

АНОТАЦІЯ

Іваніна Р.В. Відтворення родючості чорнозему вилугуваного та продуктивність культур ланки зерно-бурякової сівозміни в Правобережному Лісостепу України. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 20 «Аграрні науки і продовольство» за спеціальністю 201 «Агрономія» – Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, м. Київ, 2021.

Актуальність теми. Збереження родючості ґрунтів та впровадження сталих технологій вирощування сільськогосподарських культур є найбільш затребуваними напрямками світових досліджень. Інформація отримана в тривалих стаціонарних дослідках щодо впливу 40-річного внесення добрив на родючість чорнозему вилугуваного та врожайність сільськогосподарських культур, доповнена інноваційними рішеннями щодо оптимізації застосування азотних добрив під пшеницю озиму дозволяє розробити систему удобрення, яка базується на засадах сталості і інноваційності, а тому є на часі і актуальна.

Наукова новизна одержаних результатів. *Уперше* в умовах Правобережного Лісостепу України у плодозмінній та зерно-просапній сівозмінах встановлено закономірності зміни родючості чорнозему вилугуваного за 40-річного застосування добрив. Доведено, що процес відтворення родючості чорнозему вилугуваного визначається внесенням органічних добрив, дозою мінеральних добрив та введенням багаторічних бобових трав у сівозміну.

Удосконалено систему удобрення пшениці озимої шляхом оптимізації доз та способів внесення азотних добрив.

Дістали подальшого розвитку питання ефективності азотного живлення у досягненні високої врожайності та якості зерна пшениці озимої; питання попередників у вологозабезпеченні рослин пшениці озимої та їх впливу на мікробний ценоз ґрунту.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів довготривалих польових досліджень сформовано агрохімічні засади сталого

виращування сільськогосподарських культур у зерно-бурякових сівозмінах Правобережного Лісостепу України, що забезпечать збереження родючості чорнозему вилугуваного.

За даними тимчасового польового досліджу та їх виробничої перевірки розроблено систему ефективного застосування азотних добрив під пшеницю озиму, що забезпечує врожайність зерна понад 7 т/га з отриманням прибутку від удобрення понад 9000 грн./га.

Основні результати досліджень. Встановлено, що розширене відтворення вмісту гумусу в чорноземі вилугуваному досягалося у плодозмінній сівозміні за 40-річного внесення $N_{43}P_{43}K_{43} + 8,3$ т гною на 1 га ріллі: вміст гумусу в шарі 0-30 см – 3,52%, 30-40 см – 3,28% з перевищенням контролю без добрив – на 0,36% та 0,22%. При переході до зерно-просапної сівозміни чи заміни традиційного органо-мінерального удобрення альтернативним ($N_{43}P_{43}K_{43} +$ побічна продукція на 1 га ріллі) вміст гумусу в шарі 0-30 см зменшився – на 0,07% та 0,10%, 30-40 см – на 0,02% та 0,06%.

Досліджено, що щорічне внесення з органічними та мінеральними добривами на 1 га ріллі 64 кг фосфору забезпечило розширене відтворення фонду рухомих фосфатів у чорноземі вилугуваному обох сівозмін. За 40-річного внесення $N_{43-65}P_{43}K_{43} + 8,3$ т гною на 1 га ріллі вміст рухомого фосфору в шарі 0-30 см становив 309-323 мг/кг, 30-40 см – 229-266 з перевищенням контролю без добрив – на 133-138 та 75-103 мг/кг ґрунту.

За результатами довготривалих польових досліджень встановлено, що органо-мінеральна система удобрення формувала стабільність фонду рухомого калію в чорноземі вилугуваному обох сівозмін на середньому рівні забезпечення. Вміст рухомого калію в агроценозі пшениці озимої за 40-річного внесення добрив у шарі 0-30 см плодозмінної сівозміни становив 102-104 мг/кг, 30-40 см – 80-82, зерно-просапної – відповідно 109-123 та 79-89, що перевищило в середньому по сівозмінах контроль без добрив на 29-43 та 16-26 мг/кг ґрунту.

Досліджено, що плодозмінна сівозміна за довготривалого внесення органічних і мінеральних добрив створювала кращі умови забезпечення

рослин вологою. В агроценозі пшениці озимої плодозмінної сівозміни за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ на утворення однієї тони біологічного врожаю витрачалось 212 м^3 води, зерно-просапної сівозміни – 259 м^3 за витрат води на контролі без добрив – 348 м^3 .

Встановлено, що мікробіологічна активність в чорноземі вилугуваному залежала переважно від внесення добрив. Найбільшу кількість ґрунтових мікроорганізмів у фазі весняного кушення пшениці озимої обох зернових ланок спостерігали за дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ на фоні 40-річного внесення $N_{43}P_{43}K_{43} + 8,3$ т гною на 1 га ріллі – 42,2-45,6 млн. КУО в 1 г абсолютно сухого ґрунту. У складі ґрунтової мікрофлори переважали амоні- і нітрифікатори – 14,6-15,6 та 11,1-13,2 млн. КУО в 1 г абсолютно сухого ґрунту.

Досліджено, що застосування добрив істотно зменшило рясність бур'янів в агроценозі пшениці озимої обох зернових ланок. За внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ чисельність бур'янів у фазі весняного кушення порівняно з контролем без добрив зменшилась у 6,3-6,5 рази, маса бур'янів на момент збирання врожаю – у 2,6-3,0 рази. У складі сеgetальної рослинності на момент збирання врожаю найбільшу біологічну масу формувала лобода біла (*Chenopodium album*) – 3,4-4,3 г/м², грицики звичайні (*Capsella bursa-pastoris L.*) – 0,6-4,0, шпегель звичайний (*Spergula vulgaris*) – 0,3-2,9.

Встановлено, що у ланці з конюшиною врожайність зерна пшениці озимої була вищою, ніж за попередника вики ярої на 0,38-1,32 т/га, вміст білка в зерні на 0,3-0,4%. Найвища врожайність зерна у ланці з конюшиною досягала за внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 6,76 т/га з перевагою до контролю без добрив – 1,99 т/га. Підвищенню врожайності та якості зерна пшениці озимої сприяло триразове внесення азотних добрив загальною дозою 110 кг/га, що включало 60 кг/га азоту по мерзлоталому ґрунту ранньою весною у вигляді амонійної селітри та двох позакореневих підживлень розчинами сечовини у фазі ВВСН 31-32 дозою азоту 30 кг/га та ВВСН 75-77 дозою 20 кг/га: врожайність зерна – 6,90 т/га, вміст білка – 12,5%.

За результатами довготривалих польових досліджень встановлено, що ячмінь ярий в обох зернових ланках та конюшина добре відгукувались на

післядію добрив з підвищенням врожайності – відповідно на 0,82-1,04 та 14,7-16,0 т/га, тоді як вика яра незначно реагувала на їх післядію. Найвищу врожайність ячменю ярого та конюшини отримали у післядії внесення $N_{43}P_{43}K_{43} + 8,3$ т гною на 1 га ріллі – відповідно 3,45-3,56 та 33,0 т/га зі збільшенням до контролю без добрив – на 1,0-1,04 та 16 т/га.

Визначено, що найвищої продуктивності зернової ланки досягали у плодозмінній сівозміні на фоні 40-річного внесення $N_{43}P_{43}K_{43} + 8,3$ т гною та $N_{43}P_{43}K_{43} +$ побічна продукція на 1 га ріллі: збір кормових одиниць – 8,02 та 8,17 т/га, зерна – 3,33 та 3,35 т/га ланки сівозміни, тоді як у зерно-просапній сівозміні внесення $N_{43}P_{43}K_{43} + 8,3$ т гною на 1 га ріллі зменшило продуктивність ланки – відповідно на 2,08 та 0,33 т/га.

Встановлено, що внесення у зернових ланках $N_{20-30}P_{20}K_{20}$ на 1 га ланки сівозміни є недостатнім для формування врівноваженого балансу елементів живлення у ґрунті з дефіцитом азоту – 30-45 кг/га, фосфору – 17-26, калію – 79-101 кг/га ланки сівозміни за інтенсивності балансу – відповідно 62-73%, 47-55% та 21-35%. Формування врівноваженого балансу елементів живлення в обох зернових ланках потребує збільшення дози азотних і фосфорних добрив удвічі, калійних – у 3,5 рази.

Досліджено, що енергетично та економічно найефективнішим є вирощування сільськогосподарських культур у ланці з конюшиною за застосування $N_{20}P_{20}K_{20} +$ солома на 1 га ланки сівозміни: К_ее – 6,3, абсолютний прибуток – 44249 грн./га, рентабельність – 104%. Найефективнішим способом застосування азотних добрив під пшеницю озиму визначено триразове їх внесення загальною дозою 80 кг/га у поєднанні з мікродобривом «Максимум» – рентабельність 111%.

Ключові слова: чорнозем вилугуваний, родючість, зернова ланка, продуктивність культур.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях України

1. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Гоголь Л.О. Вплив ланок сівозміни та системи удобрення на формування мікробного ценозу чорнозему вилугуваного. *Зб. наук. праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*; Київ: ФОРМ Корзун Д.Ю., 2019; 27, с. 24-30 (частка авторства становить 80%, планування і виконання досліджень, аналіз даних, написання статті).

2. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Сенчук С.М. Поживний режим чорнозему вилугуваного та продуктивність зернової ланки за тривалого удобрення сівозміни. *Вісник аграрної науки* 2020; 3 (804), с. 5-12.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202003> (частка авторства становить 85%, планування і виконання досліджень, аналіз даних, написання статті).

3. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Дубовий Ю.О. Екологічне контролювання чисельності бур'янів у посівах пшениці озимої. *Карантин і захист рослин* 2020; 1(259), с. 16-19. (частка авторства становить 80%, планування і виконання досліджень, аналіз даних, написання статті).

4. Іваніна Р.В. Винос та баланс елементів живлення в зернових ланках сівозміни за різних систем удобрення. *Наукові доповіді НУБіП України* 2019; 6(82). <http://doi.org/10.31548/dopovidi2019.06.011>

5. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Сенчук С.М. Вплив мінеральних добрив і попередників на водоспоживання та продуктивність пшениці озимої. *Зернові культури* 2019; Т. 3, 2, с. 305-311. <http://doi.org/10.31867/2523-4544/0090> (частка авторства становить 80%, планування і виконання досліджень, аналіз даних, написання статті).

6. Іваніна Р.В. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур у зернових ланках сівозміни. *Таврійський науковий вісник* 2019; 110 (1), с. 82-87.

7. Цвей Я.П., Іваніна Р.В., Дубовий Ю.О. Стан гумусу чорнозему вилугуваного та післядія добрив за тривалого їх застосування у зернових ланках сівозміни. *Новітні агротехнології* 2019; 7.

URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204798>. (частка авторства становить 80%, планування і виконання досліджень, аналіз даних, написання статті).

Статті у закордонних виданнях (SCOPUS)

8. Tsvey Ya., Ivanina R., Ivanina V., Senchuk S. Yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grain in relation to nitrogen fertilization. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 2021; 74(1), p. 9413-9422. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/issue/view/5486/1674> (частка авторства становить 80%, планування і виконання досліджень, аналіз даних, написання статті).

Патент на корисну модель

9. Патент на корисну модель 132355 Україна, МПК (2006.01) A01B 79/02. Спосіб оптимізації культур у напрямку біологізації сівозміни / М.В. Роїк, Я.П. Цвей, С.О. Бондар, Ю.П. Дубовий, Р.В. Іваніна; заявник і патентовласник Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – № u 2018 09046; заявл. 31.08.2018; опубл. 25.02.2019, Бюл. № 4 (проведення польових досліджень, аналіз стану проблеми та результатів досліджень).

Матеріали наукових конференцій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

10. Іваніна В.В., Іваніна Р.В., Сенчук С.М. Формування трофічного ланцюга пшениці озимої в умовах короткоротаційних сівозмін. *Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції»* 12 вересня 2019; Чабани, 2019; с. 48-50.

11. Іваніна Р.В. Сталість вирощування пшениці озимої в умовах кліматичних змін. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Рослинництво XXI століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України»* 25-26 вересня 2019; Київ, 2019; с. 23-24.

12. Іваніна Р.В. Бобові попередники у формуванні сталих засад вирощування пшениці озимої. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 135-й річниці з дня заснування Полтавського дослідного поля «Від історії до сучасності»* 04 жовтня 2019; Полтава, 2019; с. 38-40.

Рекомендації

13. Цвей Я.П., Сінченко В.М., Іваніна В.В., Вакуленко М.О. ... Іваніна Р.В. та ін. Рекомендації по веденню різноротаційних сівозмін для господарств усіх форм власності для ґрунтово-кліматичних зон України / за участю і редакцією доктора с.-г. наук, професора Я.П. Цвея. 2018. 60 с. (проведення польових досліджень, аналіз даних, написання розділу).

ANNOTATION

Ivanina R. V. Reproduction the fertility of leached black soil and crop productivity in grain-beet rotations in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The thesis for getting the scientific degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 20 "Agrarian Sciences and Food" in the specialty 201 "Agronomy" – Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets NAAS, Kyiv, 2021.

Actuality of theme. Preservation of soil fertility and the introduction of sustainable technologies for growing crops are the most popular areas of world research. Information obtained in long-term stationary experiments on the impact of 40 years of fertilization on the fertility of leached black soil and crop yields, supplemented by innovative solutions on optimize the use of nitrogen fertilizers for winter wheat allows to develop a fertilizer system based on the principles of sustainability and innovation that is why it is timely and relevant.

Scientific novelty of the obtained results. *For the first time* in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine in crop rotation with bean grasses and rotation with grain and row crops regularities of change the fertility of leached black soil after 40-year application of fertilizers are established. It was proved that the process of reproducing the fertility of leached black soil is determined by the application of organic fertilizers, the dose of mineral fertilizers and the introduction of perennial legumes in crop rotation.

It was improved the system of winter wheat fertilization through optimizing doses and ways of nitrogen fertilizer application.

It was further developed the issues of nitrogen nutrition efficiency in achieving high yield and grain quality of winter wheat; questions of predecessors in moisture supply of winter wheat plants and their influence on microbial soil cenosis.

The practical significance of the obtained results. Based on the results of long-term field research, agrochemical principles for sustainable cultivation of agricultural crops in grain-beet crop rotations of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine have been formed, which will ensure the preservation of fertility of leached black soil.

According to the temporary field experiment and their production inspection, a system of effective application of nitrogen fertilizers for winter wheat has been developed, which provides grain yield over 7 t/ha with a profit from fertilizer over 9000 UAH/ha.

The main results of research. It is established that the expanded reproduction of humus content in leached black soil was achieved in crop rotation with bean grasses after 40-year application of N43R43K43 + 8.3 tons of manure per 1 ha of arable land: humus content in the layer 0-30 cm - 3.52%, 30-40 cm - 3.28% with excess of the control without fertilizers - by 0.36% and 0.22%. With a transition to rotation with grain and row crops or with replacement of traditional organic-mineral fertilization to alternative (N43R43K43 + by-products per 1 ha of arable land) the humus content in the layer of 0-30 cm decreased - by 0.07% and 0.10%, 30-40 cm - by 0.02% and 0.06%.

It was investigated that the annual application of 64 kg of phosphorus with organic and mineral fertilizers per one ha of arable land provided expanded reproduction of the mobile phosphate fund in the leached black soil of both crop rotations. With 40-year application of N43-65R43K43 + 8.3 tons of manure per 1 ha of arable land, the content of mobile phosphorus in the layer of 0-30 cm was 309-323 mg/kg, 30-40 cm - 229-266 with excess of the control without fertilizers - by 133-138 and 75-103 mg/kg of soil.

According to the results of long-term field studies, it was found that the organic-mineral fertilizer system formed the stability of the mobile potassium fund in the leached black soil of both crop rotations at the average level of provision. The content of mobile potassium in the agrocenosis of winter wheat after 40 years of fertilizer application in crop rotation with bean grasses in the layer 0-30 cm was 102-104 mg/kg, 30-40 cm - 80-82; rotation with grain and row crops - 109-123 and 79-89, respectively, which exceeded in average for both crop rotations control without fertilizers by 29-43 and 16-26 mg/kg of soil.

It was studied that crop rotation with bean grasses after long-term application of organic and mineral fertilizers created better conditions for providing plants with moisture. In the agrocenosis of winter wheat of crop rotation with bean grasses under

application of N60P60K60 for the formation of one ton of biological yield was consumed 212 m³ of moisture, rotation with grain and row crops - 259 m³ with moisture consumption in the control without fertilizers - 348 m³.

It was found that the microbiological activity in leached black soil depended mainly on the application of fertilizers. The largest number of soil microorganisms in the phase of spring tillering of winter wheat of both grain chains in crop rotation was observed at doses of N60R60K60 against the background of 40-year application of N43R43K43 + 8.3 tons of manure per 1 ha of arable land - 42.2-45.6 million CFU in 1 g of absolutely dry soil. Ammonifiers and nitrifiers dominated the composition of the soil microflora –14.6-15.6 and 11.1-13.2 million CFU in 1 g of absolutely dry soil, respectively.

It was investigated that the application of fertilizers significantly reduced the abundance of weeds in the agrocenosis of winter wheat in both grain chains of crop rotation. Application of N60P60K60 decreased the number of weeds in the phase of spring tillering compared to the control without fertilizers by 6.3-6.5 times, the weight of weeds at the time of harvest - by 2.6-3.0 times. In the composition of segetal crops at the time of harvest the largest biological mass was formed by quinoa white (*Chenopodium album*) – 3,4-4,3, common buckthorn (*Capsella bursa-pastoris*) – 0,6-4,0, ordinary plywood (*Spergula vulgaris*) – 0.3-2.9 g/m².

It was found that in crop chain with clover the grain yield of winter wheat was higher than after the predecessor of spring vetch by 0.38-1.32 t/ha, the protein content in the grain by 0.3-0.4%. The highest grain yield in chain with clover was achieved with the application of N60P60K60 - 6.76 t/ha with an advantage to the control without fertilizers - 1.99 t/ha. The increase in yield and grain quality of winter wheat was facilitated by triple applications of nitrogen fertilizers of total dose of 110 kg/ha, which included 60 kg/ha of nitrogen on the frozen soil surface in early spring in the form of ammonium nitrate and two foliar fertilization with urea solutions at the phase BBCH 31-32 with nitrogen dose of 30 kg/ha and BBCH 75-77 at a dose of 20 kg/ha: grain yield - 6.90 t/ha, protein content - 12.5%.

According to the results of long-term field studies, it was found that the spring barley in both crop rotation chains, and clover responded well to the aftereffect of fertilizers application with increased yields - by 0.82-1.04 and 14.7-16.0 t/ha,

respectively, while spring vetch insignificantly reacted to the aftereffect of fertilizers. The highest yield of spring barley and clover was obtained in the aftereffect of N43R43K43 + 8.3 tons of manure per 1 ha of arable land - respectively 3.45-3.56 and 33.0 t/ha with an increase to the control without fertilizers - by 1.0-1,04 and 16 t/ha.

It was determined that the highest productivity of grain chain has been achieved in crop rotation with bean grasses when applied for 40-ty years of N43R43K43 + 8.3 tons of manure and N43R43K43 + by-products per 1 ha of field: harvest of feed units of 8.02 and 8.17 t/ha, grain harvest of 3,33 and 3.35 t/ha of chain, while in the rotation with grain and row crops at the application of N43R43K43 + 8.3 tons of manure per 1 ha of field – 5.94 and 3.00 t/ha, respectively.

It is established that in grain chains the application of N20-30R20K20 per 1 ha of chain determined to be insufficient for the formation of a sustainable balance of nutrients in the soil with nitrogen deficiency of 30-45 kg/ha, phosphorus – 17-26, potassium – 79-101 kg/ha of rotation chain with the balance intensity of 62-73%, 47-55% and 21-35%, respectively. The formation of a sustainable balance of nutrients in both grain chains requires increasing the dose of nitrogen and phosphorus fertilizers twice, potassium – 3.5 times.

It was investigated that most energy and economically efficient was the cultivation of crops in chain with clover when applying N20P20K20 + straw per 1 ha of rotation chain: Kee – 6.3, absolute profit – 44249 UAH/ha, profitability – 104%. The highest economic efficiency of growing winter wheat was achieved under threefold applications of nitrogen fertilizers total dose of 80 kg/ha in combination with microfertilizer "Maximus" – profitability of 111%.

Key words: *leached black soil, fertility, grain crop rotation, crop productivity.*