здоров'я і розвиток поросят. Слід зазначити, що особливо чутливими до негативної дії параметрів мікроклімату приміщень є різні статеві-вікові і продуктивні групи свиней, і зокрема такі групи, як поросні і лактуючі свиноматки, а також новонароджені та відлучені поросята, які є найбільш чутливі до найменших їх відхилень. Крім того, під час вирощування поросят потрібно створити оптимальні умови для якомога більш безболісного проходження стресових явищ, пов'язаних з народженням, відлученням від свиноматки, а також зміною місця утримання та створенням нових ієрархічних відносин у групі. З цією метою розробляються інноваційні технології щодо забезпечення комфортних умов мікроклімату в приміщеннях для утримання свиней у різні періоди року.

Виходячи з наведеного вище, питання підтримання оптимальних параметрів мікроклімату поряд із належним рівнем і якістю годівлі є найважливішими факторами для добробуту тварин та їх високої продуктивності. Враховуючи постійну інтенсифікацію процесу виробництва свинини та кліматичні зміни на території України, дослідження впливу параметрів мікроклімату на метаболічні процеси та продуктивні якості свиней є актуальними і становлять як науковий, так і практичний інтерес.

У цій оглядовій статті проаналізовано та узагальнено вітчизняні та зарубіжні джерела літератури останніх років щодо впливу таких факторів мікроклімату приміщень, як температура, освітленість, вологість повітря, рівень шкодоцинних газів на перебіг обмінних процесів в організмі свиней та їх продуктивність. У статті також наведено наукову інформацію, яка стосується сучасних підходів та інженерних рішень щодо корекції та поліпшення мікроклімату приміщень для утримання різних вікових та продуктивних груп свиней.

Ключові слова: свині, мікроклімат приміщень, обмін речовин, продуктивність.

Introduction. In Ukraine, pig farming is a traditional livestock industry that is constantly evolving. Pork producers are increasingly introducing modern technologies in the selection, feeding and keeping of animals, which significantly increases the productivity of pigs and the quality of their products.

In the context of the transition of pig farming to an industrial basis, it is necessary to assess all the factors that affect the welfare of animals. Pigs of modern breeds and specialized lines are characterized by high productivity due to genetics. This is the reason for the high sensitivity to the effects of adverse environmental factors. Among these factors the microclimate of rooms occupies important place, and first of all such its factors as temperature and humidity of air, concentration of harmful gases, the general gas structure, pollution by microorganisms, etc.

In recent years, domestic and foreign studies have convincingly proven that the conditions of keeping animals in their importance should be put on a par with the quality of feeding [17].

Thus, according to research of Tunasov A. I., to maintain a normal microclimate in the pigsty, it is necessary constant artificial ventilation. Low air exchange in pig housing can lead to a deterioration of the microclimate, an increase in the content of harmful substances in the air, as well as an increase in moisture and heat. Intensive air exchange in the room where pigs are kept in winter can cause high heat consumption and lower temperatures [19].

It is proved that pregnant and lactating sows are especially sensitive to the disturbance of the microclimate in the premises. According to a number of authors [1, 8, 9], the productivity of sows depends on both the season of the year and the system of maintaining the microclimate in the room. Thus, A. A. Balnikov [1] found that sows with a higher by 4.5% fertility were distinguished by combinations $(WB \times L) \times D$, which were fertilized in the spring season, compared with sows of the same genotype, fertilized in summer.

The analysis of differences in the parameters of the microclimate created by two negative pressure systems, different in the method of air preparation, conducted by V. M. Voloshchuk and V. M. Gerasymchuk [6] revealed higher efficiency of geothermal ventilation with air supply through intake shafts and underground air ducts. E. A. Samokhina [18] points out that the geothermal ventilation system created the best microclimate conditions in the pigsty for keeping lactating sows in the autumn, which contributed to the improvement of conservation and intensity of piglets' development.

R. V. Mylostyvyi [10] studied the effect of indoor microclimate on reproductive qualities of sows in the hot period of the year with different ventilation options and found that geothermal ventilation achieves better temperature in the pigsty, which helps to preserve the safety of piglets and increase nest weight during weaning. M. H. Povod [7] notes that the

uniform pressure ventilation system allows to maintain an optimal microclimate in the room for rearing piglets, but it does not provide uniform air exchange in all areas of the section, so it requires additional measures to normalize air parameters in the warm season.

Potential productivity of pigs due to unsatisfactory zoohygienic conditions is often used only by 70-80%. Therefore, the creation of optimal microclimate parameters in industrial pig farming is the most important reserve for increasing the production of high quality products.

Influence of temperature, illumination and humidity of premises on metabolic processes in the body of pigs of different age groups.

Pigs are very sensitive to heat stress, which is the body's response to high temperatures and causes changes in all systems of animal organs, provoking oxidative stress [15]. Therefore, pig farms constantly monitor the parameters of the indoor microclimate. In particular, special importance is attached to such indicators as: temperature, illuminance, humidity, chemical composition of air, the presence of dust and microbes.

It is known that pigs do not have sweat glands, so thermoregulation in them occurs solely through respiration. They feel comfortable only in a narrow temperature range. The biggest changes due to heat stress occur in the cardiovascular, respiratory systems and gastrointestinal tract. Disorders of the cardiovascular system when the body overheats due to the effects of hyperthermia on the central nervous system. In the heat, the tone of blood vessels and their blood supply changes, tachycardia and arrhythmia develop, blood pressure drops. With increasing activity of the heart during overheating, blood circulation accelerates. At extreme overheating the blood circulation rate decreases, which is explained by the weakening of heart function [20].

Prolonged exposure to high temperatures causes heat stroke. The researchers note that even at a temperature of + 23-25°C the intensity of respiration in pigs increases by one and a half times, and the pulse – by 20-30 beats per minute. This increases the neuromuscular excitability, muscle hypertonia may occur until the development of seizures and tetany. Animals become agitated or, conversely – depressed [13].

Significant changes due to heat stress also occur in the gastrointestinal tract of pigs. In particular, under the action of high temperatures there is a suppression of the secretion of gastric juice: there is a lack of its bactericidal function, reduced pepsin activity and increased concentration of total protein. The greatest inhibition is experienced by the proteolytic group of enzymes – pepsin, trypsin, enterokinase, which worsens the digestive processes and reduces the rate of absorption of amino

acids. There is an inhibition of the secretion of pancreatic enzymes, intestinal motility is suppressed. Accordingly, appetite is reduced, and hence productivity. If at a temperature of $+15 - 17^{\circ}\text{C}$ per 40 kg of live weight gain 120-140 kg of feed is needed, then at $+ 29^{\circ}\text{C}$ to obtain a similar increase – 480 kg. [15, 28].

Another important indicator of the microclimate of livestock facilities is the relative humidity, which also has a significant impact on the development of pigs. Changing the relative humidity from 70 to 95% leads to an increase in pig waste from 0.05 to 17.5%. High relative humidity in the premises reduces the digestibility of nutrients. The average daily gain of pigs on rearing at a relative humidity of 85% is 653 g, and at 91.8% - only 553 g [9].

Humidity and temperature are interrelated and together affect the thermoregulation and metabolism of the animal, they are inversely related. In the premises for pigs, the relative humidity varies from 50 to 90%, and sometimes up to 100% (in winter and transitional periods of the year) [17]. The relative humidity in the room for keeping pigs should be in the range of 60-80%, and the maximum allowable – 85% [9].

N. O. Beloziorova's research showed that when pigs are kept under conditions of lower air temperature ($10-13^{\circ}\text{C}$) and increased relative humidity (up to 72-75%) it has a negative effect on the status of their natural resistance [3].

An important factor in the comfortable keeping of pigs indoors is lighting. At the same level of feeding in pigs when kept in a dark room, 15% more subcutaneous fat accumulates compared to animals that are constantly in daylight. Prolonged, round-the-clock lighting of the premises causes in pigs suppression of their productivity [31, 36].

One of the ways to increase the productivity and quality of pig products, especially in industrial complexes, is the use of regular ultraviolet radiation. The use of the latter has a positive effect on metabolic processes, increases meat yield, improves its nutritional value, increases the content of dry matter, total nitrogen, glycogen in the *musculus longissimus dorsalis*. In the skin of animals under the action of ultraviolet light undergoes formation of vitamin D from its food precursors. [2, 33]

Influence of harmful gases on metabolic processes in pigs. Excessive concentrations of harmful gases are known to be toxic and can cause health problems in both humans and animals. Manure is the biggest source of contamination in pig housing. From it, four main dangerous gases are released into the atmosphere – hydrogen sulfide, methane, ammonia and carbon dioxide [8, 11].

The results of numerous studies show that in livestock facilities, excessive levels of ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide in the air reduces the productivity of animals and increases the percentage of culling, as well as increases the level of feed consumption per unit of production [24].

It should be emphasized that in the conditions of unsatisfactory microclimate in pigs, the natural resistance and immunological reactivity of their organism decreases. In addition, increased amounts of harmful gases in piggeries significantly affects the health of staff, as well as reduces the service life of equipment and machinery [16, 22].

In livestock facilities, the air in its chemical composition differs significantly from the surrounding as a result of the release of various gases from animal respiration and decomposition of manure. During the respiration of animals, a large amount of carbon dioxide is released, and oxygen is absorbed, while as a result of biochemical reactions that take place in manure, a significant amount of ammonia, carbon dioxide, hydrogen sulfide and other harmful gases with unpleasant odor is released into the air. [21].

It is established that during long stay of animals in the environment with the increased content of harmful gases they can have various deviations and disorders of a metabolism. Methane (CH_4), carbon dioxide (CO_2), ammonia (NH_4) and hydrogen sulfide (H_2S) are considered to be the main harmful gaseous impurities in the air of livestock premises [12, 35]

In addition to the above-mentioned harmful gases in the premises for keeping pigs with improper ventilation accumulate substances that contribute to the unpleasant odor (skatol, mercaptan, etc.). Their level cannot yet be measured with instruments, but their presence can be determined organoleptically [7]. Skatol is formed from tryptophan during bacterial decomposition of protein and gives animal feces a specific odor. Mercaptans are alcohols in which the oxygen atom of the hydroxyl group (OH) is replaced by sulfur with an unpleasant odor [26].

Elevated levels of methane, carbon dioxide, ammonia and hydrogen sulfide are a danger to animal health in pig housing. A gas such as methane is odorless, but at excessive concentrations it is an invisible enemy to human and animal health in particular [7]. Methane poisoning can lead to rapid heartbeat, pulmonary edema and shortness of breath.

Carbon dioxide is also dangerous – a colorless, non-flammable substance with a slightly acidic odor and taste. It is a product of metabolism and is excreted mainly during animal respiration, partially formed during the decomposition of feces and feed residues. The release of CO_2 by

animals depends on their species, age, feeding and productivity. High concentrations of carbon dioxide in livestock premises lead to impaired respiratory function of animals, and with prolonged exposure causes depression, lethargy, reduced productivity, resistance of animals and even chronic poisoning [7]. Accumulation of excessive CO₂ in the air of livestock premises is eliminated by proper installation and use of ventilation equipment. By ventilating the premises, when the relative humidity is maintained within acceptable limits, there is no increased concentration of CO₂.

More harmful to pigs is ammonia, which has a pronounced pungent odor and is felt even at low concentrations. It can damage the eyes and respiratory tract, thereby causing chemical burns [26, 27]. At high concentrations, it can cause corneal ulcers and cause nausea, vomiting, palpitations and seizures [30]. According to Z. Cheng and E. A. O'Connor, pigs are often exposed to elevated concentrations of ammonia, which is considered an environmental stressor that slows growth and causes poor animal health [25].

The results obtained by M. O. Parker, suggest that ammonia, even in acceptable concentrations when combined with the factor of insufficient indoor lighting, can impair the physiological condition and productivity of pigs [36].

According to the findings of R. R. Manuel, the concentration of ammonia in farrowing rooms in the area of animal life varies depending on the set temperature for the climate control system. At night, when the air temperature is lower, the ventilation rate decreases, which causes an increase in the concentration of ammonia. Increasing the outside temperature during the day increases the speed of ventilation and, consequently, the speed of gas removal. The highest concentrations of ammonia occur at night, and the lowest – during the day [29].

Studies by Z. Ye and G. Zhang [23] found that the coefficient of ammonia emissions in the premises is significantly reduced with proper ventilation.

W. Xu and K. Zheng, studying gas emissions from pig farms, found that average ammonia emissions were highest in spring and summer and lowest in autumn and winter. The average ammonia emissions per area (m²) of farrowing room were almost three times higher in the summer months than in the winter [24].

The main source of hydrogen sulfide formation in the premises is bacterial decay of high-protein products of plant and animal origin, primarily in the manure mass [34]. Hydrogen sulfide is a dangerous poison

for the circulatory and nervous systems in animals, because when it enters the bloodstream through the lungs, it inhibits the activity of enzymes that are necessary for cell respiration and thus causes paralysis of the respiratory system [14].

Hydrogen sulfide (H_2S) is considered the most dangerous decomposition product of manure and has a pronounced smell of rotten eggs. At low concentrations it irritates the eyes and respiratory tract, while at slightly higher concentrations hydrogen sulfide causes headache, dizziness and nausea [12]. At high concentrations, hydrogen sulfide paralyzes the nerve cells of the nose. The consequences of prolonged inhalation of hydrogen sulfide in small quantities can lead to acute respiratory failure and as a consequence to the death of animals. [35].

Modern effective ways to improve the microclimate of pig housing. In modern domestic pig breeding, various technological approaches are used to properly ensure the parameters of the microclimate in the premises. All these systems have certain advantages and disadvantages and have the right to exist. And in each case, when designing a new or reconstructed complex, specialists have difficulty choosing a system. Most often, this choice is based on established advantages in the equipment, pricing policy of the equipment supplier, the desire to replicate ready-made design solutions.

The most important component of the system of providing comfortable conditions for keeping pigs is ventilation, which should provide optimal air temperature, quality and humidity, regardless of climatic conditions. Ventilation should solve the following tasks: maintain the temperature and humidity at the optimal level for pigs, removing excess heat and moisture from the room; create air exchange in the room, providing animals with fresh air, but not creating drafts; evenly distribute the air in the room, meeting the need of all animals for ventilation; to prevent possible threats to the health of pigs in the event of a power outage and ventilation failure; to provide optimal production indicators and results [11].

In the reconstructed premises of pig farms, natural ventilation provides the necessary temperature and humidity in the necessary parameters in winter and transition periods under conditions of sufficient sealing of the premises. In summer, the creation of a microclimate in the premises for keeping pigs within the hygienic standards is possible only with a combination of natural and artificial ventilation [2].

Modern domestic and foreign ventilation systems for pigs include different options. The first of them is ventilation with supply valves in the walls. It works satisfactorily in temperate climates (-15 to + 22°C).

The second ventilation system provides for the presence of perforated ceilings in the premises, the so-called diffusion ventilation. The negative pressure created by the exhaust fans inside the premises causes the inflow of outside air into the attic space through the openings under the roof [22].

In the premises for keeping animals, the inflow of outside air can be carried out by active supply recirculation shafts installed in the floor. Air is removed from the room through active exhaust shafts. The main advantage of this system is that the external cold air entering the supply shaft is mixed in it with the room air, increasing the temperature of the supply air at the outlet of the distributor [16].

Another type of ventilation system is a system of centralized ventilation with the organization of supply and exhaust ducts in the basement – the so-called underground ventilation system. This system provides low values of air exchange (up to 0.6 m³/kg live weight). The massive underground system of concrete channels plays the role of a heat accumulator, thus smoothing daily temperature fluctuations [9].

Currently, the most cost-effective is system of ventilation of negative pressure inside the room using the supply of cold air from top to bottom with the help of exhaust fans and computer climate control [18].

An important element in providing comfortable conditions for keeping pigs is cooling the air in the premises, especially in the summer under conditions of global warming. It is known that the buildings of pig farms due to the action of solar radiation, high ambient temperature and heat release by animals in summer overheat. Due to physiological features, namely due to the absence of sweat glands, pigs do not sweat and therefore negatively tolerate high temperatures. They can compensate low temperatures by a partial decrease in productivity and higher feed consumption [12]. Due to suffocation and overheating, animals grow more slowly, boars' sperm quality deteriorates significantly, and sows are less likely to hunt, fertilize and feed their piglets. Pigs can even have a stress syndrome, which greatly complicates the work of all body systems.

To optimize the conditions of the microclimate in the premises for keeping animals, practitioners are advised to use the formula: the sum of temperature and humidity should not exceed 90. To reduce the temperature of air supplied to the pigsty and ensure the required ventilation rate use air conditioning systems.

An effective way to reduce the air temperature in pig farms is adiabatic cooling – humidification of air flows with water sprayed under high pressure. Irrigation systems are used for this purpose. These plants use cold water from artesian wells with a temperature of $+5 - +8^{\circ}\text{C}$. Water is supplied under a certain pressure, sprayed with nozzles with the formation of small drops [32].

Conclusions. Creating comfortable conditions is one of the main components of modern intensive pork production. Therefore, optimization of microclimate parameters in pig housing (air temperature, light, humidity, level of harmful gases) is one of the most important factors to fully ensure the metabolism in animals, increase their productive qualities and obtain high quality pork.

Список використаної літератури

1. Бальников А. А. Влияние сезона осеменения на репродуктивные качества свиноматок. *Farm-Animals* : научно-практический журнал. 2014. № 3. С. 50–55.
2. Безмен В. А., Рудаковская И. И., Ходосовский Д. Н. Использование тёмных инфракрасных обогревателей при выращивании поросят-отъёмышей. *Зоотехническая наука Беларуси*. 2016. Т. 51, № 2. С. 138–144.
3. Белозьорова Н. О. Впливи середовища та інноваційних технологій утримання, що докорінно (цілеспрямовано) впливають на стан продуктивності та життєздатності свиней. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 3 (60), ч. 3. С. 255–271.
4. Березовский Н. Д., Почерняев Ф. К., Коротков В. А. Методика моделирования индексов для использования их в селекции свиней. *Методы улучшения процессов селекции, разведения и воспроизводства свиней (методические указания)*. Москва, 1986. С. 3–14.
5. Важливість вентиляції в сучасному свинарстві. 2020. URL: <https://agroclimate.com.ua/images/headers/6.pdf> (дата звернення: 09.07.2021).
6. Волощук В. М., Герасимчук В. М. Показники мікроклімату у відділенні для

References

1. Balnikov A. A. Influence of the breeding season on the reproductive qualities of sows. *Farm Animals* : nauchno-prakticheskii zhurnal. 2014. No 3. P. 50–55.
2. Bezmen V. A., Rudakovskaia I. I., Khodosovskiy D. N. Use of dark infrared heaters for weaning pigs. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*. 2016. Vol. 51, No 2. P. 138–144.
3. Bieleziorova N. O. Influences of the environment and innovative technologies of keeping that radically (purposefully) affect the state of productivity and viability of pigs. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhytskoho*. 2014. Vol. 16, No 3 (60), part 3. P. 255–271.
4. Berezovskiy N. D., Pocherniaev F. K., Korotkov V. A. A technique for modeling indices for use in pig breeding. *Methods for improving the processes of selection, breeding and reproduction of pigs (guidelines)*. Moscow, 1986. P. 3–14.
5. Ventilation is important thing in modern pig farming. 2020. URL: <https://agroclimate.com.ua/images/headers/6.pdf> (last accessed: 09.07.2021).
6. Voloshchuk V. M., Herasymchuk V. M. Indicators of the microclimate in the department for rearing piglets, depending on the method of ventilation. *Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomoria*. 2017. Issue 1 (93). P. 120–128.
7. Dynamics of microclimate

дорошування поросят залежно від способу вентилявання приміщення. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. Вип. 1 (93). С. 120–128.

7. Динаміка параметрів мікроклімату у приміщеннях для дорошування поросят залежно від їх маси / М. Г. Повод та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво*. 2017. Вип. 7 (33). С. 154–159.

8. Жижка С. В., Повод М. Г., Самохіна Є. А. Залежність параметрів мікроклімату та продуктивності лактуючих свиноматок і росту підсисних поросят від різних систем вентиляції у зимову пору року. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво*. 2018. Вип. 7 (35). С. 268–285.

9. Игнаткин И. Ю., Курачий М. Г. Системы вентиляции и влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней. *Вестник НГИЭИ*. 2012. № 10 (17). С. 16–34.

10. Милостивий Р. В. Вплив мікроклімату в приміщенні на відтворювальні якості свиноматок. Матеріали регіональної науково-практичної конференції «Проблеми та шляхи інтенсифікації виробництва продукції тваринництва», 15 берез. 2018 р. Херсон : ОЛДИ-ПЛЮС, 2018. С. 127–131.

11. Милостивий Р. В., Повод М. Г., Самохіна Є. А. Параметри мікроклімату в свинарських приміщеннях влітку за різних систем вентиляції та їхній вплив на продуктивність лактуючих свиноматок і ріст підсисних поросят. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво*. 2018. Вип. 2 (34). С. 218–223.

12. Михалко О. Г., Повод М. Г. Сезонна залежність продуктивності свиноматок данського походження від конструктивних особливостей систем вентиляції приміщень у період опоросу та лактації. *Вісник Сумського національного аграрного університету*.

parameters in the premises for rearing piglets depending on their weight / M. H. Povod et al. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Tvarynnystvo*. 2017. Issue 7 (33). P. 154–159.

8. Zhyzhka S. V., Povod M. H., Samokhina Ye. A. Dependence of microclimate parameters, productivity of lactating sows and growth of suckling piglets on different ventilation systems in winter. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Tvarynnystvo*. 2018. Issue 7 (35). P. 268–285.

9. Ignatkin I. Yu., Kuriachyi M. H. Ventilation systems and the influence of microclimate parameters on the productivity of pigs. *Vestnik NHIEI*. 2012. No 10 (17). P. 16–34.

10. Mylostyvyi R. V. Influence of indoor microclimate on reproductive qualities of sows. materialy rehionalnoi naukovo-praktychnoi konferentsii: «Problemy ta shliakhy intensyfikatsii vyrobnytstva produktii tvarynnystva», 15 berez. 2018 r. Kherson : OLDI-PLUS, 2018. P. 127–131.

11. Mylostyvyi R. V., Povod M. H., Samokhina Ye. A. Parameters of microclimate in piggeries in summer with different ventilation systems and their impact on the productivity of lactating sows and the growth of suckling piglets. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Tvarynnystvo*. 2018. Issue 2 (34). P. 218–223.

12. Mykhalko O. H., Povod M. H. Seasonal productivity dependence of Danish origin sows on the design features of ventilation systems during farrowing and lactation. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Tvarynnystvo*. 2019. Issue 3 (38). P. 77–90.

13. Novykova N. V. Morphological aspects of the interaction of the pituitary gland and adrenal glands under the influence of stress factors. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2013. Issue 84. P. 199–203.

14. Povod M. H., Korzh O. V.,

Тваринництво. 2019. Вип. 3 (38). С. 77–90.

13. Новикова Н. В. Морфологічні аспекти взаємодії гіпофіза і наднирників під впливом стрес-фактора. *Таврійський науковий вісник*. 2013. Вип. 84. С. 199–203.

14. Повод М. Г., Корж О. В., Нестеров А. М. Вплив пори року на відтворні якості свиноматок данської селекції. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Тваринництво*. 2017. Вип. 5 (2). С. 111–113.

15. Пономаренко В. М. Амінокислотний склад м'язової тканини свиней різних генотипів. *Зоотехнічна наука: історія, проблеми, перспективи* : Міжнар. наук.-практ. конф., 16–18 берез. 2011 р. Кам'янець-Подільський, 2011. С. 193–194.

16. Расмуссен К. Система вентиляції як елемент біобезпеки господарств. *Прибуткове свиноварство*. 2019. Вип. № 3 (51). URL: <http://profisvine.pigua.info/indexukr.php?action=issue&id> (дата звернення: 11.07.2021).

17. Ресурсозберігаючі технології виробництва свинини: теорія і практика: навч. посіб. / Царенко О. М. та ін. ; за ред. О. М. Царенка. Суми : ВТД «Університетська книга», 2004. 269 с.

18. Самохіна Є. А. Продуктивність підсисних свиноматок залежно від параметрів мікроклімату, створеного різними системами вентиляції в осінній період. *Аграрна наука та освіта в XXI столітті: проблеми, перспективи та інновації* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 26–27 квітня 2018 р. Ніжин, 2018. С. 42–48.

19. Тунасов А. И., Галиева Ч. Р. Расчет воздухообмена в свиноматке-откормочнике. *Международный студенческий научный вестник*. 2019. № 1. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19562> (дата обращения: 11.07.2021).

20. Хохрин С. Н. Корма и кормление животных. Санкт-Петербург, 2002. 512 с.

Nesterov A. M. Influence of the season on the reproductive qualities of Danish selection sows. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Tvarynnystvo*. 2017. Issue 5 (2). P. 111–113.

15. Ponomarenko V. M. Amino acid composition of pig muscle tissue of different genotypes. *Zootekhnichna nauka: istoriia, problemy, perspektivy* : Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 16–18 berez. 2011 r. Kamianets-Podilskyi, 2011. P. 193–194.

16. Rasmussen K. Ventilation system as an element of biosafety of farms. *Prybutkove svynarstvo*. 2019. Issue No 3 (51). URL: <http://profisvine.pigua.info/indexukr.php?action=issue&id> (last accessed: 11.07.2021).

17. Resource-saving technologies of pork production: theory and practice : navch. Posib. / Tsarenko O. M. et al. ; za red. O. M. Tsarenka. Sumy : VTD «Universytetska knyha», 2004. 269 p.

18. Samokhina Ye. A. Productivity of suckling sows depending on the parameters of the microclimate created by different ventilation systems in the autumn. *Ahrarna nauka ta osvita v XXI stolitti: problemy, perspektivy ta innovatsii* : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 26–27 kvit. 2018 r. Nizhyn, 2018. P. 42–48.

19. Tunasov A. I., Halieva Ch. R. Calculation of air exchange in a fattening pigsty. *Mezhdunarodnyi studencheskyi nauchnyi vestnyk*. 2019. No 1. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19562> (last accessed: 09.07.2021).

20. Khokhrin S. N. Animal feed and feeding. Sankt-Peterburg, 2002. 512 p.

21. Tsereniuk O. M., Khvatov A. I., Stryzhak T. A. Evaluation of the indices effectiveness of maternal productivity of pigs. *Suchasni problemy selektsii, rozvedennia ta hihieny tvaryn* : zb. nauk. prats Vinnyskoho NAU. 2010. No 3 (42). P. 73–77.

22. Chernova S. E., Kazakov V. S. Influence of indoor microclimate on the

21. Церенюк О. М., Хватов А. І., Стрижак Т. А. Оцінка ефективності індексів материнської продуктивності свиней. *Сучасні проблеми селекції, розведення та гігієни тварин* : зб. наук. праць Вінницького НАУ. 2010. № 3 (42). С. 73–77.
22. Чернова С. Е., Казаков В. С. Влияние микроклимата в помещении на рост, развитие и откормочные качества молодняка свиней. *Известия ОГАУ*. 2014. № 6 (50). С. 127–129.
23. 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.
24. Atmospheric NH₃ dynamics at a typical pig farm in China and their implications / Xu W. et al. *Atmospheric Pollution Research*. 2014. Issue 3, vol. 5. P. 455–463.
25. Chronic ammonia exposure does not influence hepatic gene expression in growing pigs / Cheng Z. et al. *Animal*. 2014. Issue 8 (2). P. 331–337.
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. Evolution of NH₃ Concentrations in Weaner Pig Buildings Based on Setpoint Temperature / Manuel R. R. et al. *Agronomy*. 2020. Issue 10 (1). P. 2–14.
30. Janse van Rensburg L., Spencer B. growth, development and fattening qualities of young pigs. *Izvestiia OGAU*. 2014. No 6 (50). P. 127–129.
31. 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.
32. Atmospheric NH₃ dynamics at a typical pig farm in China and their implications / Xu W. et al. *Atmospheric Pollution Research*. 2014. Issue 3, vol. 5. P. 455–463.
33. Chronic ammonia exposure does not influence hepatic gene expression in growing pigs / Cheng Z. et al. *Animal*. 2014. Issue 8 (2). P. 331–337.
34. 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.
35. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand / Suriyasomboon A. et al. *Theriogenology*. 2006. Issue 65. P. 606–628.
36. 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.
37. Evolution of NH₃ Concentrations in Weaner Pig Buildings Based on Setpoint Temperature / Manuel R. R. et al. *Agronomy*. 2020. Issue 10 (1). P. 2–14.
38. Janse van Rensburg L., Spencer B. T. The influence of environmental temperatures on farrowing rates and litter sizes in South African pig breeding units. *Onderstepoort J. Vet. Re*. 2014. Issue 81. P. 1–7.
39. Noblet J., Le Dividich J., Van Milgen J. Thermal Environment and Swine Nutrition. *Swine Nutrition*. 2001. Issue 2. P. 519–545.

T. The influence of environmental temperatures on farrowing rates and litter sizes in South African pig breeding units. *Onderstepoort J. Vet. Re.* 2014. Issue 81. P. 1–7.

31. Noblet J., Le Dividich J., Van Milgen J. Thermal Environment and Swine Nutrition. *Swine Nutrition*. 2001. Issue 2. P. 519–545.

32. Potential of Geothermal and Ground Channel System House on Reduction of Energy Consumption and CO₂ Emissions with Maintenance of Performance of Growing Pigs / Rubayet Bostami A. B. M. et al. *International Journal of Recent Scientific Research*. 2016. Issue 2, vol. 7. P. 8974–8979.

33. Production responses of weaned pigs after chronic exposure to airborne dust and ammonia / Wathes C. M. et al. *Animal Science*. 2004. Issue 78 (1). P. 87–98.

34. Reproductive performance of purebred Swedish landrace and Swedish Yorkshire sows: I. Seasonal variation and parity influence / Tummaruk P. et al. *Acta Agric. Scand. Sect. A – Anim. Sci.* 2010. Issue 50. P. 205–216.

35. Seasonal variation in the ovarian function of sows / Bertoldo M. J. et al. *Reprod. Fertil. Dev.* 2012. Issue 24. P. 822–834.

36. The impact of chronic environmental stressors on growing pigs, *Sus scrofa* (Part 2): Social behaviour / Parker M. et al. *Animal*. 2010. Issue 4 (11). P. 1910–1921.

32. Potential of Geothermal and Ground Channel System House on Reduction of Energy Consumption and CO₂ Emissions with Maintenance of Performance of Growing Pigs / Rubayet Bostami A. B. M. et al. *International Journal of Recent Scientific Research*. 2016. Issue 2, vol. 7. P. 8974–8979.

33. Production responses of weaned pigs after chronic exposure to airborne dust and ammonia / Wathes C. M. et al. *Animal Science*. 2004. Issue 78 (1). P. 87–98.

34. Reproductive performance of purebred Swedish landrace and Swedish Yorkshire sows: I. Seasonal variation and parity influence / Tummaruk P. et al. *Acta Agric. Scand. Sect. A – Anim. Sci.* 2010. Issue 50. P. 205–216.

35. Seasonal variation in the ovarian function of sows / Bertoldo M. J. et al. *Reprod. Fertil. Dev.* 2012. Issue 24. P. 822–834.

36. The impact of chronic environmental stressors on growing pigs, *Sus scrofa* (Part 2): Social behaviour / Parker M. et al. *Animal*. 2010. Issue 4 (11). P. 1910–1921.

Received 16.08.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-11

UDC 636.4

H. V. TESAK, scientist

V. P. PUNDYK, candidate of agricultural sciences

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

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

81115, e-mail: dribne.obroshyno@gmail.com

ADAPTABILITY AND REPRODUCTIVE QUALITIES OF SOWS AND INDICATORS OF THEIR BLOOD BY KEEPING IN MACHINES WITH ADVANCED ELEMENTS

The period of pregnancy and farrowing of sows and their maintenance with suckling piglets is one of the key stages of industrial pig breeding, as it is proved that productive and reproductive qualities of pigs are largely determined by the intensity of growth and development in the early stages of their lives. To solve these problems, it is extremely important both in theoretical and practical terms to study the adaptive and reproductive ability of sows and the safety of piglets by their keeping in machines with advanced elements and machines of mass production.

It is known that a pregnant sow stays in the machine for 3–5 days before farrowing, and after 21–35 days and more, which necessitates the improvement of conditions for their keeping. After monitoring the existing equipment for farrowing and keeping suckling sows, it was found that the improvement of individual elements of the machines can significantly optimize the physiological and hygienic conditions of their maintenance and increase the comfort for newborn piglets. Therefore, we have proposed a device for the removable side wall of the machine to increase the space for the sow's exercise, as well as to activate her game behavior with the offspring. The device consists of the following main parts: the upper and lower fastenings of the side wall to the base of the machine, as well as two S-shaped structures made of stainless steel with a diameter of 6 mm. Using the device is possible in two ways.

For optimal access of piglets to the sow's nipples, it is proposed to increase the floor at the place where the sow is by 1-3 cm. Raising the space under the sow provides piglets with better access to the lower row of nipples, so that they are freely located around the sow. And since the place is raised directly only under the sow, piglets can freely move around the "mother's" front and back. The lifting structure is made from hard-alloy plastic or hard rubber 2 cm thick, 60 cm wide and 80-120 cm long. It is fastened to the machine base using self-tapping screws if the base is plastic or expansion bolts, if the base is made from grating concrete.

Based on the selected individual structural elements of the machines for lactating sows, the improvement of which optimally ensures their biological characteristics of keeping, an experimental model of the machine for keeping lactating sows and piglets was made.

Assessment of the adaptive and reproductive ability of sows and the study of the cellular component of natural immunity was carried out based on the results of farrowing in the spring and summer. It was found that keeping sows with offspring in machines with advanced elements increases their adaptability by the index of breeding value (CPI) by 39.0 points (8.1 %), the index of adaptation (IA) - by 1.2 points (4.7 %). In sows kept in machines with advanced elements compared to animals in series-produced machines, milk yield was higher by 4.9 kg (7.3 %), live weight of the nest at weaning – by 7.9 kg (9.8 %, $P < 0.05$), and the safety of piglets by 1.0 %. At the same time, the number of leukocytes, phagocytic activity of neutrophils, phagocytic index and phagocytic number in these sows increased by 1.9, 1.4, 2.9 and 4.8% respectively.

Key words: pigs, technology of keeping, machine equipment, adaptation, reproductive ability, cellular component of natural immunity.

Тесак Г. В., Пундик В. П.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Адаптаційна здатність і репродуктивні якості свиноматок та показники їх крові за утримання у станках з удосконаленими елементами

Період вагітності та опоросів свиноматок та їх утримання з підсисними поросятами є одним із ключових етапів ведення промислового свинарства, оскільки доведено, що продуктивні та відтворювальні якості свиней значною мірою визначаються інтенсивністю росту та розвитку на ранніх етапах їхнього життя. Для вирішення цих завдань надзвичайно актуальним як у теоретичному, так і в практичному плані є вивчення адаптаційної та репродуктивної здатності свиноматок і збереженості поросят за їх утримання у станках з удосконаленими елементами та станках серійного виробництва.

Відомо, що поросна свиноматка перебуває у станку до опоросу 3–5 діб, а після – 21–35 діб та більше, що обумовлює потребу в поліпшенні умов для її утримання. Провівши моніторинг наявного станкового обладнання для опоросу та утримання підсисних свиноматок, ми виявили, що удосконалення окремих елементів станків може суттєво оптимізувати фізіолого-гігієнічні умови їх утримання та підвищити комфортність умов для новонароджених поросят. У зв'язку з цим запропонували пристрій для знімної бічної стінки станка, щоб збільшити простір для моціону свиноматки, а також активувати її ігрову поведінку з приплодом. Пристрій складається із таких основних частин: верхнього і нижнього кріплення бокової стінки до основи станка, а також двох S-подібних конструкцій з нержавіючого металу діаметром 6 мм. Використання пристрою можливе двома варіантами.

Для оптимального доступу поросят до сосків було запропоновано підвищення підлоги у місці, де знаходиться свиноматка, на 1–3 см. Піднесення місця забезпечує поросятм кращий доступ до нижнього ряду сосків, так що вони вільно розташовуються навколо свиноматки. І оскільки місце підняте безпосередньо тільки під свиноматкою, поросята можуть безперешкодно пересуватися повз неї спереду і ззаду. Конструкцію підвищення виготовлено з

твердосплавного пластику або твердої гуми товщиною 2 см, шириною 60 см та довжиною 80–120 см. Кріплення її до основи станка здійснюють за допомогою самонарізів (шурупів), якщо основа пластикова, або розширюючих болтів, якщо основа з рішотчастого бетону.

На основі відібраних окремих елементів конструкції станків для утримання підсисних свиноматок з поросятами, вдосконалення яких оптимально забезпечує біологічні особливості їх утримання, було виготовлено експериментальний зразок станка.

Оцінку адаптаційної та репродуктивної здатності свиноматок та дослідження клітинної ланки природного імунітету проведено за результатами отриманих опоросів у весняно-літній період. Встановлено, що утримання свиноматок з приплодом у станках з удосконаленими елементами підвищує їх адаптаційну здатність за індексом племінної цінності (ППЦ) на 39,0 бала (8,1 %), індексом адаптації (ІА) – на 1,2 бала (4,7 %). У свиноматок, яких утримували у станках з удосконаленими елементами, порівняно з тваринами, які знаходилися в станках серійного виробництва, молочність була вищою на 4,9 кг (7,3 %), жива маса гнізда при відлученні – на 7,9 кг (9,8 %, $P < 0,05$), а збереженість поросят – на 1,0 %. Водночас у вказаних свиноматок кількість лейкоцитів, фагоцитарна активність нейтрофілів, фагоцитарний індекс і фагоцитарне число більше відповідно на 1,9; 1,4; 2,9 і 4,8 %.

Ключові слова: свині, технологія утримання, станкове обладнання, адаптація, репродуктивна здатність, клітинна ланка природного імунітету.

Introduction. Methods of intensive rearing of pigs in the conditions of farms of different types with the use of industrial technology do not allow to fully use the potential productive and reproductive capabilities of the pigs. Crowding, confinement, noise and other factors adversely affect the adaptability and health of pigs [1, 5, 9, 14, 15]. In this regard, the production of competitive pork is possible only if the development and implementation of technological solutions to create comfortable conditions for suckling sows to ensure their high adaptability, reproductive function and safety of piglets. Therefore, the period of pregnancy and farrowing of sows and their maintenance with suckling piglets is one of the key stages of industrial pig breeding, as it is proved that productive and reproductive qualities of pigs are largely determined by the intensity of growth and development in the early stages of their lives [4, 7, 16, 18, 23]. It is proved that the main feature of the body of piglets is the ontogenetic immaturity of tissues, digestive organs and the functions of the thermoregulatory mechanism. Therefore, they are particularly sensitive to environmental factors. Any deviation from the norm immediately leads to a decrease in the body's natural resistance, and thus to a decrease in growth rate and even death of piglets [3, 4, 6, 12, 16, 20, 23].

In this regard, one of the ways to increase the efficiency of the pig industry is the development and implementation of new technologies for keeping pigs aimed at improving machine equipment for suckling sows and technologies for their maintenance [11, 19, 26, 29, 38, 39]. The arrangement of the farrowing place is an important stage in industrial pig breeding, as the main indicators of high reproductive capacity of sows (fertility, milk yield and safety of piglets) depend on the conditions of their maintenance [2, 29, 30, 31, 33, 36, 37]. That is why when developing machines for suckling sows, special attention is paid to their type and shape, as well as the structure of the floor and the material from which it is made [20, 25, 27, 32, 35]. That is, the main task is to equip the place of farrowing with equipment that will provide optimal conditions for sows during farrowing and in the postpartum period and comfort of piglets in the first days of life [17, 21, 22, 24, 34].

Over the past years [10, 13], we conducted a series of studies to improve machine equipment for suckling sows and piglets, in particular, identified some elements that optimally provide the biological characteristics of pig keeping. After analyzing the monitoring data of existing types of machines for farrowing and keeping suckling sows, we found that the improvement of individual elements of machines can significantly optimize the physiological and hygienic conditions of their maintenance, increase the free movement of sows, significantly reducing hypodynamics without reducing the area and comfortable conditions for piglets and suckling piglets. In the revised machines of domestic and foreign production, the place under the sow has a flat surface, regardless of the material from which it is made. However, based on our own observations and experience of the staff of complexes and pig farms, we found that when an adult sow lies on a flat surface for feeding piglets, she often undermines the lower row of teats, making it difficult for piglets to access them, especially in the first 5-7 days after birth. Raising the space under the sow gives the piglets better access to the teats so that they are freely placed around it. And because the place is raised directly just below the sow, the piglets can move freely past it in front and behind.

Raising the place under the sow is carried out by installing plates of plastic or hard rubber 2–3 cm thick, 80 cm long and 60 cm wide and attaching them to the base of the machine with self-tapping screws if the floor is plastic slotted, or expansion bolts if the base made of lattice concrete, which allows free access of piglets to the bottom row of sows' nipples during feeding.

Due to the fact that a pregnant sow is in the machine before farrowing 3–5 days, after – 21–35 days or more (according to preliminary calculations 40–45 days before weaning piglets), there is a need to improve the conditions of its keeping, namely to ensure the possibility of free movement in the area of cell placement. Therefore, we offer a device for the removable side wall of the machine to increase the space for the sow's exercise, as well as to activate her game behavior with the offspring.

The device consists of the following main parts: the upper and lower attachment of the side wall to the base of the machine, as well as two S-shaped structures made of stainless metal with a diameter of 6 mm. To further strengthen the attachment of the removable side wall using expansion bolts, self-tightening nylon clamps and a design in the form of a pin for attaching the front of the removable wall to the wall.

The device can be used in two ways: with limited mobility of sows in the first days after farrowing and with increase in the free area for moving in the machine 3–5 days after farrowing.

Summarizing the literature, we can conclude that housing conditions, age and other factors affect the adaptive and reproductive capacity of sows and their offspring, and natural resistance is closely related to the viability and functional state of their body.

Therefore, the aim of our work was to investigate the adaptability and reproductive qualities of sows and some indicators of the natural resistance of their body when kept in machines with advanced elements.

Materials and methods. The methodological basis of scientific and practical research in this area is modern domestic and world achievements in the technology of keeping sows.

Experimental studies were conducted on farm "Edem" Zhovkva district of Lviv region on sows of large white breed, 3 heads in each, selected on the principle of analogues by age, live weight and date of mating. Assessment of the adaptive and reproductive ability of sows and the study of the cellular component of natural immunity was carried out based on the results of farrowing in the spring and summer.

Machines with improved elements (raising the place where the sow is located by 2 cm and the device of the removable side wall of the machine) were prepared for the experimental group. The control group of animals was kept in mass production machines.

The adaptability of sows was determined by indicators of reproductive qualities by calculating indices of breeding value, adaptation, level of adaptation according to the method of V. S. Smirnov [16].

Reproductive qualities of sows were determined by indicators of fertility, milk yield, live weight of piglets and nest weight at weaning, preservation of the offspring.

In heparin-stabilized blood of sows, the following was determined: the number of leukocytes – by counting white blood cells in Goriaev's chamber (V. E. Chumachenko, 1991); phagocytic activity (FA) of neutrophils (Gostev V. S., 1950), phagocytic index and phagocytic number [8].

The obtained digital material was processed by the method of variation statistics using Student's criterion. Arithmetic mean values (M) and their errors ($\pm m$) were calculated. The computer program MS Excel was used for calculations.

Results and discussion. Data on the reproductive capacity of experimental sows are presented in Table 1.

1. Reproductive ability of sows when kept in machines with advanced elements and machines of serial production ($M \pm m$, $n = 3$)

Performance indicators	Group of animals	
	control	experiment
Fertility, heads	12,1 $\pm$ 0,50	12,3 $\pm$ 0,39
number of piglets at weaning, kg	10,9 $\pm$ 0,78	11,2 $\pm$ 0,53
Milk yield, kg	66,9 $\pm$ 1,76	71,8 $\pm$ 1,48
Live weight of the nest at weaning, kg	80,7 $\pm$ 2,12	88,6 $\pm$ 1,78*
Preservation, %	90,1	91,1

Note. * $P < 0,05$.

The obtained data show that in sows of the experimental group compared to the control, milk yield was higher by 4.9 kg (7.3%), live weight of the nest at weaning – higher by 7.9 kg (9.8%, $P < 0,05$), and the preservation of piglets in the experimental group increased by 1.0% compared to control.

2. Indicators of adaptability of sows kept in machines with advanced elements and machines of serial production

Performance indicators	Group of animals	
	control	experiment
Breeding Value Index (CPI)	479,1 $\pm$ 20,92	518,1 $\pm$ 23,17
Adaptation index (IA)	25,4 $\pm$ 2,89	26,6 $\pm$ 3,17
level of adaptation (PA)	13,1 $\pm$ 0,56	13,3 $\pm$ 0,63

The obtained results of adaptability show that in the sows of the experimental groups compared to the control in the spring-summer period, the index of breeding value (CPI) is higher by 39.0 points (8.1%), the index of adaptation (IA) – by 1.2 points (4.7%), but the difference is unlikely. In the summer-autumn period, the difference between these indicators is similar but less pronounced and is respectively 14.9 points (2.9%) and 0.8 points (3.1%). At the same time, the level of adaptation (PA) in the spring-summer period in the animals of the experimental group compared to the control is almost the same (13.3 vs. 13.1 points), and in the summer-autumn period higher by 0.7 points (5.5%).

Based on the formula used to calculate the breeding value index (CPI), the difference between the experimental and control groups of animals is mainly due to the milk yield of sows and live weight of the nest at 2 months.

3. Indicators of the cellular component of the natural immunity of the body of experimental sows

Performance indicators	Group of animals	
	control	experiment
Leukocytes, G/l	$10,8 \pm 0,24$	$11,0 \pm 0,33$
Phagocytic activity of neutrophils, %	$50,7 \pm 3,48$	$51,4 \pm 2,86$
Phagocytic index, units	$10,3 \pm 0,86$	$10,6 \pm 0,73$
Phagocytic number, units	$5,21 \pm 0,62$	$5,46 \pm 0,54$

In sows kept in machines with advanced elements, compared with animals in machines of mass production, the number of leukocytes, phagocytic activity of neutrophils, phagocytic index and phagocytic number was higher by 1.9, 1.4, 2.9 and 4.8%, but the difference is unlikely.

Conclusions

1. Adaptability in sows of experimental groups, compared with control, is higher according to the index of breeding value (CPI) by 39.0 points (8.1%), the index of adaptation (IA) – by 1.2 points (4.7%).

2. In sows of the experimental group, compared with the control, milk yield was higher by 4.9 kg (7.3%), live weight of the nest at weaning – by 7.9 kg (9.8%, $P < 0,05$), and the survival of piglets – by 1.0%.

3. In sows kept in machines with advanced elements compared to animals in mass-produced machines, the number of leukocytes, phagocytic activity of neutrophils, phagocytic index and phagocytic number was higher by 1.9, 1.4, 2.9 and 4.8% respectively.

Список використаної літератури

1. Адаптація свиней в умовах альтернативних технологій / Д. Д. Чертков та ін. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2018. Вип. 11. С. 223–228.
2. Бажов Г. М. Племенное свиноводство : учеб. пособие. Санкт-Петербург, 2006. 386 с.
3. Взаимосвязь гематологических показателей и скорости роста свиней разных генотипов / В. И. Герасимов и др. ; ХДЗВА. *Підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин*. Харків, 2004. Т. 14. С. 92–98.
4. Волощук В. М. Теоретичне обґрунтування і створення конкурентоспроможних технологій виробництва свинини. Полтава, 2012. 350 с.
5. Вплив стрессильності свиней на їх продуктивність / В. О. Іванов та ін. *Свинарство*. 2013. Вип. 63. С. 12–18.
6. Гематологічні показники як особливості інтер'єрного статусу свиней у селекційно-племінній роботі / Т. А. Стрижак та ін. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2014. Вип. 144. С. 212–217.
7. Довідник з виробництва свинини / В. І. Герасимов та ін. Харків, 2001. 336 с.
8. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / В. В. Влізла та ін. ; за ред. В. В. Влізла. Львів, 2012. 759 с.
9. Лихач В. Я. Обґрунтування, розробка та впровадження інтенсивно-технологічних рішень у свинарстві. Миколаїв : МНАУ, 2016. 227 с.
10. Мазанько М. О., Пундик В. П., Тесак Г. В. Вдосконалення окремих елементів станкового обладнання для підсисних свиноматок. *Свинарство*. 2017. Вип. 69. С. 41–45.
11. Механизация и технология производства продукции животноводства / В. Г. Коба и др. Москва, 2000. 256 с.
12. Повод М. Г., Ізболдіна О. О., Грищенко С. М. Особливості морфологічного складу крові молодняку

References

1. Adaptation of pigs in conditions of alternative technologies / D. D. Chertkov et al. *Naukovyi visnyk «Askaniia-Nova»*. 2018. Issue 11. P. 223–228.
2. Bazhov G. M. Pig breeding : textbook. Sankt-Peterburg, 2006. 386 p.
3. Interrelation of hematological parameters and growth rate of pigs of different genotypes / V. I. Herasimov et al. ; KhDZVA. *Pidvyshchennia produktyvnosti silskohospodarskykh tvaryn*. Kharkiv, 2004. Vol. 14. P. 92–98.
4. Voloshchuk V. M. Theoretical substantiation and creation of competitive technologies of pork production. Poltava, 2012. 350 p.
5. The effect of stress predisposition of pigs on their productivity / V. O. Ivanov et al. *Svynarstvo*. 2013. Issue 63. P. 12–18.
6. Hematological parameters as features of the interior status of pigs in breeding work / T. A. Stryzhak et al. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka*. 2014. Issue 144. P. 212–217.
7. Handbook of pork production / V. I. Herasimov et al. Kharkiv, 2001. 336 p.
8. Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine : a handbook / V. V. Vlizlo et al. ; za red. V. V. Vlizla. Lviv, 2012. 759 p.
9. Lykhach V. Ya. Substantiation, development and implementation of intensive technological solutions in pig breeding. Mykolaiv : MNAU, 2016. 227 p.
10. Mazanko M. O., Pundyk V. P., Tesak H. V. Improvement of individual elements of machine equipment for lactating sows. *Svynarstvo*. 2017. Issue 69. P. 41–45.
11. Mechanization and livestock production technology / V. G. Koba et al. Moscow, 2000. 256 p.
12. Povod M. H., Izboldina O. O., Hryshchenko S. M. Features of morphological composition of blood of young pigs when using different breeding technologies. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten*

свиней при використанні різних технологій вирощування. *Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК*. 2015. Т. 3, № 2. С. 139–143.

13. Пундик В. П., Тесак Г. В. Удосконалення станкового обладнання для утримання підсисних свиноматок з поросятами. *Свинарство*. 2019. Вип. 73. С. 57–60.

14. Топіха В. С., Лихач В. Я., Лихач А. В. Порода ландрас, її адаптаційні та продуктивні якості в умовах промислової технології. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. 2014. № 112. С. 150–159.

15. Тривалість продуктивного довголіття та рівень адаптації свиноматок універсального напрямку продуктивності / В. І. Халак та ін. *Свинарство*. 2017. Вип. 69. С. 74–82.

16. Шейко І. П., Смирнов В. С., Шейко Р. І. Свиноводство. Минск : ИВЦ Минфина, 2013. 375 с.

17. A flooring comparison: The impact of rubber mats on the health, behavior, and welfare of group-housed sows at breeding / M. Elmore et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2010. V. 123. P. 7–15.

18. Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 1: a review of existing methods / R. Botreau et al. *Animal*. 2007. V. 1. P. 179–187.

19. A review of sow and piglet behaviour and performance in group housing systems for lactating sows / S. E. van Nieuwamerongen et al. *Animal*. 2014. V. 8, № 3. P. 448–460.

20. A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing / J. L. Barnett et al. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2001. V. 52, № 1. P. 1–28.

21. Baxter E. M., Lawrence A. B., Edwards S. A. Alternative farrowing accommodation: welfare and economic aspects of existing farrowing and lactation systems for pigs. *Animal*. 2012. V. 6, № 1. P. 96–117.

22. Baxter E. M., Lawrence A. B.,

NDTs biobezpeky ta ekolohichnoho kontroliu resursiv APK. 2015. Vol. 3, No 2. P. 139–143.

13. Pundyk V. P., Tesak H. V. Improvement of machine equipment for keeping suckling sows with piglets. *Svynarstvo*. 2019. Issue 73. P. 57–60.

14. Topikha V. S., Lykhach V. Ya., Lykhach A. V. Landrace breed, its adaptive and productive qualities in the conditions of industrial technology. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN*. 2014. No 112. P. 150–159.

15. Duration of productive longevity and level of adaptation of sows of the universal direction of productivity / V. I. Khalak et al. *Svynarstvo*. 2017. Issue 69. P. 74–82.

16. Shejko I. P., Smirnov V. S., Shejko R. I. Pig breeding. Minsk : IVC Minfina, 2013. 375 p.

17. A flooring comparison: The impact of rubber mats on the health, behavior, and welfare of group-housed sows at breeding / M. Elmore et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2010. Vol. 123. P. 7–15.

18. Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 1: a review of existing methods / R. Botreau et al. *Animal*. 2007. Vol. 1. P. 179–187.

19. A review of sow and piglet behaviour and performance in group housing systems for lactating sows / S. E. van Nieuwamerongen et al. *Animal*. 2014. Vol. 8, No 3. P. 448–460.

20. A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing / J. L. Barnett et al. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2001. Vol. 52, No 1. P. 1–28.

21. Baxter E. M., Lawrence A. B., Edwards S. A. Alternative farrowing accommodation: welfare and economic aspects of existing farrowing and lactation systems for pigs. *Animal*. 2012. Vol. 6, No 1. P. 96–117.

22. Baxter E. M., Lawrence A. B., Edwards S. A. Alternative farrowing systems: design criteria for farrowing

- Edwards S. A. Alternative farrowing systems: design criteria for farrowing systems based on the biological needs of sows and piglets. *Animal*. 2011. V. 5. P. 580–600.
23. Bünger B. Effects of housing conditions of farrowing and nursing sows on development of piglets: our own studies and an evaluation of the literature. *Dtsch Tierarztl Wochenschr*. 2002. V. 109, № 6. P. 277–289.
24. Confinement of lactating sows in crates for 4 days after farrowing reduces piglet mortality / V. A. Moustsen et al. *Animal*. 2013. V. 7, № 4. P. 648–654.
25. Díaz J., Boyle L. Effect of rubber slat mats on the behaviour and welfare of group housed pregnant sows. *Applied Animal Behaviour Science*. 2014. V. 151. P. 13–23.
26. Dubois A., Meunier-Salaun M.-C., Le Gall R. Performances et comportement des truies et de leurs portées dans une maternité alternative en bâtiment: résultats préliminaires. *Journees Recherche Porcine*. 2008. V. 40. P. 233–238.
27. Effect of rubber mats on sow behavior and litter performance during lactation / G. Ruff et al. *Livestock Science*. 2017. V. 204. P. 65–70.
28. Kemp B., Soede N. M. Reproductive issues in welfare-friendly housing systems in pig industry: A review. *Reprod. Domest. Anim*. 2012. V. 47. P. 51–57.
29. Kneeskern S. How to reduce piglet mortality with sows in loose-housed systems. 2015. URL: https://phys.org/news/2015-08-piglet-mortality-loose-housed.html?utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=Phys.org_TrendMD_1 (last accessed: 03.09.2021).
30. Neonatal piglet traits of importance for survival in crates and indoor pens / L. J. Pedersen et al. *Journal of Animal Science*. 2011. V. 89. P. 1207–1218.
31. Observations of sows and piglets housed in farrowing pens with temporary crating or farrowing crates on a commercial farm / K. L. Chidzey et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2016. V. 176. P. 12–18.
32. Pedersen L. J., Malmkvist J., Jorgensen E. The use of a heated floor area by sows and piglets in farrowing pens. *Applied systems based on the biological needs of sows and piglets*. *Animal*. 2011. Vol. 5. P. 580–600.
23. Bünger B. Effects of housing conditions of farrowing and nursing sows on development of piglets: our own studies and an evaluation of the literature. *Deutsche Tierarztl. Wochenschr*. 2002. Vol. 109, No 6. P. 277–289.
24. Confinement of lactating sows in crates for 4 days after farrowing reduces piglet mortality / V. A. Moustsen et al. *Animal*. 2013. Vol. 7, No 4. P. 648–654.
25. Díaz J., Boyle L. Effect of rubber slat mats on the behaviour and welfare of group housed pregnant sows. *Applied Animal Behaviour Science*. 2014. Vol. 151. P. 13–23.
26. Dubois A., Meunier-Salaun M.-C., Le Gall R. Performances et comportement des truies et de leurs portées dans une maternité alternative en bâtiment: résultats préliminaires. *Journees Recherche Porcine*. 2008. Vol. 40. P. 233–238.
27. Effect of rubber mats on sow behavior and litter performance during lactation / G. Ruff et al. *Livestock Science*. 2017. Vol. 204. P. 65–70.
28. Kemp B., Soede N. M. Reproductive issues in welfare-friendly housing systems in pig industry: A review. *Reprod. Domest. Anim*. 2012. Vol. 47. P. 51–57.
29. Kneeskern S. How to reduce piglet mortality with sows in loose-housed systems. 2015. URL: https://phys.org/news/2015-08-piglet-mortality-loose-housed.html?utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=Phys.org_TrendMD_1 (last accessed: 03.09.2021).
30. Neonatal piglet traits of importance for survival in crates and indoor pens / L. J. Pedersen et al. *Journal of Animal Science*. 2011. Vol. 89. P. 1207–1218.
31. Observations of sows and piglets housed in farrowing pens with temporary crating or farrowing crates on a commercial farm / K. L. Chidzey et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2016. Vol. 176. P.

- animal behaviour science*. 2007. V. 103. P. 1–11.
33. Piglet use of the creep area and piglet mortality – effects of closing the piglets inside the creep area during sow feeding time in pens for individually loose-housed sows / S. Berg et al. *Animal Science*. 2006. V. 82, № 2. P. 277–281.
34. Postural behaviour in gilts housed on concrete and rubber slats during four seasons / Ž. Pavičić et al. *Macedonian Veterinary Review*. 2014. V. 37. P. 157–164.
35. Rantzer D., Svendsen J. Slatted versus Solid Floors in the Dung Area of Farrowing Pens: Effects on Hygiene and Pig Performance, Birth to Weaning. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*. 2001. V. 51. P. 167–174.
36. Temporary confinement of loose-housed hyperprolific sows reduces piglet mortality / J. Hales et al. *Journal of Animal Science*. 2015. V. 93. P. 4079–4088.
37. The behaviour and welfare of sows and piglets in farrowing crates or lactation pens / C. Singh et al. *Animal*. 2017. V. 11, № 7. P. 1210–1221.
38. The performance and behaviour of gilts and their piglets is influenced by whether they were born and reared in farrowing crates or farrowing pens / K. L. Chidgey et al. *Livestock Science*. 2016. V. 193. P. 51–57.
39. Wassmuth R., Biestmann C., Janssen H. Behaviour and performance of suckling gilts and their piglets in single housing with different fixation times. *Arch. Anim. Breed*. 2017. V. 60. P. 101–104.
- 12–18.
32. Pedersen L. J., Malmkvist J., Jorgensen E. The use of a heated floor area by sows and piglets in farrowing pens. *Applied animal behaviour science*. 2007. Vol. 103. P. 1–11.
33. Piglet use of the creep area and piglet mortality – effects of closing the piglets inside the creep area during sow feeding time in pens for individually loose-housed sows / S. Berg et al. *Animal Science*. 2006. Vol. 82, No 2. P. 277–281.
34. Postural behaviour in gilts housed on concrete and rubber slats during four seasons / Ž. Pavičić et al. *Macedonian Veterinary Review*. 2014. Vol. 37. P. 157–164.
35. Rantzer D., Svendsen J. Slatted versus Solid Floors in the Dung Area of Farrowing Pens: Effects on Hygiene and Pig Performance, Birth to Weaning. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*. 2001. Vol. 51. P. 167–174.
36. Temporary confinement of loose-housed hyperprolific sows reduces piglet mortality / J. Hales et al. *Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 93. P. 4079–4088.
37. The behaviour and welfare of sows and piglets in farrowing crates or lactation pens / C. Singh et al. *Animal*. 2017. Vol. 11, No 7. P. 1210–1221.
38. The performance and behaviour of gilts and their piglets is influenced by whether they were born and reared in farrowing crates or farrowing pens / K. L. Chidgey et al. *Livestock Science*. 2016. Vol. 193. P. 51–57.
39. Wassmuth R., Biestmann C., Janssen H. Behaviour and performance of suckling gilts and their piglets in single housing with different fixation times. *Arch. Anim. Breed*. 2017. Vol. 60. P. 101–104.

Received 04.10.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-12

UDC 577.12:591.132.1/.2:636.086

A. V. SHELEVACH, candidate of agricultural sciences

Y. F. RIVIS, doctor of agricultural sciences

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

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

e-mail: 1059@i.ua

EXCHANGE OF PROTEIN AND NITROGEN COMPOUNDS IN THE BULLS WHEN FEEDING CELLULOSE-CONTAINED FEED

Metabolic processes in the body of cattle, in particular in the digestive tract of bulls, when feeding young grass, feed and various forms of fiber-containing feed during the spring-summer transition period are poorly understood. Young grass at this time contains a large amount of nitrogen-containing compounds, but very little readily available sugars and fiber. The content of the latter in the young grass of pastures and meadows, instead of the required for cattle 22-24% of dry matter, is only 15-18%. In addition, the fiber of young grass has very little of its structured form (associated with lignin and hemicellulose). This leads to the fact that cattle do not fully use the nitrogen available in the young grass.

In the course of research we studied changes in the concentration of protein, residual and total nitrogen, urea, as well as the activity of transamination enzymes in whole blood of bulls depending on the time relative to the beginning of feeding and the presence in the diet of various forms of fiber.

It is shown that the activity of transamination enzymes (AST and ALT) under the action of various forms of fiber-containing food before morning feeding increases by 5,1–7,5 % compared to control. This increase does not depend on the time relative to the start of feeding. It is suggested that the activity of transamination enzymes in the whole blood of bulls when feeding them fiber-containing feed is substrate regulated.

According to research, it can be argued that the activity of reamination enzymes in the blood serum of bulls during the feeding of fiber-containing feed before morning feeding increases by 6,4–8,5 % compared to control. The concentration of protein in the blood serum of bulls, regardless of the time relative to the beginning of feeding, with the feeding of various forms of fiber-containing feed increases by 4,2–6,1 % compared to control. The content of urea and residual nitrogen in the whole blood of bulls at 3 hours from the beginning of morning feeding decreases by 6,3–8,9 %, and protein and total nitrogen – increases compared to control.

It is also shown that weight gain depends on the level of nitrogen-containing compounds and the activity of transamination enzymes in the blood serum of

experimental bulls.

Key words: bulls, blood serum, fiber-containing feed, protein, transamination enzymes.

Шелевач А. В., Рівіс Й. Ф.

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

Обмін протеїну і азотових сполук в організмі бугайців за згодовування клітковини місного корму

Обмінні процеси в організмі великої рогатої худоби, зокрема у травному каналі бугайців, при згодовуванні молоді трави, комбікорму та різних форм клітковини місного корму під час весняно-літнього перехідного періоду є маловивченими. Молода трава в цей час містить у своєму складі велику кількість азоту азотових сполук, але дуже мало легкодоступних цукрів і клітковини. Вміст останньої у молодій траві пасовищ і луків, замість потрібних для великої рогатої худоби 22–24 % від сухої речовини, становить всього 15–18 %. Крім того, в клітковині молоді трави дуже мало її структурованої форми (зв'язаної з лігніном і геміцелюлозою). Це призводить до того, що велика рогата худоба неповністю використовує наявний у молодій траві азот.

У ході виконання досліджень ми вивчили зміни вмісту протеїну, залишкового і загального азоту, сечовини, а також активність ензимів трансамінування у сироватці крові бугайців залежно від часу щодо початку годівлі і наявності у раціоні різних форм клітковини місного корму. Також було взято до уваги такий важливий показник азотобілкового обміну у жуйних тварин, як рівень ізовалеріанової кислоти у рубцевій рідині.

За результатами досліджень можна стверджувати, що активність ензимів трансамінування (АСТ і АЛТ) у сироватці крові дослідних бугайців під дією згодовування різних форм клітковини місного корму після ранкової годівлі підвищується на 5,1–7,5 % порівняно з контролем. Це підвищення залежить від часу щодо початку годівлі. Доведено, що активність ензимів трансамінування у сироватці крові бугайців при згодовуванні їм клітковини місного корму регулюється субстратно.

Вміст протеїну у сироватці крові бугайців після ранкової годівлі під дією клітковини місного корму з різною величиною частинок також зростає на 6,4–8,5 % порівняно з контролем. Вміст сечовини і залишкового азоту у сироватці крові бугайців на третій годині після початку годівлі збільшується на 4,2–6,1 %, а протеїну і загального азоту – на 6,3–8,9 % порівняно з контролем.

Показано також, що рівень азотових сполук і активність ензимів переамінування у сироватці крові дослідних бугайців позитивно корелюють з приростами їх маси тіла.

Ключові слова: сироватка крові, протеїн, клітковини місний корм, бугайці, ензими трансамінування.

Introduction. Young grass contains insufficient fiber (only 15 – 18%, while 22 – 24% are needed) [1, 3, 14-16]. At the same time, it contains mainly easily digestible fiber [2–4], which is very quickly fermented in the rumen [5, 11, 18]. The consequence of this process is incomplete use of nutrients available in young grass [17], primarily nitrogen-containing compounds [9, 12], by ruminal microorganisms, which leads to lower levels of protein absorption in the body. It means, that diet of ruminants lacks structural fiber during spring-summer transition period. In particular, fiber associated with hemicelluloses and lignin.

In order to replenish the structural fiber in the diet of ruminants that consume young grass, they are fed natural or processed rough feed (hay or straw) [6-8]. Fiber-containing feed performs various functions in the gastrointestinal tract of ruminants: it acts as nutrient, adsorbent and surface for ruminal microorganisms [27, 10, 11].

Winter wheat straw contains mainly fiber, hemicellulose and polyuronides [13–16]. Therefore, its nutritional value is low [4, 5]. The data obtained by us indicate that its presence in the rumen of ruminants, it significantly affects the intensity of metabolic processes [13, 14]. The size of its particles determines the speed of passage of the rumenal content into the posterior parts of the gastrointestinal tract.

Structural fiber, hemicellulose has a very low nutritional and energy value [18, 20]. At the same time, it is able to adsorb and transport on its surface significant amounts of nutrients available later in the gastrointestinal tract of ruminants [19–24]. The surface of structural fiber is inhabited by a large number of microorganisms (bacteria and protozoa) [25, 26]. They have cellulose-, amylolytic, proteolytic and lipolytic activity [10, 29]. As a result, ruminants significantly increase their supply of carbohydrates, lipids, biologically active substances (primarily water-soluble B vitamins) and nitrogen-containing compounds from the gastrointestinal tract into the blood and lymph [28, 31].

It is currently unknown which of the above functions of fiber-containing feed is more important for the body of a ruminant animal. In addition, the effect of various forms (in particular, particle sizes) of structural fiber-containing feed on various parts of metabolic processes in the body of ruminants remains unknown.

Based on this, the aim was to establish the dynamic patterns of changes in the content of ammonia, amine and protein nitrogen in the liquid fraction of the rumen, the content of basic nitrogen compounds and the activity of reamination enzymes in serum of fattening bulls.

Materials and methods. On farm "Litynske" in Drohobych district of Lviv region were formed three groups of Simmental breed fattening bulls (5 animals each) using methodological approaches used in international practice in accordance with the requirements of ISO 17025, as well as in accordance with generally accepted methods of groups of analogues by age and live weight. Three animals from each group had rumenal fistulas. All animals were clinically healthy.

Under the conditions of tethered keeping, animals of the control group during May-July (90 days) received the basic ration (OR), which included young green mass of cereal and legume pasture (35.0 kg) and compound feed (2.5 kg).

Animals of the experimental groups in addition to the main diet were fed 1 kg of winter wheat straw, crushed into particles of different sizes. Animals of the I experimental group were fed straw chaff with a particle size of 0.2 – 2.0 cm, and animals of the II experimental group – 3.0 – 5.0 cm. At the end of the experiment in fattening bulls from the jugular vein blood samples were taken before morning feeding and at 3 hours after its beginning. In bulls with rumenal fistulas, samples of its contents were taken before morning feeding, as well as at the 2nd, 4th, 7th and 10th hours after. In the liquid rumenal content it was determined the level of ammonia, amine and protein nitrogen according to Kjeldahl.

In the blood serum were determined levels of urea, residual and total nitrogen, protein and activity of reamination enzymes – aspartate aminotransferase (AST 2.6.1.1) and alanine amino transferase (ALT 2.7.1.2). Serum urea was determined by the Conway method; protein, residual and total nitrogen – according to Kjeldahl. The activity of AST and ALT in blood serum was determined by the methods described by V. V. Vlizlo et al. [9].

Biometric analysis of the results was performed by the method of variation statistics according to N. A. Plokhinsky, taking into account the Student's criterion. Standard computer mathematical and statistical programs, in particular Microsoft EXCEL, were used to estimate the probability of the obtained results – arithmetic mean values (M), arithmetic mean error ($\pm m$) and probability of differences between the studied arithmetic mean values (P).

Results and discussion. It was found that in the liquid content of the rumen of bulls of experimental groups, which were fed young green mass of cereals, legumes, and fiber-containing feed with different particle sizes, the lowest content of ammonia nitrogen and amine nitrogen were before feeding and 10 hours after begin of feeding – by 24.5 and 34.2%,

respectively, in groups I and II compared with the control). The content of ammonia nitrogen and amine nitrogen in the liquid content of the rumen of bulls of the experimental groups increased on 2 – 4 hours after the start of feeding. Moreover, it was maximum at 2 hours after the start of feeding, but 23.1 and 27.8% lower than in the control, what is showed in the Table 1.

The presence of amine nitrogen in the ruminal fluid indicates the presence of free amino acids. The large number of free amino acids in the ruminal fluid may be due to the low efficiency of their inclusion in proteins [18].

Feeding the bulls of the experimental groups of straw chaff with particles of different sizes, compared with the bulls of the control group, resulted in a 29.35% reduction in the content of ammonia nitrogen and amine nitrogen in the liquid content of the rumen. It was also found that, compared with the control, the content of ammonia nitrogen and amine nitrogen in the liquid fraction of the rumen of fattening bulls of the II experimental group, which in addition to the main diet were fed straw chaff with a particle size of 3.0-5.0 cm is minimal – by 34.7% lower. This is due to the fuller use of ammonia nitrogen and amine nitrogen to synthesize the main components of their cells by microorganisms inhabiting rumen [11].

The reliability of the above mentioned is also confirmed by the data on the content of protein nitrogen in the ruminal fluid of the experimental bulls. In particular, the lowest its level was in bulls of the I and II experimental groups, which were fed green mass of cereal and legume pastures plus fiber-containing feed. It was observed before feeding and at 10 hours after the start of feeding (6.4 and 8.7% less compared to control). The amount of protein nitrogen in the fluid of the rumen of bulls of the II experimental group decreased by 2-7 hours after the start of feeding by 7.9 and 9.1%, respectively, compared with the control.

Feeding bulls of I and II experimental groups of straw chips with a particle size of 0.2-2.0 and 3.0-5.0 cm, respectively, compared with bulls of the control group, led to an increase in the amount of protein nitrogen in their ruminal fluid by 7-10th hour after the start of feeding (8.1 and 9.5% more than control). It should be noted that in the ruminal fluid of bulls of I and II experimental groups, compared with bulls of the control group, the amount of protein nitrogen decreased by 2-4th and 4th hour after the start of morning feeding by 6.9 and 7.5%, respectively.

1. Dynamics of the content of ammonia, amine, and protein nitrogen in the liquid content of the rumen of experimental bulls, g/l (n=3)

Time relative to begin of feeding	Groups of animals			
	control	I experimental		II experimental
	M±m	M±m	P	P
Ammonia nitrogen				
Before feeding	65,1±4,06	49,7±3,10	<0,05	41,2±2,57 <0,01
2 hours after the start of feeding	176,4±10,99	131,3±8,18	<0,05	127,3±7,93 <0,01
4 hours after the start of feeding	141,1±8,79	102,0±6,36	<0,05	93,2±5,81 <0,01
7 hours after the start of feeding	112,5±7,01	61,0±3,80	<0,001	54,2±3,38 <0,001
10 hours after the start of feeding	76,9±4,80	41,5±2,60	<0,001	42,7±2,70 <0,001
Amino nitrogen				
Before feeding	16,2±1,01	9,8±0,61	<0,001	7,7±0,48 <0,001
2 hours after the start of feeding	37,1±2,31	27,5±1,71	<0,05	27,3±1,70 <0,05
4 hours after the start of feeding	33,8±2,11	20,8±1,30	<0,001	20,2±1,26 <0,001
7 hours after the start of feeding	19,8±1,23	12,9±0,80	<0,05	12,6±0,79 <0,05
10 hours after the start of feeding	16,1±1,00	9,5±0,59	<0,001	8,3±0,52 <0,001
Protein nitrogen				
Before feeding	0,55±0,03	0,47±0,03	<0,05	0,49±0,03 <0,05
2 hours after the start of feeding	1,21±0,02	1,09±0,03	<0,05	1,21±0,04 <0,05
4 hours after the start of feeding	1,20±0,02	1,08±0,04	<0,05	1,06±0,03 <0,05
7 hours after the start of feeding	1,61±0,02	1,51±0,02	<0,01	1,43±0,04 <0,01
10 hours after the start of feeding	0,57±0,04	1,18±0,08	<0,01	1,15±0,08 <0,01

Such differences in the content of protein nitrogen in the cicatricial fluid of bulls depending on the time relative to the beginning of feeding are associated not only with the direction of metabolic processes in the rumen, but also with the intensity of absorption and evacuation to the posterior gastrointestinal tract of ruminants.

The results of the analysis of Table 2 show that the content of urea and residual nitrogen in the serum of fattening bulls of experimental groups, fed different forms of fiber-containing feed, compared with bulls of the control group who received the basic diet, before morning feeding has only a tendency to decrease.

2. The content of nitrogen-containing compounds and the activity of reamination enzymes in the serum of experimental bulls, $M \pm m$, $n=5$

Indicators	Groups of animals		
	control	I experimental	II experimental
Before feeding			
Protein, g/l	$70,91 \pm 1,71$	$85,62 \pm 1,75^{**}$	$89,15 \pm 1,9^{***}$
AST, units/l	$61,08 \pm 1,41$	$57,43 \pm 0,52^{**}$	$58,23 \pm 0,86^{**}$
ALT, units/l	$47,97 \pm 1,87$	$38,69 \pm 1,77^{**}$	$38,81 \pm 0,92^{**}$
Urea, $\mu\text{mol/l}$	$3,66 \pm 0,25$	$2,83 \pm 0,27^*$	$2,66 \pm 0,19^{**}$
Residual nitrogen, g^{-3}/l	$0,28 \pm 0,02$	$0,23 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,01$
Total nitrogen, g^{-3}/l	$26,69 \pm 0,39$	$27,45 \pm 0,25$	$27,11 \pm 0,17$
3 hours after the start of feeding			
Protein, g/l	$71,82 \pm 1,71$	$78,3 \pm 1,07^{**}$	$79,6 \pm 1,38^{**}$
AST, units/l	$67,25 \pm 2,21$	$79,73 \pm 1,98^{***}$	$78,81 \pm 2,23^{***}$
ALT, units/l	$49,36 \pm 1,35$	$54,91 \pm 0,81^*$	$56,32 \pm 1,54^{**}$
Urea, $\mu\text{mol/l}$	$5,33 \pm 0,15$	$5,16 \pm 0,18$	$4,99 \pm 0,11^*$
Residual nitrogen, g^{-3}/l	$0,38 \pm 0,02$	$0,46 \pm 0,01^{**}$	$0,45 \pm 0,01^{**}$
Total nitrogen, g^{-3}/l	$25,61 \pm 0,16$	$28,25 \pm 0,18^*$	$29,43 \pm 0,12^{**}$

Note: changes are probable, $p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; $p < 0,001^{***}$

At the same time, the level of protein in their blood increases. In this case, the content of total nitrogen before feeding has only a tendency to increase. This is due to both the level of their entry into the blood from the gastrointestinal tract and the transformations in the liver. After all, the results of studies indicate that the activity of reamination enzymes (AST and ALT) in the serum of bulls of experimental groups, compared with

bulls of the control group, after morning feeding increases by 5.1 – 7.5%. It is obvious that the change in the activity of reamination enzymes (AST and ALT) in the serum is associated with the level of nitrogen-containing compounds incoming from the gastrointestinal tract into the blood [12]. The above data is confirmed by the indicators obtained 3 hours after the start of morning feeding. At this time, it is observed the maximum changes in the level of nutrients incoming from the gastrointestinal tract into the blood, as indicated by other authors [4].

Metabolic processes in the body of experimental bulls affect their productivity, as evidenced by changes in the activity of enzymes of reamination and fluctuations in urea, residual nitrogen, protein and total nitrogen in the serum. Thus, the absolute weight gain of bulls of the control group during the experiment was 64.4 ± 1.08 kg, and bulls of I and II experimental groups – 76.9 ± 1.69 ($p < 0.001$) and 72.7 ± 1.60 kg ($p < 0.01$), which is 19.4 and 12.9% more compared to the control group.

Higher weight gain of bulls of experimental group I compared with bulls of experimental group II is associated with the time during which the fiber-containing food was in the rumen and, consequently, with the level of nutrients incoming from the gastrointestinal tract into the blood and tissues. Smaller particles of fiber-containing feed pass faster from the rumen to the lower parts of the gastrointestinal tract of ruminants compared to larger particles [5]. This significantly affects the level of digested nutrients of the feed and assimilated from the gastrointestinal tract into the blood and tissues as well as content of individual components and the activity of reamination enzymes.

Conclusions. It was found that different forms of fiber-containing feed, depending on the time relative to the beginning of feeding, affect the metabolic processes in the rumen and the level of nitrogen-containing compounds incoming from the gastrointestinal tract into the blood of experimental bulls. Thus, fiber-containing feed has an effect on the substrate regulation of enzyme activity in ruminants.

The activity of reamination enzymes (AST and ALT) in the serum of bulls during the feeding of fiber-containing feed at 3 hours after the start of morning feeding increases by 5.1 – 7.5% compared with the control.

The protein content in the serum of experimental bulls, after morning feeding under the action of fiber-containing food with different particle sizes also increases by 6.4 – 8.5% compared to the control.

The content of urea and residual nitrogen in the serum of bulls before morning feeding under the action of fiber-containing food with different particle sizes is reduced by 6.1 – 7.8% compared with the control. The

content of protein, residual and total nitrogen in the serum of bulls on the third hour after the start of feeding increases by 4.2 – 6.1%, and level of urea – decreases by 6.3 – 8.9% compared with the control.

Список використаної літератури

1. Алиев А. А. Достижения физиологии пищеварения сельскохозяйственных животных в XX веке. *Сельскохозяйственная биология*. 2007. № 2. С. 12–13.
2. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / В. В. Влізла та ін. ; за ред. В. В. Влізла. Львів. 2012. 759 с.
3. Спосіб підвищення продуктивності відгодівельної худоби та покращення якості яловичини : пат. 31351 Україна. № 201104241 ; Рівіс Й. Ф., Шелевач А. В. Власник: ІСГКР НААН України. Заявл. 09.04.2010 ; опубл. 25.02.2011, Бюл. № 8 (кн. 2). 114 с.
4. Шелевач А. В. Динаміка концентрації летких жирних кислот у рубці бугайців за згодовування різних форм клітковини корму. *Біологія тварин*. 2011. Вип. 58. С. 31–39.
5. Шелевач А. В. Обмінні процеси в організмі бугайців та їх корекція різними формами клітковини корму. *Вісник біологічного факультету ЛНУ імені І. Франка*. 2011. Вип. 47. С. 15–24.
6. Bhat S. K., Wallace R. J., Orskov E. R. Study of the relation between straw quality and its colonization by rumen microorganisms. *J. of Agric. Sci.* 2014. Vol. 110. P. 561–565.
7. Brown W. F., Kunkle W. E. Improving the Feeding Value of Hay and Straw by Anhydrous Ammonia Treatment. *J. of Anim. Sci.* 2013. Vol. 12. P. 17–25.
8. Chalupa W. Degradation of amino acids by the mixed rumen microbial population. *J. Anim. Sci.* 2017. Vol. 43. P. 828–834.
9. Chaplin R. Experiments in straw handling. *J. Agric. Sci.* 2017. Vol. 178. P. 11–30.
10. Demeyer D., Van Nevel C. Influence of substrate and microbial interaction on

References

1. Aliev A. A. Achievements in the physiology of digestion of agricultural animals in the twentieth century. *Sel'skhozajstvennaja biologija*. 2007. No 2. P. 12–13.
2. Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine : textbook / V. V. Vlizlo et al. ; za red. V. V. Vlizla. Lviv, 2012. 759 p.
3. A method of increasing the productivity of fattening cattle and improving the quality of beef : pat. 31351 Ukraine. № 201104241 ; Rivis Y. F., Shelevach A. V. Vlasnyk: ISHKR NAAN Ukrainy. Zaiavl. 09.04.2010 ; opubl. 25.02.2011, Biul. No 8 (kn. 2). 114 p.
4. Shelevach A. V. Dynamics of the concentration of volatile fatty acids in the rumen of bulls for feeding different forms of fiber-containing feed. *Biologhiia tvaryn*. 2011. Issue 58. P. 31–39.
5. Shelevach A. V. Metabolic processes in the body of bulls and their correction by various forms of fiber-containing feed. *Visnyk biolohichnoho fakultetu LNU imeni I. Franka*. 2011. Issue 47. P. 15–24.
6. Bhat S. K., Wallace R. J., Orskov E. R. Study of the relation between straw quality and its colonization by rumen microorganisms. *J. of Agric. Sci.* 2014. Vol. 110. P. 561–565.
7. Brown W. F., Kunkle W. E. Improving the Feeding Value of Hay and Straw by Anhydrous Ammonia Treatment. *J. of Anim. Sci.* 2013. Vol. 12. P. 17–25.
8. Chalupa W. Degradation of amino acids by the mixed rumen microbial population. *J. Anim. Sci.* 2017. Vol. 43. P. 828–834.
9. Chaplin R. Experiments in straw handling. *J. Agric. Sci.* 2017. Vol. 178. P. 11–30.
10. Demeyer D., Van Nevel C. Influence of substrate and microbial interaction on

rumen microbial growth. *Reprod. Nutr. Dev.* 2009. Vol. 26. P. 161–179.

11. Doig B. Beef Cow Rations and Winter Feeding Guidelines. *J. Agric. Sci.* 2019. Vol. 15. P. 102–109.

12. Febel H., Fekete S. Factors influencing microbial growth and the efficiency of microbial protein synthesis. *Acta Vet. Hung.* 2017. Vol. 44 (1). P. 39–56.

13. Firkins J. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. *J. Nutr.* 2019. Vol. 126 (4). P. 1347–1354.

14. Fondevila M., Dehority B. Interactions between *Fibrobacter succinogenes*, *Prevotella ruminicola*, and *Ruminococcus flavefaciens* in the digestion of cellulose from forages. *J. Anim. Sci.* 2007. Vol. 74 (3). P. 678–684.

15. Givens D. Nutritional characterisation of forages. *Grass Farmer*. 2007. Vol. 55. P. 10.

16. Huntington G., Zetina E., Whitt J. Effects of dietary concentrate level on nutrient absorption, liver metabolism, and urea kinetics of beef steers fed isonitrogenous and isoenergetic diets. *J. Anim. Sci.* 2010. Vol. 74 (4). P. 908–916.

17. Junqin Chen, Paul Weimer J. Competition among three predominant ruminal cellulolytic bacteria in the absence or presence of non-cellulolytic bacteria. *Microbiology*. 2011. Vol. 147. P. 21–30.

18. Kijora C., Simon O., Jacobi U. Nitrogen metabolism in the large intestine of ruminants. 3. Microbial utilization of intracecally administered 14C- and 15N-marked urea. *Arch. Tierernähr.* 2016. Vol. 36 (9). P. 839–850.

19. Lough A., Smith A. Influence of the products of phospholipolysis of phosphatidylcholine on micellar solubilization of fatty acids in the presence of bile salts in ruminal animals. *Brit. J. of Nutr.* 2016. Vol. 35. P. 89–96.

20. Luchini N., Broderick G., Combs D. In vitro determination of ruminal protein degradation using freeze-stored ruminal microorganisms. *J. Anim. Sci.* 2014. Vol. 74 (10). P. 2488–2499.

21. Ludden P. A., Wechter T. L., Hess B.

rumen microbial growth. *Reprod. Nutr. Dev.* 2009. Vol. 26. P. 161–179.

11. Doig B. Beef Cow Rations and Winter Feeding Guidelines. *J. Agric. Sci.* 2019. Vol. 15. P. 102–109.

12. Febel H., Fekete S. Factors influencing microbial growth and the efficiency of microbial protein synthesis. *Acta Vet. Hung.* 2017. Vol. 44 (1). P. 39–56.

13. Firkins J. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. *J. Nutr.* 2019. Vol. 126 (4). P. 1347–1354.

14. Fondevila M., Dehority B. Interactions between *Fibrobacter succinogenes*, *Prevotella ruminicola*, and *Ruminococcus flavefaciens* in the digestion of cellulose from forages. *J. Anim. Sci.* 2007. Vol. 74 (3). P. 678–684.

15. Givens D. Nutritional characterisation of forages. *Grass Farmer*. 2007. Vol. 55. P. 10.

16. Huntington G., Zetina E., Whitt J. Effects of dietary concentrate level on nutrient absorption, liver metabolism, and urea kinetics of beef steers fed isonitrogenous and isoenergetic diets. *J. Anim. Sci.* 2010. Vol. 74 (4). P. 908–916.

17. Junqin Chen, Paul Weimer J. Competition among three predominant ruminal cellulolytic bacteria in the absence or presence of non-cellulolytic bacteria. *Microbiology*. 2011. Vol. 147. P. 21–30.

18. Kijora C., Simon O., Jacobi U. Nitrogen metabolism in the large intestine of ruminants. 3. Microbial utilization of intracecally administered 14C- and 15N-marked urea. *Arch. Tierernähr.* 2016. Vol. 36 (9). P. 839–850.

19. Lough A., Smith A. Influence of the products of phospholipolysis of phosphatidylcholine on micellar solubilization of fatty acids in the presence of bile salts in ruminal animals. *Brit. J. of Nutr.* 2016. Vol. 35. P. 89–96.

20. Luchini N., Broderick G., Combs D. In vitro determination of ruminal protein degradation using freeze-stored ruminal microorganisms. *J. Anim. Sci.* 2014. Vol. 74 (10). P. 2488–2499.

21. Ludden P. A., Wechter T. L., Hess B.

- W. Effects of oscillating dietary protein on nutrient digestibility, nitrogen metabolism, and gastrointestinal organ mass in sheep. *J. Anim. Sci.* 2019. Vol. 80. P. 3021–3026.
22. Michalet-Doreau B., Fernandez I., Fonty G. A. comparison of enzymatic and molecular approaches to characterize the cellulolytic microbial ecosystems of the rumen and the cecum. *J. Anim. Sci.* 2012. Vol. 80. P. 790–796.
23. Miron J., Ben-Ghedalia D., Morrison M. Adhesion Mechanisms of Rumen Cellulolytic Bacteria in Bulls. *J. Dairy Sci.* 2010. Vol. 84. P. 1294–1309.
24. Mosoni P., Fonty G., Gouet P. Competition Between Ruminant Cellulolytic Bacteria for Adhesion to Cellulose. *Current Microbiology.* 1997. Vol. 35, № 1. P. 44–47.
25. Nelson K., Nelson B. Why Feed Straw? *Dairy Nutrition and Management.* 2003. Vol. 3. P. 14–19.
26. Pitt R., Van Kessel J., Fox D. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. *J. Anim. Sci.* 2015. Vol. 74 (1). P. 226–244.
27. Supplementation of Ammoniated Wheat Straw in Wintering Diets of Gestating Beef Cows / Cunningham F. et al. *Kansas State University Journal.* 2004. Vol. 17. P. 112–120.
28. Ulbrich M., Hoffmann M., Baumeier A. Urea utilization in growing lambs. 4. N balances with unprocessed rations. *Arch. Tierernähr.* 2019. Vol. 36 (8). P. 697–707.
29. Volpe J., Vagelos P. Mechanisms and regulation of biosynthesis of saturated fatty acids. *Physiol. Rev.* 2018. Vol. 56. P. 339–417.
30. Walt J., Briel B. Volatile fatty acid metabolism in sheep. 1. Average daily volatile fatty acid production in the rumen of sheep fed lucerne hay. *J. Vet. Res.* 2017. Vol. 43 (1). P. 11–21.
31. Wells J., Russell J. Why do many ruminal bacteria die and lyse so quickly. *J. Dairy Sci.* 2007. Vol. 79 (8). P. 1487–1495.
- W. Effects of oscillating dietary protein on nutrient digestibility, nitrogen metabolism, and gastrointestinal organ mass in sheep. *J. Anim. Sci.* 2019. Vol. 80. P. 3021–3026.
22. Michalet-Doreau B., Fernandez I., Fonty G. A. comparison of enzymatic and molecular approaches to characterize the cellulolytic microbial ecosystems of the rumen and the cecum. *J. Anim. Sci.* 2012. Vol. 80. P. 790–796.
23. Miron J., Ben-Ghedalia D., Morrison M. Adhesion Mechanisms of Rumen Cellulolytic Bacteria in Bulls. *J. Dairy Sci.* 2010. Vol. 84. P. 1294–1309.
24. Mosoni P., Fonty G., Gouet P. Competition Between Ruminant Cellulolytic Bacteria for Adhesion to Cellulose. *Current Microbiology.* 1997. Vol. 35, No 1. P. 44–47.
25. Nelson K., Nelson B. Why Feed Straw? *Dairy Nutrition and Management.* 2003. Vol. 3. P. 14–19.
26. Pitt R., Van Kessel J., Fox D. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. *J. Anim. Sci.* 2015. Vol. 74 (1). P. 226–244.
27. Supplementation of Ammoniated Wheat Straw in Wintering Diets of Gestating Beef Cows / Cunningham F. et al. *Kansas State University Journal.* 2004. Vol. 17. P. 112–120.
28. Ulbrich M., Hoffmann M., Baumeier A. Urea utilization in growing lambs. 4. N balances with unprocessed rations. *Arch. Tierernähr.* 2019. Vol. 36 (8). P. 697–707.
29. Volpe J., Vagelos P. Mechanisms and regulation of biosynthesis of saturated fatty acids. *Physiol. Rev.* 2018. Vol. 56. P. 339–417.
30. Walt J., Briel B. Volatile fatty acid metabolism in sheep. 1. Average daily volatile fatty acid production in the rumen of sheep fed lucerne hay. *J. Vet. Res.* 2017. Vol. 43 (1). P. 11–21.
31. Wells J., Russell J. Why do many ruminal bacteria die and lyse so quickly. *J. Dairy Sci.* 2007. Vol. 79 (8). P. 1487–1495.

Received 23.07.2021

DOI: 10.32636/01308521.2021-(70)-2-13

УДК 631.223.2:628.8

О. О. БОРЩ^{1,2}, кандидат сільськогосподарських наук

С. Ю. РУБАН², доктор сільськогосподарських наук

О. В. БОРЩ¹, кандидат сільськогосподарських наук

¹Білоцерківський національний аграрний університет

площа Соборна, 8/1, м. Біла Церква Київської обл., 09117,

e-mail: borshcha@outlook.com

²Національний університет біоресурсів і природокористування України

вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, e-mail: rubansy@gmail.com

ВПЛИВ УТЕПЛЕННЯ КОРІВНИКІВ НА ПОКАЗНИКИ МІКРОКЛІМАТУ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД

Метою цієї роботи було вивчити вплив елементів утеплення легкозбірних корівників на показники руху повітря, його температури та значення вітро-холодового індексу упродовж зимового періоду. Одним із основних факторів підвищення показників комфортності умов утримання корів у приміщеннях різних типів є створення таких показників мікроклімату, які якнайкраще б відповідали біологічним потребам молочних корів, залежно від пори року і продуктивності. Важливе значення й вплив на організм тварин і людей має швидкість руху повітря у тваринницькому приміщенні. За низької температури в зимовий період значна швидкість руху повітря викликає переохолодження тварин. Висока швидкість руху повітря у приміщеннях може вказувати на прогріхи у виборі місця розташування ферми. Дослідження проводили в Центральному Лісостепу України (Білоцерківський район, Київська область) у трьох господарствах з безприв'язним утриманням корів: I варіант – утримання у легкозбірному приміщенні без елементів утеплення; II варіант – у легкозбірному приміщенні на глибокій солом'яній підстилці; III варіант – у легкозбірному приміщенні з елементами утепленням штор (полікарбонатним склом) у період з 1.12.2020 до 28.02.2021 років. Територія Центральної України перебуває в помірному кліматичному поясі. Клімат помірно-континентальний з чотирма чітко вираженими порами року. Середня річна температура повітря за останні 30 років становила +8,9 °C. Результатами досліджень встановлено, що використання елементів утеплення бокових штор здатне продовжити на 13 дб допустимі норми швидкості руху повітря у приміщеннях та більш ефективно захистити тварин від впливу навколишнього середовища протягом різних періодів швидкості вітру, а також знизити швидкість руху повітря у приміщеннях на 11,68–21,74 % порівняно з легкозбірним боксовим приміщенням та на глибокій підстилці без елементів утеплення. До того ж у період найнижчих температур (-9,1 °C) навколишнього середовища середня добова температура у приміщенні без елементів утеплення опускалася до позначки -4,5 °C, що на 1,2 та 2,4 °C нижче, ніж у

© Борщ О. О., Рубан С. Ю., Борщ О. В., 2021

приміщеннях на глибокій підстилці та з елементами утеплення відповідно. За всіх категорій швидкості руху вітру навколишнього середовища найвищі значення вітро-холодового індексу спостерігали у легкозбірному приміщенні з елементами утеплення.

Ключові слова: молочні корови, холодна погода, швидкість вітру, температура повітря, легкозбірні приміщення.

Oleksandr O. Borshch^{1,2}, Serhii Ruban², Oleksandr V. Borshch¹

¹Bila Tserkva National Agrarian University

²National University of Life and Environmental Science of Ukraine

Influence of cowsheds insulation on indicators of microclimate in the winter period

The aim of our research was to study the influence of warming elements of easily assembled cowsheds on environmental wind speed, air movement, temperature and wind-chill temperature index in prefabricated rooms of different configurations and insulation systems in winter. One of the main factors in improving the comfort of cows in different types of premises is the creation of such microclimate indicators that would best meet the biological needs of dairy cows, depending on the season and productivity. The speed of air movement in the livestock room is also important and affects the body of animals and humans. At low temperatures in winter, a significant speed of air movement causes hypothermia of animals. High indoor wind speeds can indicate miscalculations when choosing a farm location. The research was conducted in the central Forest-Steppe of Ukraine (Bila Tserkva district, Kyiv region) in three farms with loose housing of cows: option I – keeping in a prefabricated room without insulation elements; option II – in an easy-to-assemble room on a deep straw litter; option III – in easy-to-assemble room with elements of curtain insulation (polycarbonate glass) in the period from 1.12.2020 to 28.02.2021. The territory of central Ukraine is in the temperate zone. The climate is temperate continental with four distinct seasons. The average annual air temperature (for the last 30 years) is +8.9 °C. The results of research show that the use of insulation elements for side curtains can extend for 13 days the permissible norms of wind speed indoors and more effectively protect from the environment during different periods of wind speed. It can also reduce wind speed indoors by 11.68–21.74 % compared to the prefabricated boxing room and deep litter without warming elements. In addition, during the period of the lowest temperatures of the environment (-9.1 °C), the average daily temperature in the room without insulation elements dropped to -4.5 °C, which is 1.2 and 2.4 °C lower than in rooms with deep bedding and with insulation elements, respectively. For all categories of environmental wind speed, the highest values of the wind-chill temperature index were observed in an easy-to-assemble room with insulation elements.

Key words: dairy cows, cold weather, wind speed, air temperature, prefabricated premises.

Вступ. В останні десятиліття продовжується тенденція до глобального потепління, яке вже суттєво відчувається на регіональних та місцевих рівнях [14, 20, 31]. Головні прямі наслідки кліматичних змін, що мають негативний вплив на фізіологію тварин, добробут, здоров'я та їхнє розмноження, є підвищення температури повітря [2, 7, 10]. Кількість днів з тепловим стресом, викликаним підвищенням показника температурно-вологісного індексу (ТВІ), зросла на 4,1 % у період з 1973 до 2008 років у країнах Центральної Європи [5, 13, 28]. Дані за останні роки свідчать, що в цьому регіоні налічують вже більше 90 спекотних днів у році [3, 6, 23]. Це вплинуло на додану вартість виробництва молока на етапах від кормовиробництва до відтворення.

Разом з підвищенням середньорічної температури змінюються показники відносної вологості повітря, кількості атмосферних опадів, а також напрям і сила вітру [8, 9, 18]. Сезонні зрушення та зміни частоти й інтенсивності погодних показників впливають на більшість економічних явищ галузі сільського господарства [11, 16, 24]. Особливості природних процесів зумовлюють досить часте повторення несприятливих для сільського господарства явищ погоди, таких як зливи, град, сильні вітри, пилові бурі, суховії, засухи, заморозки, ожеледиці тощо [25, 26, 29]. За даними Food and Agriculture Organization (FAO), приблизно 26 % усіх збитків та втрат, пов'язаних із кліматом та погодними катастрофами, припадають на такі сектори сільського господарства, як рослинництво, тваринництво, рибальство, аквакультура та лісове господарство [19].

Параметри мікроклімату тваринницьких приміщень, такі як температура повітря, відносна вологість та швидкість руху повітря є складовими комфортності умов утримання та мають відповідати біологічним особливостям молочних корів й обґрунтованим для них, залежно від способів утримання, сезонів року і рівня продуктивності, чинним нормам [5, 10, 24].

Серед погодних факторів, що впливають на функціонування молочної худоби, найбільший вплив має температура навколишнього середовища. Відповідно до даних американських та європейських науковців термонеутральною для організму молочної худоби є температура в діапазоні від -5 до 25 °C [11, 18, 22, 30]. Тривале перебування тварин поза межами цього температурного діапазону викликає стрес (холодовий або тепловий), що супроводжується метаболічними, поведінковими та продуктивними змінами.

Спроможність тварин адаптуватися до теплових і холодових подразників залежить від вологості повітря і швидкості його руху в приміщенні [12, 27]. У рекомендаціях щодо комфорту молочних корів вказано, що швидкість руху повітря у корівниках протягом року не повинна перевищувати 0,7 м/с [21].

Метою цієї роботи було вивчити вплив елементів утеплення легкозбірних корівників на показники руху повітря, його температури та значення вітро-холодового індексу упродовж зимового періоду.

Матеріали і методи. Для проведення досліджень було вибрано три господарства у Білоцерківському районі Київської області з безприв'язним утриманням корів та різними планувальними рішеннями: I варіант – утримання у легкозбірному приміщенні без елементів утеплення (49°48'45" пн. ш. 30°18'56" сх. д.); II варіант – у легкозбірному приміщенні на глибокій солом'яній підстилці (49°34'56" пн. ш. 30°38'10" сх. д.); III варіант – у легкозбірному приміщенні з елементами утепленням штор (полікарбонатним склом) (49°51'27" пн. ш. 30°06'36" сх. д.). Дослідження проводили у період з 1.12.2020 до 28.02.2021 років. Одна секція полікарбонатного скла Carboglass (Україна) має параметри: 5x1,85x0,01 м. Секції полікарбонату монтуються до внутрішніх сторін вертикальних металевих конструкцій на період низьких температур (листопад – березень) у площині бокових штор. Прозорість полікарбонатного скла становить 86 %. Матеріал має високі теплоізоляційні, звукоізоляційні (17 дБ) та ударостійкі (900 кДж/м²) властивості. Показники швидкості руху повітря та його напрямок, а також температури навколишнього середовища визначали за даними Українського гідрометеорологічного центру. Швидкість руху вітру навколишнього середовища розділили на 7 категорій (1-ша – 4,9 і < м/с; 2-га – 5–9,9 м/с; 3-тя – 10–14,9 м/с; 4-та – 15–19,9 м/с; 5-та – 20–24,9 м/с; 6-та – 25–29,9 м/с; 7-ма – 30 і > м/с).

У досліджуваних господарствах утримують корів української чорно- та червоно-рябої молочних порід. Середньорічне поголів'я дійних корів у кожному із господарств становить 400 голів.

Конструкційні особливості дослідних приміщень наведено в табл. 1.

Швидкість руху повітря у приміщеннях визначали за допомогою датчиків TFA WeatherHub (Китай). Температуру повітря вимірювали датчиками VOLTCRAFT DL-141 (Німеччина) з діапазоном вимірювань для температур від -40 до +70 °С. Датчики

були розміщені в центральній зоні приміщень на висоті 0,5 м над підлогою.

1. Конструкційні особливості приміщень, які характеризують комфорт утримання

Тип приміщення і варіант утримання	Параметри приміщення, ДхШхВ, м	Висота повздовжніх стін, м	Ширина світло-аераційного гребеня, м
Легкозбірні:			
боксове без елементів утеплення	150х34х10,5	0,9	2,1
на глибокій підстилці	100х60х10	0,8	0,7х2 [#]
боксове з елементами утеплення	150х34х10,5	0,9	2,1

Примітка: [#] – у цьому приміщенні 2 світло-аераційні гребені.

Вітро-холодовий індекс визначали за формулою [15] (°C):

$$BXI = 13,12 + 0,6215 \cdot T - 13,17V^{0,16} + 0,3965 \cdot T \cdot V^{0,16},$$

де BXI – вітро-холодовий індекс, °C; T – температура повітря, °C; V – швидкість руху вітру (повітря), км/год. Індекс використовують для оцінки впливу швидкості вітру у поєднанні із низькими температурами впродовж холодного періоду року на комфорт умов утримання у приміщеннях, вигулах чи пасовищах.

Матеріали досліджень обробляли методом варіаційної статистики на основі розрахунку середнього арифметичного (M), середньоквадратичної похибки (m) та достовірності різниці між порівнюваними показниками (P) [1]. Вірогідність отриманих результатів і різницю між показниками розраховували за t -критерієм Стюдента. Для показу вірогідності в таблицях прийнято умовні позначення $P > 0,95$; $P > 0,99$; $P > 0,999$, які у статті відповідно позначені зірочками (*^(†); **^(††); ***^(†††)).

Результати та обговорення. Встановлено, що за всіх досліджуваних варіантів утримання корів у легкозбірних приміщеннях допустиме значення швидкості руху повітря (0,7 м) відзначено за швидкості руху вітру навколишнього середовища 20 м/с (табл. 2). За швидкості вітру до 25 м/с у приміщеннях з утепленням штор швидкість руху повітря відповідає вимогам, а в приміщеннях без елементів утеплення штор ці значення становлять відповідно 0,82 та 0,81 м/с. За боксового утримання з елементами утеплення критична

швидкість руху повітря у приміщенні була за швидкості вітру 25 м/с і становила 0,83 м/с. В цілому використання систем утеплення бокових штор здатне продовжити на 13 діб допустимі норми швидкості руху повітря у приміщеннях та більш ефективно захищає від впливу навколишнього середовища протягом всіх категорій швидкості вітру, а також знижує швидкість руху повітря у приміщеннях на 11,68–21,74 % порівняно з легкозбірними боксовими та на глибокій підстилці.

2. Швидкість руху повітря у приміщеннях за різних варіантів конструкції бокових штор у зимовий період, м/с

Категорії швидкості руху вітру навколишнього середовища, м/с	Середня температура навколишнього середовища, °C	Кількість дат	Швидкість руху повітря у легкозбірних приміщеннях, м/с		
			без елементів утеплення	на глибокій підстилці	з елементами утеплення
30 і >	-2,5±0,07***	3	1,03±0,07	1,01±0,05	0,92±0,05
25–29,9	-3,4±0,07***	10	0,94±0,08	0,93±0,06	0,83±0,06
20–24,9	-4,8±0,08***	12	0,82±0,07	0,81±0,05	0,70±0,04
15–19,9	-9,1±0,12***	14	0,70±0,04‡	0,69±0,04‡	0,61±0,05
10–14,9	2,2±0,09***	20	0,60±0,05‡	0,60±0,03‡‡	0,48±0,04
5–9,9	1,3±0,06***	12	0,50±0,03‡‡	0,51±0,03‡‡	0,39±0,02
4,9 і <	-1,4±0,06	19	0,46±0,04‡	0,44±0,02‡‡‡	0,36±0,02

Примітка: ***P<0,001 порівняно з наступною вищою категорією швидкості руху вітру; ‡P<0,05; ‡‡P<0,01; ‡‡‡P<0,001 порівняно з легкозбірним приміщенням з елементами утеплення.

Значення температури навколишнього середовища має вагомий вплив на продуктивність та здоров'я молочної худоби [16, 30]. В усіх досліджуваних приміщеннях середня температура повітря впродовж зимового періоду не перевищувала термонейтральне значення (табл. 3). У період найнижчих температур (-9,1 °C) навколишнього середовища середня добова температура у боксовому приміщенні без елементів утеплення опускалася до позначки -4,5 °C, що на 1,2 та 2,4 °C нижче, ніж у приміщеннях на глибокій підстилці та з елементами утеплення відповідно.

Результати наших досліджень частково збігаються з даними, отриманими у дослідженнях, проведених на території Польщі, в яких вказано про суттєві зниження температури у приміщеннях

легкозбірного типу протягом тривалих від'ємних температур зимового періоду [4]. Подібні до наших результатів досліджень отримала і група дослідників із Китаю, які вказують на зниження температури повітря у приміщеннях легкозбірного типу (від -0,97 до -8,10 °C) у період, коли температура зовнішнього середовища становила -20 °C і нижче [17].

3. Температура повітря у приміщеннях за різних варіантів конструкції бокових штор у зимовий період, м/с

Категорії швидкості руху вітру навколишнього середовища, м/с	Середня температура навколишнього середовища, °C	Кількість дат	Температура повітря у легкозбірних приміщеннях, °C		
			без елементів утеплення	на глибокій підстилці	з елементами утеплення
30 і >	-2,5±0,07***	3	3,8±0,3	3,4±0,2‡	4,1±0,3
25–29,9	-3,4±0,07***	10	3,1±0,1‡‡	2,6±0,2‡‡‡	3,7±0,2
20–24,9	-4,8±0,08***	12	2,2±0,1‡‡‡	1,7±0,1‡‡‡	3,1±0,2
15–19,9	-9,1±0,12***	14	-4,5±0,3‡‡‡	-3,3±0,4‡	-2,1±0,3
10–14,9	2,2±0,09***	20	6,8±0,5‡	6,7±0,3‡‡	7,8±0,2
5–9,9	1,3±0,06***	12	5,4±0,3	5,0±0,3‡	6,3±0,4
4,9 і <	-1,4±0,06	19	4,1±0,2‡‡	3,4±0,1‡‡‡	4,8±0,2

Примітка: ***P<0,001 порівняно з наступною вищою категорією швидкості руху вітру; ‡P<0,05; ‡‡P<0,01; ‡‡‡P<0,001 порівняно з легкозбірним приміщенням з елементами утеплення.

Для більш повноцінної оцінки впливу швидкості руху повітря на показники комфорту утримання корів у легкозбірних приміщеннях різних типів було застосовано показник вітро-холодового індексу (табл. 4), який допомагає оцінити вплив низької температури повітря у поєднанні зі швидкістю вітру на холодний стрес у тварин. Встановлено, що за всіх категорій швидкості руху вітру навколишнього середовища найвищі значення вітро-холодового індексу спостерігали у легкозбірному приміщенні з елементами утеплення.

4. Вітро-холодовий індекс у приміщеннях за різних варіантів конструкції бокових штор у зимовий період, °C

Категорії швидкості руху вітру навколишнього середовища, м/с	Вітро-холодовий індекс навколишнього середовища, °C	Кількість дат	Вітро-холодовий індекс у легкозбірних приміщеннях, °C		
			боксове без елементів утеплення	на глибокій підстильці	боксове з елементами утеплення
30 і >	-18,14±2,09	3	1,13±0,17	0,81±0,04 [‡]	1,69±0,25
25–29,9	-18,74±3,58	10	0,28±0,06 ^{‡‡}	-0,73±0,13 ^{‡‡‡}	1,48±0,29
20–24,9	-19,69±4,22 ***	12	-0,04±0,01 ^{‡‡‡}	-0,64±0,09 ^{‡‡‡}	1,31±0,20
15–19,9	-24,23±4,16 ***	14	-6,84±0,55 ^{‡‡‡}	-5,57±0,38 ^{‡‡‡}	-4,00±0,32
10–14,9	-7,29±1,67 [*]	20	5,50±0,68 [‡]	5,42±0,35 ^{‡‡}	6,98±0,29
5–9,9	-6,07±1,15 [*]	12	4,45±0,36 [‡]	3,92±0,33 ^{‡‡}	5,81±0,57
4,9 і <	-7,50±1,74	19	3,19±0,51	2,58±0,37 ^{‡‡}	4,38±0,48

Примітка: *P<0,05; ***P<0,001 порівняно з наступною вищою категорією швидкості руху вітру; ‡P<0,05; ‡‡P<0,01; ‡‡‡P<0,001 порівняно з легкозбірним приміщенням з елементами утеплення.

Висновки. Встановлено, що використання систем утеплення бокових штор у приміщенні легкозбірного типу дозволило продовжити на 13 діб допустимі норми швидкості руху повітря для утримання корів та більш ефективно захистити їх від впливу навколишнього середовища за різних категорій швидкості вітру. При цьому швидкість руху повітря у такому приміщенні була на 11,68–21,74 % нижчою порівняно з корівниками без утеплення. У період низьких температур навколишнього середовища середня добова температура у приміщеннях без елементів утеплення (з боксовим утриманням та на глибокій підстильці) була відповідно на 2,4 та 1,2 °C нижчою, ніж у приміщенні з елементами утеплення. До того ж у приміщенні з використанням систем утеплення бокових штор значення вітро-холодового індексу були вищими порівняно з приміщеннями без утеплень за всіх категорій швидкості руху вітру навколишнього середовища.

Список використаної літератури

1. Вацький В. Ф. Алгоритми біометрії. Методичні рекомендації. Полтава, 2005. 19 с.

References

1. Vatskyi V. F. Biometrics algorithms. Guidelines. Poltava, 2005. 19 p.

2. Оцінка племінної цінності бугаїв-плідників молочних порід / В. О. Даншин та ін. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2016. № 2. С. 110–116.
3. Сучасні технології виробництва молока (особливості експлуатації, технологічні рішення, ескізи проекти) / С. Ю. Рубан та ін. Харків : ФОП Бровін, 2017. 172 с.
4. Angrecka S., Herbut P. Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 60 (2). P. 81–87.
5. Assessing effects of wind speed and wind direction on discharge coefficient of sidewall opening in a dairy building model – A numerical study / Q. Yi et al. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 162. P. 235–245.
6. Borshch O. O., Ruban S., Borshch O. V. Review: the influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32 (1). P. 25–34.
7. Changing climate in Hungary and trends in the annual number of heat stress days / N. Solymosi et al. *International Journal of Biometeorology*. 2010. Vol. 54. P. 423–431.
8. Characterization of genes and pathways that respond to heat stress in Holstein calves through transcriptome analysis / K. Srikanth et al. *Cell Stress and Chaperones*. 2017. Vol. 22. P. 29–42.
9. Cold-induced changes in gene expression in brown adipose tissue, white adipose tissue and liver / A. M. Shore et al. *PLoS One*. 2013. Vol. 8 (7). e68933.
10. Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation / O. O. Borshch et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (6). P. 98–102.
11. Dynamics of Microclimate Conditions in Freestall Barns During Winter – a Case Study from Poland / S. Angrecka et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 5. P. 129–136.
2. Estimation value of breeding bulls of dairy breeds / V. O. Danshyn et al. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktii tvarynyystva*. 2016. No 2. P. 110–116.
3. Modern technologies of milk production (features of operation, technological decisions, sketch projects) / S. Yu. Ruban et al. Kharkiv : FOP Brovin, 2017. 172 p.
4. Angrecka S., Herbut P. Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 60 (2). P. 81–87.
5. Assessing effects of wind speed and wind direction on discharge coefficient of sidewall opening in a dairy building model – A numerical study / Q. Yi et al. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 162. P. 235–245.
6. Borshch O. O., Ruban S., Borshch O. V. Review: the influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32 (1). P. 25–34.
7. Changing climate in Hungary and trends in the annual number of heat stress days / N. Solymosi et al. *International Journal of Biometeorology*. 2010. Vol. 54. P. 423–431.
8. Characterization of genes and pathways that respond to heat stress in Holstein calves through transcriptome analysis / K. Srikanth et al. *Cell Stress and Chaperones*. 2017. Vol. 22. P. 29–42.
9. Cold-induced changes in gene expression in brown adipose tissue, white adipose tissue and liver / A. M. Shore et al. *PLoS One*. 2013. Vol. 8 (7). e68933.
10. Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation / O. O. Borshch et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (6). P. 98–102.
11. Dynamics of Microclimate Conditions in Freestall Barns During Winter – a Case Study from Poland / S. Angrecka et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 5. P. 129–136.

12. Effects of ambient temperature and rumen-protected fat supplementation on growth performance, rumen fermentation and blood parameters during cold season in Korean cattle steers / H. J. Kang et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 32 (5). P. 657–664.

13. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems / A. Nardone et al. *Livestock Science*. 2010. Vol. 130. P. 57–69.

14. Effects of cold and heat stress on milk production traits and blood biochemical parameters of Holstein cows / L. R. Hu et al. *Scientia Agricultura Sinica*. 2018. Vol. 51 (19). P. 3791–3799.

15. Effects of shelter and body condition on the behaviour and physiology of dairy cattle in winter / C. B. Tucker et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007. Vol. 105. P. 1–13.

16. European climate change at global mean temperature increases of 1.5 and 2 °C above pre-industrial conditions as simulated by the EURO-CORDEX regional climate models / E. Kjellström et al. *Earth System Dynamics*. 2018. Vol. 9. P. 459–478.

17. Evaluating the Thermal Insulation of Dairy Barns in Cold Regions via Infrared Thermography / Z. Cao et al. *Animal Environment and Welfare – Proceedings of International Symposium*. Chongqing, China, 2017. P. 53–60.

18. Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method / I. Knizkova et al. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 349–353.

19. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): The Impact of Disasters on Agriculture – Assessing the information gap. 2017. URL: <http://www.fao.org/3/a-i7279e.pdf> (last accessed: 21.12.2020).

20. Genetic origin, admixture and population history of aurochs (*Bos primigenius*) and primitive European cattle / M. Upadhyay et al. *Heredity*. 2017. Vol.

12. Effects of ambient temperature and rumen-protected fat supplementation on growth performance, rumen fermentation and blood parameters during cold season in Korean cattle steers / H. J. Kang et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 32 (5). P. 657–664.

13. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems / A. Nardone et al. *Livestock Science*. 2010. Vol. 130. P. 57–69.

14. Effects of cold and heat stress on milk production traits and blood biochemical parameters of Holstein cows / L. R. Hu et al. *Scientia Agricultura Sinica*. 2018. Vol. 51 (19). P. 3791–3799.

15. Effects of shelter and body condition on the behaviour and physiology of dairy cattle in winter / C. B. Tucker et al. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007. Vol. 105. P. 1–13.

16. European climate change at global mean temperature increases of 1.5 and 2 °C above pre-industrial conditions as simulated by the EURO-CORDEX regional climate models / E. Kjellström et al. *Earth System Dynamics*. 2018. Vol. 9. P. 459–478.

17. Evaluating the Thermal Insulation of Dairy Barns in Cold Regions via Infrared Thermography / Z. Cao et al. *Animal Environment and Welfare – Proceedings of International Symposium*. Chongqing, China, 2017. P. 53–60.

18. Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method / I. Knizkova et al. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 349–353.

19. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): The Impact of Disasters on Agriculture – Assessing the information gap. 2017. URL: <http://www.fao.org/3/a-i7279e.pdf> (last accessed: 21.12.2020).

20. Genetic origin, admixture and population history of aurochs (*Bos primigenius*) and primitive European cattle / M. Upadhyay et al. *Heredity*. 2017. Vol.

118. P. 169–176.

21. Heat abatement / Bailey T. et al. *Elanco Dairy Business Unit*. 2016. URL: https://assets-us-01.kc-usercontent.com/2de3931d-61f2-00a3-6635-b7b29fac0245/44c9a9d9-bdf1-47fe-a475-8b2b54b53bbc/EM-US-200027_Dairy_Heat_Abatement_Manual.pdf (last accessed: 03.12.2021).

22. Heat stress in lactating dairy cows: a review / C. T. Kadzere et al. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 59–91.

23. Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts / S. Hempel et al. *Earth System Dynamics*. 2019. Vol. 10. P. 859–884.

24. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates / E. Van laer et al. *Livestock Science*. 2020. Vol. 159 (1). P. 87–101.

25. Johnson J. S. Heat stress: Impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. *Animal Production Science*. 2018. Vol. 58 (8). P. 1404–1413. DOI: 10.1071/AN17725.

26. Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe / R. Vitt et al. *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 164. P. 85–97.

27. Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review / L. D. Min et al. *International Journal of Biometeorology*. 2019. Vol. 63 (9). P. 1283–1302.

28. Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions / T. Leiva et al. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (6). P. 4829–4838.

29. Thermoregulatory and behaviour responses of dairy heifers raised on a silvopastoral system in a subtropical

118. P. 169–176.

21. Heat abatement / Bailey T. et al. *Elanco Dairy Business Unit*. 2016. URL: https://assets-us-01.kc-usercontent.com/2de3931d-61f2-00a3-6635-b7b29fac0245/44c9a9d9-bdf1-47fe-a475-8b2b54b53bbc/EM-US-200027_Dairy_Heat_Abatement_Manual.pdf (last accessed: 03.12.2021).

22. Heat stress in lactating dairy cows: a review / C. T. Kadzere et al. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 59–91.

23. Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts / S. Hempel et al. *Earth System Dynamics*. 2019. Vol. 10. P. 859–884.

24. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates / E. Vanlaer et al. *Livestock Science*. 2020. Vol. 159 (1). P. 87–101.

25. Johnson J. S. Heat stress: Impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. *Animal Production Science*. 2018. Vol. 58 (8). P. 1404–1413. DOI: 10.1071/AN17725.

26. Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe / R. Vitt et al. *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 164. P. 85–97.

27. Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review / L. D. Min et al. *International Journal of Biometeorology*. 2019. Vol. 63 (9). P. 1283–1302.

28. Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions / T. Leiva et al. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (6). P. 4829–4838.

29. Thermoregulatory and behaviour responses of dairy heifers raised on a silvopastoral system in a subtropical

climate / F. M. C. Vieira et al. *Annals of Animal Science*. 2020. Vol. 20 (2). P. 613–627.

30. West J. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86. P. 2131–2144.

31. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2017 / Publications Board World Meteorological Organization (WMO). WMO-No.1212. Geneva, Switzerland, 2018. 40 p.

climate / F. M. C. Vieira et al. *Annals of Animal Science*. 2020. Vol. 20 (2). P. 613–627.

30. West J. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86. P. 2131–2144.

31. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2017 / Publications Board World Meteorological Organization (WMO). WMO-No.1212. Geneva, Switzerland, 2018. 40 p.

Received 16.07.2021

СИРОВАТКОВІ ІНГРЕДІЄНТИ КРОВІ ТА ПРОДУКТИВНІ ЯКОСТІ ГУСЕЙ ЗА ОПТИМІЗАЦІЇ РІВНЯ ТРИПТОФАНУ В РАЦІОНІ У ПЕРІОД ІНТЕНСИВНОЇ ЯЙЦЕКЛАДКИ*

Виходячи із важливої метаболічної ролі триптофану в організмі тварин і птиці, значний науковий і практичний інтерес становлять дослідження, спрямовані на оптимізацію рівня цієї амінокислоти у раціонах.

Низкою досліджень останніх років доведено, що триптофан використовується в організмі птиці, зокрема гусей, у біосинтезі нікотинової кислоти, серотоніну, м'язових білків, гемоглобіну, мелатоніну, потрібний для забезпечення фізіологічного перебігу овогенезу та сперміогенезу. Триптофан нормалізує роботу травної та нервової системи, стимулює імунні функції.

Хоч на сьогодні розроблено кількісні нормативи цієї амінокислоти у раціонах для різних статевих і вікових груп гусей, проте вітчизняні нормативи відрізняються від зарубіжних. Разом з тим у науковій літературі ми не виявили інформації щодо метаболічної і продуктивної дії оптимізованих кількостей триптофану в раціоні гусей у такий важливий період їх розвитку, як інтенсивна яйцекладка.

Виходячи з наведеного вище, метою нашої роботи було порівняльне дослідження впливу різних кількостей триптофану в раціоні гусей у репродуктивний період на зміни показників білкового обміну в крові, їх несучість та інкубаційні якості яєць.

Дослідження проведено на гусях сірої оброшинської породної групи впродовж 3-місячного періоду яйцекладки (січень – березень). З цією метою було сформовано 4 групи гусей – аналогів за віком і живою масою (у кожній групі було 4 гуски і 1 гусак). Упродовж періоду дослідів гуси всіх груп отримували комбікорм, збалансований за поживними й мінеральними речовинами та вітамінами згідно з нормами, мали вільний доступ до води. Контрольна група не отримувала добавок синтетичного триптофану до комбікорму. Рівень цієї амінокислоти у вказаній групі становив 0,16 г в 100 г комбікорму. До корму гусей 2, 3, 4-ї дослідної групи додатково вводили відповідно 0,04; 0,09 і 0,14 г синтетичного триптофану із розрахунку на 100 г комбікорму.

* Науковий керівник – доктор біологічних наук С. О. Вовк.

У результаті проведених досліджень ми виявили, що найвищий вміст у сироватці крові альбумінів, α , β та γ -глобулінів у 3-й дослідній групі, у якій він становив відповідно: 3,17; 0,31; 0,62 та 0,37 %, що на 0,11; 0,04; 0,13 і 0,06 % більше ніж у контрольній. Щодо рівня амінного азоту в крові, то він у 3-й дослідній групі гусей на 1,04 % вищий ніж у контрольній.

Аналізуючи показники продуктивності птиці, потрібно відзначити, що середня несучість гусок була дещо вищою у 2-й і 4-й дослідних групах порівняно до контрольної, а найвищою – у 3-й дослідній групі, і становила $41,6 \pm 0,9$ шт. Середня маса яєць у 3-й дослідній групі гусей становила 172,7 г, або на 3,1 г більше ніж у контрольній. Оптимальний індекс форми яйця виявлено у 3-й дослідній групі гусей. Товщина шкаралупи яєць у дослідних і контрольній групах гусей істотно не змінилася.

Щодо такого важливого показника, як виводимість гусенят, ми встановили, що найвищий він був у 3-й групі (79,3 %).

У цілому результати наших досліджень свідчать про те, що збільшення рівня триптофану в комбікормах з 0,16 до 0,25 % у період інтенсивної яйцекладки оптимізує рівень сироваткових протеїнових інгредієнтів крові, поліпшує якість інкубаційних яєць, а також виводимість і збереженість молодняку.

Ключові слова: гуси, гусенята, сіра оброшинська породна група, триптофан, годівля, білкові показники крові, інкубаційні якості яєць.

Volodymyr Volovych

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

Blood serum ingredients and productive qualities of geese by triptophane level optimization in the diet during the period of intensive egg laying

Based on the important metabolic action of tryptophan in animals and poultry, important scientific and practical interest are studies aimed at optimizing the level of this amino acid in diets.

A number of studies in recent years have shown that tryptophan is used in geese in the biosynthesis of nicotinic acid, serotonin, muscle proteins, hemoglobin, melatonin, required to ensure the physiological course of ovogenesis and spermiogenesis. Tryptophan normalizes the digestive and nervous systems, stimulates immune function.

It should be noted that today quantitative standards for this amino acid have been developed in the diets for different sex and age groups of geese, but domestic standards differ from foreign ones. However, in the scientific literature we have not found information on the metabolic and productive effects of optimized amounts of tryptophan in the diet of geese in such an important development period as intensive egg-laying.

Based on the above, the aim of our work was a comparative study of the effect of different amounts of tryptophan in the diet of geese during the reproductive

period on changes in protein metabolism in the blood, their laying and incubation qualities of eggs.

The study was conducted on four groups of geese-analogues of Obroshynska gray breed group during 3-month laying period (January-March). For this purpose, 4 groups of geese were formed – analogues in age and live weight (in each group there were 4 geese and 1 goose). During the experiment period, geese of all groups received compound feed, balanced in nutrients, minerals and vitamins in accordance with norms, had free access to water. The control group did not receive synthetic tryptophan supplements. The level of this amino acid in this group was 0.16 g per 100 g of feed. To the diet of geese 2-, 3-, 4th experimental group was additionally introduced respectively 0.04; 0.09 and 0.14 g of synthetic tryptophan per 100 g of compound feed.

As a result of the conducted researches we found that the highest content of albumins in serum as well as α , β and γ -globulins was in the 3rd experimental group, in which it was respectively: 3.17; 0.31; 0.62 and 0.37%, which is 0.11; 0.04; 0.13 and 0.06% more than in the control. Regarding the level of amine nitrogen in the blood, it was 1.04% higher in the 3rd experimental group of geese than in the control.

Analyzing the performance of poultry, it should be noted that the average egg production of geese was slightly higher in the 2nd and 4th experimental groups compared to the control, and the highest – In 3rd experimental group and was 41.6 ± 0.9 pieces. The average weight of eggs in the 3rd experimental group of geese was 172.7 g, or 3.1 g more than in the control. The optimal index of egg shape was found in the 3rd experimental group of geese. The thickness of the eggshell in the experimental and control groups of geese did not change significantly.

Regarding such an important indicator as the hatchability of goslings, we found that it was the highest in the 3rd group (79.3%).

In general, the results of our studies show that increasing the level of tryptophan in feed from 0.16 to 0.25% during intensive egg laying optimizes the level of serum protein ingredients, improves the quality of hatching eggs, as well as hatchability and preservation of young.

Key words: geese, goslings, Obroshynska gray breed group, tryptophan, feeding, blood protein parameters, incubation qualities of eggs.

Вступ. Низкою досліджень останніх років доведено, що дефіцит незамінних амінокислот у раціоні водоплавної птиці призводить до порушення обміну речовин, перевитрат кормів та зниження продуктивних якостей [10, 13]. Відомо, що для водоплавної птиці, і зокрема гусей, незамінними є такі амінокислоти, як: валін, лейцин, ізолейцин, лізин, метіонін, треонін, триптофан, фенілаланін, гістидин та аргінін, а для гусенят – також гліцин, оскільки синтезується в організмі в обмеженій кількості [10, 26].

У серії наукових експериментів показано, що для організму птиці дуже важливою амінокислотою є триптофан [3, 4, 20].

Дефіцит триптофану у раціонах птиці призводить до депресивних станів, зниження споживання корму та порушення функціонування імунної системи [1, 11]. Триптофан є структурним компонентом білка, а також головним попередником серотоніну, мелатоніну та ніацину, які відіграють важливу роль у підтримці фізіологічних процесів [27–29]. Серотонін – життєво важливий нейромедіатор, що поліпшує адаптованість до навколишнього середовища та інгібує оксидативні стреси [2, 14].

Хоч на сьогодні розроблено нормативи кількісного використання триптофану в раціонах різних вікових груп гусей, проте вони науково не обґрунтовані, при цьому зарубіжні нормативи відрізняються від вітчизняних. Разом з тим у науковій літературі ми не виявили інформації щодо продуктивної та метаболічної дії оптимізованих кількостей триптофану в раціонах гусей у репродуктивний період.

Встановлено, що оптимізація рівня триптофану у раціонах несучих і бройлерних курей виявляє позитивний метаболічний і продуктивний ефект.

Доведено, що порушення співвідношення між треоніном і триптофаном у складі протеїну кормів має більш виражений вплив на продуктивність, перетравність поживних речовин корму, засвоєння та ефективність використання амінокислот курчатами, ніж зміна їх вмісту в раціоні [7, 8].

За дефіциту триптофану в комбікормах курей-несучок знижується рівень споживання корму, що призводить до зниження несучості та погіршення якості яєць [23]. Вказані дослідники довели, що оптимальний рівень триптофану за вмісту сирого протеїну в раціоні несучих курей на рівні 18 % становив 0,19 % [21].

Показано також, що високого рівня засвоєння поживних речовин корму та продуктивності досягається за вмісту триптофану у комбікормі для курчат-бройлерів віком 1–10 діб – 0,22 %, 11–22 доби – 0,21 % та 23–42 доби – 0,20 % [22].

Американські дослідники встановили, що оптимальний рівень триптофану в комбікормі бройлерних півників у період із 42 до 56-добового віку становить 0,17 % від його маси. Використання вказаної кількості цієї амінокислоти у комбікормі на основі кукурудзяної дерті в завершальний період відгодівлі півників оптимізує у них баланс азоту, рівень в крові глюкози, білка, сечової кислоти, активність

аспартатамінотрансферази, забезпечує у птиці високу інтенсивність росту, поліпшує якісні характеристики тушок і біохімічний склад курятини та знижує витрати кормів [31].

У дослідженнях китайських вчених показано, що підвищення рівня триптофану в комбікормах курочок-бройлерів породи арбор акрес плюс 25–42-добового віку із 0,17 до 0,27 % знижує у птиці стресові стани, підвищує рухливість та поліпшує харчову та біологічну цінність м'яса [26, 30]. Ці ж автори у дослідженнях, проведених на 504 півниках і 504 курочках бройлерної породи кобб 500, встановили, що найбільш бажаним щодо метаболічної і продуктивної дії є введення в комбікорми на основі кукурудзяної дерті для півників у період із 22 до 42-добового віку 0,15 %, а для курочок – 0,11 % триптофану від маси корму [32].

Роботами бразилійських авторів показано, що найбільш виражений вплив на інтенсивність росту і розвитку та якісні показники м'яса виявляє використання у годівлі 22–42-добових курчат-бройлерів породи кобб 500 кукурудзяно-соєвого комбікорму, що містить 0,23 % триптофану від його маси [27]. Ці ж автори встановили, що комбікорм із вмістом такої кількості триптофану підвищує засвоєння в організмі птиці лізину на 21 % та кормів – на 17 %.

Виходячи з наведеного вище, метою нашої роботи було порівняльне дослідження впливу різних кількостей триптофану в раціоні гусей батьківського стада на зміни протеїнових показників у сироватці крові, несучість та інкубаційні якості яєць, а також виводимість гусенят і їх збереженість.

Матеріали і методи. Дослідження проведено упродовж 3-місячного репродуктивного періоду (січень – березень) на сірій оброшинській породній групі гусей у дослідному господарстві «Миклашів» Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН (с. Миклашів Львівського р-ну Львівської обл.). З цією метою було підібрано 4 групи гусей-аналогів за віком і живою масою. Гусей утримували у вольєрах. Водопій вволю. У кожній групі було по 4 гуски і 1 гусаку. Гуси 1-ї контрольної групи отримували добовий раціон згідно з нормами без добавок синтетичного триптофану. Вміст цієї амінокислоти у комбікормі гусей контрольної групи становив 0,16 г від маси корму. Склад комбікорму для гусей батьківського стада наведено у табл. 1.

1. Склад комбікорму для гусей батьківського стада

Компоненти	Вміст, %
Пшенична дерть	25,0
Кукурудзяна дерть	36,0
Макуха соєва	20,0
Шрот соняшниковий	5,5
М'ясо-кісткове борошно	5,5
Вапняк	6,0
Премікс	2,0
Всього	100

До комбікорму гусей 2, 3 і 4-ї дослідних груп відповідно додатково вводили 0,04; 0,09 і 0,14 г синтетичного триптофану фірми «Світ Агро» (Україна). Схему досліджень наведено у табл. 2.

2. Схема проведення дослідів на гусях у репродуктивний період

Групи гусей	Вміст триптофану (г/100 г корму)
1 (контрольна)	0,16
2 (дослідна)	0,20
3 (дослідна)	0,25
4 (дослідна)	0,30

Упродовж дослідного періоду проводили відбір яєць від гусей усіх груп і визначали їх інкубаційні якості [7]. Після завершення експериментального періоду від 3 гусок кожної групи відбирали зразки крові із підкрильної вени і визначали у сироватці рівень загального білка, процентний вміст альбумінів, α -глобулінів, β -глобулінів, γ -глобулінів, та амінного азоту [9]. Окремо в кожній групі визначали також виводимість гусенят та їх збереженість до 60-добового віку.

Отримані цифрові дані обробляли статистично з використанням стандартних комп'ютерних програм Microsoft Excel.

Результати та обговорення. З даних табл. 3 видно, що у 3 дослідній групі гусей, які отримували додатково 0,09 г синтетичного триптофану на 100 г комбікорму, істотно поліпшилися протеїнові показники сироватки крові. Рівень загального білка підвищений у всіх дослідних групах, однак найвищий виявлено у 3-й групі, який на 0,29 % зріс порівняно з контрольною. Найвищий вміст альбумінів, α , β та γ -глобулінів також встановлено у 3-й дослідній групі. У цій групі

він становив відповідно: 3,17; 0,31; 0,62 та 0,37 %, що на 0,11; 0,04; 0,13 і 0,06 % більше ніж у контрольній. Щодо рівня амінного азоту в крові, то він у 3-й дослідній групі гусей на 1,04 % вищий ніж у контрольній.

3. Вміст протеїнових інгредієнтів у сироватці крові піддослідних гусок (M+m, n=5)

Показники	Група			
	1 (конт- рольна)	дослідні		
		2	3	4
Загальний білок, %	4,66±0,03	4,70±0,06	4,95±0,04*	4,82±0,05*
Альбуміни, %	3,06±0,01	3,07±0,02	3,17±0,02*	3,09±0,03
α-глобуліни, %	0,27±0,01	0,30±0,02	0,31±0,02	0,30±0,03
β-глобуліни, %	0,49±0,01	0,54±0,01	0,62±0,01*	0,59±0,01
γ-глобуліни, %	0,31±0,01	0,33±0,02	0,37±0,02	0,34±0,01
Аміний азот, мг/л	22,31±3,19	23,08±2,13	23,41±2,12*	23,31±1,60

Примітка: *P<0,05.

Упродовж періоду експерименту від гусей усіх піддослідних груп відбирали знесені інкубаційні яйця. Окремо у групах визначали тривалість яйцекладки, середню несучість, середню масу яйця методом зважування, довжину та ширину яйця за допомогою штангенциркуля, а також визначали індекс форми яйця, міцність і товщину шкаралупи та виводимість гусенят [7]. Результати вказаних досліджень наведено в табл. 4.

Аналізуючи дані табл. 4, потрібно відзначити, що середня несучість гусок у 2-й та 4-й дослідних групах відповідно становила 39,4±1,0 і 40,5±1,3 шт., а найвищою була у 3-й дослідній групі (41,6±0,9 шт.). Такий важливий показник, як маса яйця виявився найвищий у 3-й дослідній групі гусей і становив 172,7 г, що на 3,1 г більше ніж у контрольній. Оптимальний індекс форми яйця також виявлено у 3-й дослідній групі птиці (на 1,8 % вищий ніж у контрольній). Товщина шкаралупи яєць у дослідних і контрольній групах гусей істотно не змінилася.

4. Несучість гусок, інкубаційні якості яєць та виводимість гусенят ($M \pm m$, $n=5$)

Показники	Групи гусей			
	1	2	3	4
Середня несучість гусок, шт.	38,6 $\pm$ 1,1	39,4 $\pm$ 1,0	41,6 $\pm$ 0,9*	40,5 $\pm$ 1,3*
Середня маса яйця, г	165,8 $\pm$ 2,5	169,6 $\pm$ 2,3*	172,7 $\pm$ 3,4*	172,2 $\pm$ 2,8*
Довжина яйця, мм	84,3 $\pm$ 1,1	84,8 $\pm$ 2,0	85,4 $\pm$ 1,8	84,9 $\pm$ 1,4
Ширина яйця, мм	55,2 $\pm$ 1,3	55,8 $\pm$ 1,2	57,4 $\pm$ 1,4*	56,2 $\pm$ 1,5
Індекс форми яйця, %	65,4 $\pm$ 1,0	65,8 $\pm$ 1,1	67,2 $\pm$ 1,3*	66,1 $\pm$ 1,2
Міцність шкаралупи, кг/мм	2,13 $\pm$ 0,1	2,15 $\pm$ 0,1	2,16 $\pm$ 0,3	2,14 $\pm$ 0,2
Товщина шкаралупи, мм	0,43 $\pm$ 0,03	0,45 $\pm$ 0,04	0,44 $\pm$ 0,05	0,44 $\pm$ 0,04
Виводимість гусенят, %	74,2 $\pm$ 0,4	78,2 $\pm$ 0,5	79,3 $\pm$ 0,8*	78,8 $\pm$ 0,7

Примітка: * $P < 0,05$.

Виводимість гусенят у 2-й і 3-й дослідних групах гусей становила 78,8 і 79,3 %, що відповідно на 4,0 і 4,6 % більше ніж у контрольній.

Щодо збереженості гусенят до 60-добового віку, то ми встановили, що у 2 і 4-й дослідних групах вона становила відповідно 91,8 та 92,6 %, а у 3-й дослідній групі гусей була найвищою (93,8 %).

Результати наших досліджень на гусях батьківського стада у репродуктивний період узгоджуються із даних інших дослідників [21, 22, 27, 31, 32] щодо позитивної метаболічної і продуктивної дії підвищеного рівня триптофану в комбікормі різних вікових і продуктивних груп інших видів сільськогосподарської птиці.

Висновки. Збільшення рівня триптофану в комбікормі гусей батьківського стада у репродуктивний період щодо чинних в Україні норм із 0,16 до 0,25 г за рахунок його синтетичного аналога із розрахунку на 100 г комбікорму активує метаболічні процеси в організмі птиці, на що вказують протеїнові показники сироватки крові, підвищує несучість, поліпшує якість інкубаційних яєць, а також збільшує виводимість і збереженість гусенят.

Список використаної літератури

1. Гунчак А. В., Ратич І. Б. Вплив рівня йоду в раціоні гусок на морфоструктуру печінки, вміст тиреоїдних гормонів у крові та йоду у шитовидній залозі та жовтках яєць. *Наук. вісн. ЛНУВМ та БТ імені С. З. Гжицького*. 2012. Т. 14, № 2. С. 217–223.
2. До питання годівлі гусей / Н. М. Федак та ін. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Вип. 58 (2). С. 162–169.
3. Ібатуллин І. І., Кривенок М. Я., Ільчук І. І. Використання триптофану у кормах для курчат-бройлерів. *Тваринництво України*. 2013. № 10. С. 18–22.
4. Ібатуллин І. І., Скар С. В. Ефективність використання комбікормів з різним рівнем триптофану у годівлі качок. *Сучасне птахівництво*. 2012. № 5 (114). С. 10–14.
5. Ібатуллин І. І., Кривенок Н. Я., Ільчук І. І. Обоснование аминокислотного питания кур-несушек промышленного стада. *Уч. записки Казанской ГАВМ имени Н. Э. Баумана*. 2013. Т. 216. С. 143–149.
6. Имануилов Ш. Нормирование незаменимых аминокислот – экономия протеина. *Птицеводство*. 2004. № 8. С. 34–36.
7. Кривенок М. Я., Скар С. В., Кузіна Н. В. Триптофан і треонін: рівень і співвідношення у комбікормах для курей-несучок промислового стада. *Сучасне птахівництво*. 2011. № 9. С. 24–27.
8. Кривенок М. Я. Триптофан і треонін: рівні та співвідношення у комбікормах для курей-несучок батьківського стада. *Науковий вісник НУБіП України*. 2012. Вип. 179. С. 160–165.
9. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник / В. В. Влізла та ін.; за ред. В. В. Влізла. Львів: Сполом, 2012. 764 с.
10. Лемешева М. М. Аминокислотное питание птицы. *Животноводство России*.

References

1. Hunchak A. V., Ratych I. B. Influence of iodine levels in the diet of geese on the morphostructure of the liver, the content of thyroid hormones in the blood and iodine in the thyroid gland and egg yolks. *Nauk. visn. LNUVM ta BT imeni S. Z. Gzhytskoho*. 2012. Vol. 14, No 2. P. 217–223.
2. On the issue of feeding geese / N. M. Fedak et al. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2015. Issue 58 (2). P. 162–169.
3. Ibatullin I. I., Kryvenok M. Ya., Ilchuk I. I. Use of tryptophan in feed for broiler chickens. *Tvarynnystvo Ukrainy*. 2013. No 10. P. 18–22.
4. Ibatullin I. I., Sknar S. V. The effectiveness of the use of feed with different levels of tryptophan in feeding ducks. *Suchasne ptakhivnytstvo*. 2012. No 5 (114). P. 10–14.
5. Ibatullin I. I., Krivenok N. Ya., Il'chuk I. I. Substantiation of amino acid nutrition of industrial herd laying hens. *Uch. zapiski Kazanskoj GAVM imeni N. E. Baumana*. 2013. Vol. 216. P. 143–149.
6. Imanuilov Sh. Rationing Essential Amino Acids – Protein Saving. *Pticevodstvo*. 2004. No 8. P. 34–36.
7. Kryvenok M. Ya., Sknar S. V., Kuzina N. V. Tryptophan and threonine: level and ratio in feed for laying hens of an industrial herd. *Suchasne ptakhivnytstvo*. 2011. No 9. P. 24–27.
8. Kryvenok M. Ya. Tryptophan and threonine: levels and ratios in feed for laying hens of the parent flock. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. 2012. Issue 179. P. 160–165.
9. Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine: handbook / V. V. Vlizlo et al.; za red. V. V. Vlizla. Lviv: Spolom, 2012. 764 p.
10. Lemesheva M. M. Poultry amino acid nutrition. *Zhyvotnovodstvo Rossii*. 2008. No 5. P. 30–35.
11. Nevzorova O. A. Evaluation of the meat productivity of goslings by the

2008. № 5. С. 30–35.

11. Невзорова О. А. Оценка мясной продуктивности гусят по конверсии протеина и энергии корма в продукцию. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2012. № 8. С. 39–43.

12. Особливості змін показників обміну білків у птиці при застосуванні лізину, метіоніну та треоніну / М. П. Ніщенко та ін. *Наук. вісн. ЛНУВМ та БТ імені С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 2 (59), ч. 2. С. 251–257.

13. Пашенко Ю. П., Данченко О. О., Бородай В. П. Антиоксидантна активність печінки і серця гусей за різної Е-вітамінної забезпеченості. *Сучасне птахівництво*. 2013. № 12. С. 23–25.

14. Підвищення біологічної цінності протеїну у комбікормах птиці / Чорнолата Л. П. та ін. *Аграрна наука та харчові технології*. 2016. Вип. 2 (92). С. 99–105.

15. Племінні та продуктивні властивості оброшинських сірих і білих гусей за їх розведення / М. Д. Петрів та ін. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 41–44.

16. Подобед Л. И. ИМК – идеальное минеральное питание для птицы. *Птицеводство*. 2012. № 9. С. 33–35.

17. Подобед Л. И. Протеиновое и аминокислотное питание сельскохозяйственной птицы: структура, источники, оптимизация. Днепропетровск, 2010. 240 с.

18. Рекомендації з нормування годівлі сільськогосподарської птиці / за ред. Ю. О. Рябоконя. Бірки, 2005. 104 с.

19. Римбак М., Хаммер Й. Усвояемые аминокислоты – строительный материал для поддержки и продуктивности. *Успех в хлеву*. 2003. № 7. С. 3–6.

20. Сичов М. Дайте птиці рости. *Наше птахівництво*. 2013. № 7. С. 3–6.

21. Столюк В. Триптофан у комбікормах для курей-несучок. *Корми і факти*. 2010. № 4. С. 30–31.

22. Теоретичне обґрунтування параметрів протеїнового і амінокислотного живлення курчат-бройлерів / І. І. Ібатуллін та ін. *Біоресурси і природокористування*.

conversion of protein and feed energy into products. *Kormlenie sel'skhozajstvennyh zhyvotnyh i kormoproizvodstvo*. 2012. No 8. P. 39–43.

12. Features of changes in protein metabolism in poultry with the use of lysine, methionine, and threonine / M. P. Nishchemenko et al. *Nauk. visn. LNUVM ta BT imeni S. Z. Gzhytskoho*. 2014. Vol. 16, No 2 (59), part 2. P. 251–257.

13. Pashchenko Yu. P., Danchenko O. O., Borodai V. P. Antioxidant activity of the liver and heart of geese with different vitamin E supply. *Suchasne ptakhivnytstvo*. 2013. No 12. P. 23–25.

14. Increasing the biological value of protein in poultry feed / Chornolata L. P. et al. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnologii*. 2016. Issue 2 (92). P. 99–105.

15. Breeding and productive properties of Obroshynska gray and white geese for their breeding / M. D. Petriv et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2016. No 1. P. 41–44.

16. Podobed L. I. IMC – ideal mineral nutrition for poultry. *Pticevodstvo*. 2012. No 9. P. 33–35.

17. Podobed L. I. Protein and amino acid nutrition of poultry: structure, sources, optimization. Dnepropetrovsk, 2010. 240 p.

18. Recommendations for rationing of poultry feeding / za red. Yu. O. Riabokonja. Birky, 2005. 104 p.

19. Rimbak M., Hammer J. Digestible Amino Acids – Building Blocks for Support and Productivity. *Uspех v hlevu*. 2003. No 7. P. 3–6.

20. Sychoy M. Let the birds grow. *Nashe ptakhivnytstvo*. 2013. No 7. P. 3–6.

21. Stoliuk V. Tryptophan in feed for laying hens. *Kormy i fakty*. 2010. No 4. P. 30–31.

22. Theoretical substantiation of parameters of protein and amino acid nutrition of broiler chickens / I. I. Ibatullin et al. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2012. No 1/2. P.

2012. № 1/2. С. 86–93.
23. Триптофан у комбікормах для курей-несучок / І. І. Ібатуллін та ін. *Сучасне птахівництво*. 2010. № 11/12. С. 39–40.
24. Фисинин В. И. Кормление гусей. *Ефективне птахівництво*. 2016. № 4. С. 1.
25. Ястребков К., Дорн В., Кривенюк М. Тенденції амінокислотного живлення в птахівництві. *Птахівництво*. 2001. Вип. 51. С. 388–390.
26. Dietary tryptophan need of broiler males from forty-two to fifty-six days of age / A. Corzo et al. *Poultry Sci*. 2005. V. 84. P. 226–231.
27. Duarte K. F., Yunqueira O. M., Filardi R. S. Digestible tryptophan requirement for broilers from 22 to 42 days old / K. Duarte et al. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2013. V. 42, № 10. P. 35–39.
28. Effects of dietary tryptophan and stocking density on the performance, meat quality and metabolic status of broilers / B. Wang et al. *J. Anim. Sci. Biotec*. 2014. 5 (1). P. 44–51.
29. Effects of dietary tryptophan on protein metabolism and related gene expression in Yangzhou goslings under different feeding regiments / X. Pan et al. *Poultry Sci*. 2013. V. 92. P. 3196–3204.
30. Laycock S. R., Ball R. O. Alleviation of hysteria in laying hens with dietary tryptophan. *Can. J. Vet. Res*. 1990. V. 54, № 2. P. 291–295.
31. Nutrient Requirements of Poultry / National Research Council. Washington, 1994. 157 p.
32. Wang B., Min Zh., Yuan J. Apparent ileal digestible tryptophan requirements of 22- to 42-day-old broiler. *J. of Appl. Poultry Res*. 2016. V. 25, 1. P. 54–61.
- 86–93.
23. Tryptophan in feed for laying hens / I. I. Ibatullin et al. *Suchasne ptakhivnytstvo*. 2010. No 11/12. P. 39–40.
24. Fisinin V. I. Feeding geese. *Efektivne ptakhivnytstvo*. 2016. No 4. P. 1.
25. Yastrebkov K., Dorn V., Kryveniuk M. Trends in amino acid nutrition in poultry. *Ptakhivnytstvo*. 2001. Issue 51. P. 388–390.
26. Dietary tryptophan need of broiler males from forty-two to fifty-six days of age / A. Corzo et al. *Poultry Sci*. 2005. Vol. 84. P. 226–231.
27. Duarte K. F., Yunqueira O. M., Filardi R. S. Digestible tryptophan requirement for broilers from 22 to 42 days old / K. Duarte et al. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2013. Vol. 42, No 10. P. 35–39.
28. Effects of dietary tryptophan and stocking density on the performance, meat quality and metabolic status of broilers / B. Wang et al. *J. Anim. Sci. Biotec*. 2014. 5 (1). P. 44–51.
29. Effects of dietary tryptophan on protein metabolism and related gene expression in Yangzhou goslings under different feeding regiments / X. Pan et al. *Poultry Sci*. 2013. Vol. 92. P. 3196–3204.
30. Laycock S. R., Ball R. O. Alleviation of hysteria in laying hens with dietary tryptophan. *Can. J. Vet. Res*. 1990. Vol. 54, No 2. P. 291–295.
31. Nutrient Requirements of Poultry / National Research Council. Washington, 1994. 157 p.
32. Wang B., Min Zh., Yuan J. Apparent ileal digestible tryptophan requirements of 22- to 42-day-old broiler. *J. of Appl. Poultry Res*. 2016. Vol. 25, 1. P. 54–61.

Отримано 21.07.2021

Наукове видання

**ПЕРЕДГІРНЕ ТА ГІРСЬКЕ
ЗЕМЛЕРОБСТВО І ТВАРИННИЦТВО**

Міжвідомчий тематичний науковий збірник

Заснований у 1967 р.

Випуск 70

Частина 2

Реєстраційне свідоцтво
№ 24025-13865 Р
від 05.07.2019.

Формат 30х42/4. Умовн. друк. арк. 10,70. Тираж 100 прим.

Друкарня Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН,
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Львівського р-ну Львівської обл., 81115