

UDC 631.582: 631.452: 631.81

PRODUCTIVITY COMPONENT VEGETABLES AND FORAGE CROP ROTATION ENERGY ACCUMULATION AND BALANCE OF NUTRIENTS ELEMENTS, DEPENDING ON FERTILIZATION SYSTEM

Kuts O.V., Paramonova T.V., Mykhailyn V.I., Mozgovskyy O.F., Semenenko I.I.

Institute of Vegetables and Melon growing of NAAS of Ukraine

Instytutaska str., 1, vill. Seleksiine, Kharkiv rg., Ukraine, 62478

E-mail: ovoch.iob@gmail.com

Romanov O.V., Romanova T.A.

Kharkiv National Agrarian University nd. a V.V Dokuchaev

Township Dokuchaevsky, Kharkov rg., Kharkiv district, 62483

E-mail: agrofak@knu.kharkov.ua

<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2019-66-55-65>

Purpose. To determine the productivity of different fertilizer systems on the performance of the irrigated vegetable-forage crop rotation link, the energy accumulation of soil organic matter, and the balance of nutrients. **Methods.** Field (long-term stationary), laboratory, mathematic and statistical. **Results.** The use of mineral ($N_{226}P_{130}K_{135}$) and organo-mineral fertilizer systems (14 t/ha of organic fertilizers + $N_{30-60}P_{28-57}K_{25-50}$) ensures a barley yield increase of 26.0–59.1%, of winter wheat by 20.1–38.0%, perennial herbs – by 13.4–21.1%. The yield of forage units is 11.9–12.8 t/ha, the grain harvest is 0.85–1.01 t/ha of crop rotation area, which indicates a high level of productivity of the vegetable-fodder crop rotation unit according to these fertilizer systems. In the case of fertilizer systems using organic fertilizers, there is an increase in the energy potential of soil organic matter (3068–3155 GJ/ha), an indicator of the activity of energy processes (0.105–0.106) and an indicator of soil fertility stability (1.19–1.26). The overall level of energy stability of soil organic matter remains low, but due to the optimum level of activity of energy processes a positive trend is observed. In the case of mineral, organic and organo-mineral fertilizer systems, a negative balance of nitrogen, phosphorus and potassium in the rotation link was observed. The lowest level of use of the nutrients from the soil reserves was observed in the organo-mineral fertilizer system (nitrogen 81 kg/ha, phosphorus – 34 kg/ha, potassium – 284 kg/ha). **Conclusions.** According to the combined effect on the yield of cereals and fodder, vegetable plants, the output of fodder units in the link of irrigated vegetable-fodder crop rotation of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine stands out mineral (with calculated doses of fertilizers and microelements) and organo-mineral (14 t/ha of manure + $N_{60}P_{57}K_{50}$ or locally $N_{15}P_{14}K_{12.5}$) fertilizer systems. Organic-mineral fertilizer system in irrigated vegetable-fodder crop rotation of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine provides the most optimal parameters of soil energy state (energy potential of soil organic matter – 3155 GJ/ha, soil fertility index – 1.26) and leads to the formation of a balance of nutrients with minimal use of soil reserves.

Ключові слова: fertilizer system, vegetable-forage crop rotation, energy potential of organic matter, balance of nutrients

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛАНКИ ОВОЧЕ-КОРМОВОЇ СІВОЗМІНИ, НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ТА БАЛАНС ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ

Куц О. В., Парамонова Т.В., Михайлин В.І., Мозговський О.Ф., Семененко І.І.

Інститут овочівництва і баштанництва НААН України

вул. Інститутська, 1, сел. Селекційне Харківської обл., Україна, 62478

E-mail: ovoch.iob@gmail.com

Романов О.В., Романова Т.А.

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва
п/в «Докучаєвське – 2», Харківська область, 62483,
E-mail: agrofak@knau.kharkov.ua

Мета. Встановити вплив різних систем удобрення на продуктивність ланки зрошуваної овоче-кормової сівозміни, накопичення енергії органічною речовиною ґрунту та баланс елементів живлення. **Методи.** Польові (довготривалі стаціонарні), лабораторні, розрахунково-статистичні. **Результати.** Використання мінеральної ($N_{226}P_{130}K_{135}$ з розрахунку на 1 га сівозмінної площі) та органо-мінеральних систем удобрення (14 т/га органічних добрив + $N_{30-60}P_{28-57}K_{25-50}$) забезпечує зростання урожайності ячменю на 26,0–59,1%, пшениці озимої – на 20,1–38,0%, люцерни – на 13,4–21,1%. При цьому вихід кормових одиниць становить 11,9–12,8 т/га, збір зерна – 0,85–1,01 т/га сівозмінної площі, що свідчить про високий рівень продуктивності ланки овоче-кормової сівозміни за даних систем удобрення. За систем удобрення, де використовуються органічні добрива, відмічається зростання енергопотенціалу органічної речовини ґрунту (3068–3155 ГДж/га), показнику активності енергетичних процесів (0,105–0,106) та показник стійкості родючості ґрунту (1,19–1,26). Загальний рівень енергетичної стабільності органічної речовини залишається низьким, але за рахунок оптимального рівня активності енергетичних процесів відмічається позитивна тенденція. За мінеральної, органічної та органо-мінеральної систем удобрення відмічено від'ємний баланс азоту, фосфору та калію в ланці сівозміни. Найнижчий рівень використання елементів живлення з ґрунтових запасів відмічено за органо-мінеральної системи удобрення (азоту 81 кг/га, фосфору – 34 кг/га, калію – 284 кг/га). **Висновки.** За сукупною дією на урожайність зернових та кормових, овочевих рослин, вихід кормових одиниць в ланці зрошуваної овоче-кормової сівозміни Лівобережного Лісостепу України виділяється мінеральна (з розрахунковими дозами добрив та використанням мікроелементів) та органо-мінеральні (14 т/га гною + врозкид $N_{60}P_{57}K_{50}$ або локально $N_{15}P_{14}K_{12.5}$) системи удобрення. Органо-мінеральна система удобрення в зрошуваній овоче-кормовій сівозміні Лівобережного Лісостепу України забезпечує найбільш оптимальні параметри енергетичного стану ґрунту (енергопотенціал органічної речовини ґрунту – 3155 ГДж/га, показник стійкості родючості ґрунту – 1,26) та зумовлює формування балансу елементів живлення з мінімальним використанням ґрунтових запасів.

Ключові слова: система удобрення, овоче-кормова сівозміна, енергопотенціал органічної речовини, баланс елементів живлення

Вступ. Україна завдяки високому продуктивному потенціалу ґрунтів набуває статусу постійно зростаючого експортно орієнтованого виробництва сільськогосподарської продукції. Ефективність такого спрямування значною мірою залежить від агрохімічно і агроекологічно обґрунтованих заходів відтворення родючості ґрунту (Gud V.P., Roshko V.G., 2003). В той час зростання культури землеробства забезпечується лише в разі дотримання науково-обґрунтованих сівозмін, що відповідають конкретним природно-кліматичним умовам та спеціалізації сільськогосподарського виробництва.

Овочеві рослини вирощуються в спеціалізованих овочевих, овоче-кормових, овоче-зернових сівозмінах, в збірних окремих полях польових сівозмін. Наразі вибір типу сівозміни в основному залежить від спеціалізації та об'єму виробництва в господарстві, загальної продуктивності сівозміни. За даними О. Д. Вітанова продуктивність спеціалізованих овочевих сівозмін визначається її типом та на-

сиченістю окремими видами рослин. Виробництво овочів в овоче-кормових сівозмінах з багаторічними бобовими травами на 9 % вище, ніж в овоче-зернових. Раціональні схеми чергування овочевих рослин дозволяють за однакового співвідношення в ланці сівозміни збільшити їх продуктивність на 12–25 % (Vitanov, O.D., 1997).

В будь-якому разі реалізація сівозміни не повинна допускати зниження природної родючості ґрунтів, а в ідеалі – сприяти її зростанню. Підвищення рівня родючості, в свою чергу, забезпечить збільшення урожайності, що формується за рахунок природної родючості ґрунтів, а, отже, зменшення кількості добрив та меліорантів для формування планової урожайності сільськогосподарських рослин.

Згідно даних багаторічних досліджень та виробничого досвіду, урожайність сільськогосподарських рослин в основному залежить від агрохімічного блоку системи землеробства, частка впливу якого складає 41 % (Tkachenko,

М.А., Litvinov, D.V., 2014). Різні системи удобрення неоднаково впливають на продуктивність сівозмін та показники родючості ґрунту. В дослідженнях Л.А.Барштейна, І.С.Шкаредного, В.М. Якименко, М.М. Мартиновича, Л.І. Мартинович, В.М. Якименко, В.Л. Теселька, Н.Н. Кожуховського, Ю.А. Тонкаля, Я.П. Цвея встановлено, що ефективність добрив змінюється залежно від рівня родючості ґрунту, доз та способів внесення добрив, збалансованості за елементами живлення, розподілу добрив між культурами сівозміни (Barshteyn, L.A., Shkarednyy, 2002; Martynovich, N.N., Martynovich, L.I., 1994; Yakimenko, V.N., Teselko, V.L., 1984; Tonkal, E.A., 1968; Tsvei, Ya.P., 2004). В багатьох дослідженнях застосування мінеральної системи удобрення сприяє посиленню деградаційних процесів в ґрунтах і поступовому зниженню продуктивності сівозміни. Так, в дослідженнях на кислих ясно-сірих лісових поверхнево оглених ґрунтах Лісостепу Західного довготривале застосування мінеральної системи удобрення обумовлює отримання невисоких врожаїв культур та відповідно продуктивності сівозміни нижчою за варіант без добрив. Тоді як систематичне сумісне застосування органо-мінеральної системи удобрення (10 т/га сівозмінної площі ґною з внесенням $N_{65}P_{68}K_{68}$ на фоні вапнування) забезпечує отримання високої продуктивності сівозміни на рівні 6,15-6,78 т/га зернових одиниць (Kaminsky, V.F., Saiko, V.F., 2012). Багатьма дослідниками доведено, що важливу роль в оптимізації живлення культур зерно-просапних сівозмін (до яких можна віднести і овоче-кормові сівозміни) має поєднання внесення органічних і мінеральних добрив (Tonkal, E.A., 1968; Lazurovsky, O.V., 1972). Але за поєднання внесення органічних і мінеральних добрив дозу останніх потрібно оптимізувати з урахуванням кількості елементів живлення у складі органічних добрив, забезпеченості ґрунту та системи ведення сівозміни (Pykhtin, I.G., Gorkov, V.P. (1988; Armstrong, M., Miford, G., 2000; Kessel, W.C., 1988; Muller, S., 1986).

В умовах сучасного виробництва система удобрення виступає ефективним заходом впливу на енергетичний потенціал ґрунту. Використання добрив нормує обсяги надходження енергії в ґрунт, впливає на її розподіл та зберігання. За даними В. В. Іваніни, С. В. Рогальського внесення органічних добрив у систему удобрення культур сприяє збереженню енергетичного потенціалу ґрунту, а за високих обсягів надходження органічної речовини забезпечує розши-

рене його відтворення (Ivanina, V.V., 2012; Rogalsky, S.V., 2001). Стабільність енергетичного потенціалу чорнозему типового за органо-мінеральної системи удобрення відмічалось і в дослідженнях Я. П. Цвея (Tsvei, Ya.P., 2011).

Важливим також залишається дослідження балансу поживних речовин, який дозволяє встановити територіальні параметри допустимого насичення сівозміни добривами, оптимізувати дози та забезпечити раціональне екологічно-збалансоване їх застосування (Zagorcha, K.L., 1990; Ivanina, V.V., 2012; Sichev, V.G., 2000; Tsvei, Y.P., Shimanska, N.K., 2000).

Мета і завдання дослідження – встановити вплив різних систем удобрення на продуктивність ланки зрошуваної овоче-кормової сівозміни, накопичення енергії органічною речовиною ґрунту та баланс елементів живлення.

Методика та вихідний матеріал. Дослідження проводили впродовж 2013–2019 рр. в лабораторії агрохімічних досліджень та якості продукції Інституту овочівництва і баштанництва НААН.

В дослідженні встановлення ефективності різних систем удобрення проводили в ланці зрошуваної овоче-кормової сівозміни (ячмінь з підсівом люцерни – люцерна першого та другого років використання – огірок – озима пшениця). Схема досліду представлена в таблиці 1, де вказано систему удобрення в цілому по сівозміні, так і окремо під кожен культуру її ланки.

В дослідженнях використовували наступні мікробні препарати: 1) ячмінь – обробка насіння мікробним препаратом «Органік баланс» (1,0 л/т); 2) огірок – внесення в рядки при посіві гранул з мікробними препаратами «Біогран» та «Фосфогумін» (8-10 кг/га); 3) пшениця озима – обробка насіння мікробним препаратом Органік баланс (1,0 л/т). Мікродобрива в варіанті за інтенсивної системи удобрення вносили тільки під огірок: «Реаком-Р-огірки» (по 3 л/га) в фазу 3-4 спр. листків, через 10 днів після першого, перед цвітінням.

Дослідження проводились відповідно до загальноприйнятих методик (Bondarenko, G.L., Yakovenko, K.I., 2001; Dospekhov, B.A., 1985). Загальна площа ділянки становила 58,3 м² (8,33 м × 7,0 м), облікова – 36,4 м² (5,6 м × 6,5 м), повторність – чотириразова, розміщення ділянок – систематичне в два яруси. Технологія вирощування овочевих, зернових та кормових культур – загальноприйнята для зони Лівобережного Лісостепу за зрошення способом дощування.

Таблиця 1 – Схема дослідів зі встановлення ефективності різних систем удобрення в ланці зрошуваної овоче-кормової сівозміни

| Система удобрення (на 1 га сівозмінної площі) | Культури ланки сівозміни | | | |
|--|---|---------|---|---|
| | Ячмінь з підсі- вом | Люцерна | Огірки | Пшениця озима |
| Без добрив | - | - | - | - |
| Органічна система | | | | |
| Гній 14 т/га | - | - | 50т/га | - |
| Гній 21 т/га | - | - | 100 т/га | - |
| Біологізована система | | | | |
| Сидеральна з комплексом мікробних препаратів | Мікробні пре- парати | - | Мікробні препара- ти | Мікробні препарати + заорювання соломи 3т/га (деструктор сте- рні) |
| Біологічна (органічні до- бріва + сидерати + мік- робні препарати) | Мікробні пре- парати | - | 40т/га гною + мік- робні препарати | Мікробні препарати + заорювання соломи 3т/га (деструктор) |
| Мінеральна система | | | | |
| N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | - | N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ |
| N ₂₂₆ P ₁₃₀ K ₁₃₅ (розрахунко- ві) + мікроелементи | (ур-ть 4 т/га) N ₁₁₀ P ₁₃₀ K ₆₀ | - | (ур-ть 50 т/га) N ₂₀₀ P ₂₁₀ K ₂₀₀ +МД | (ур-ть 5 т/га) N ₂₀₀ P ₈₀ K ₁₁₀ |
| Органо-мінеральна система | | | | |
| Гній 14 т/га + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | - | 66т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ | N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ |
| Гній 14 т/га + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ | - | 50т/га + N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀ | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ |
| Гній 21 т/га + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ | - | 66т/га + N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀ | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ |
| Гній 14 т/га + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (локально) | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ | - | 50т/га + N ₄₅ P ₃₀ K ₃₀ (лок) | N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ |
| Гній 21 т/га + N ₁₅ P ₁₄ K _{12,5} (локально) | N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ | - | 66т/га + N _{22,5} P ₁₅ K ₁₅ (лок) | N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ |

Оцінку енергетичного стану ґрунту проводили за методикою Н. П. Масютенко (Masyutenko, N.P., Volodin, V.M., 2000; Masyutenko, N.P., 2004). Енергопотенціал органічної речовини ґрунту розраховували за формулою (1):

$$Q = Q_r + Q_{nr} \quad (1),$$

де Q_r – запаси енергії в гумусі, ГДж/га; Q_{nr} – запаси енергії в негуміфікованій органічній речовині ґрунту, ГДж/га.

Запаси енергії в гумусі розраховували за формулою (2):

$$Q_r = 2165 \times \Gamma \times H \times d \quad (2),$$

Γ – загальний вміст гумусу, %; H – шар ґрунту, м; d – щільність ґрунту, т/м³.

Запаси енергії в негуміфікованій органічній речовині ґрунту розраховували за формулою (3):

$$Q_{nr} = J \times Q_r \quad (3),$$

де J – коефіцієнт перерахунку, що залежить від виду угіддя, системи рільництва та рельєфу (для наших умов – 0,025).

Зміну енергопотенціалу органічної речовини ґрунту за певний проміжок часу визначали за формулою (4):

$$\Delta Q = 21,65 \times \text{БГ} + \Delta Q_{nr} \quad (4),$$

де БГ – баланс гумусу, т/га; ΔQ_{nr} – зміна запасів енергії в негуміфікованій органічній речовині ґрунту, ГДж/га.

Виділення енергії за трансформації органічної речовини ґрунту включає енергію, що виділяється за трансформації лабільної гумусової речовини, негуміфікованої органічної речовини та енергії, яка виділяється за зміни популяцій мікроорганізмів. Даний показник було розраховано за формулою (5):

$$Q_{vt} = K_1 \times Q_{лг} + K_2 \times Q_{nr} + K_3 \times Q_{мб} \quad (5),$$

де $Q_{лг}$ – запаси енергії в лабільній гумусовій речовині, ГДж/га; $Q_{мб}$ – запаси енергії в мікробній біомасі, ГДж/га; K_1 – коефіцієнт мінералізації лабільної гумусової речовини за рік (для наших умов 0,1); K_2 – коефіцієнт мінералізації негуміфікованої органічної речовини за рік (0,6); K_3 – кількість популяцій мікроорганізмів, що змінюються впродовж року (3,0).

Показник активності енергетичних процесів (ПА₀) дозволяє визначити яку частину від енергопотенціалу органічної речовини ґрунту (Q) складає енергія, що виділення енергії за трансформації органічної речовини (Q_{BT}). Параметр розраховували за формулою (6):

$$ПА_0 = \frac{Q_{BT}}{Q} \quad (6).$$

Показник стійкості родючості ґрунту – співвідношенням між запасами загальної енергії органічної речовини ґрунту (E_c) та різницею запасів енергії в гумусі цілинного (E_{yc}) та досліджуваного ґрунтів (E_y) розраховували за формулою (7):

$$П_с = \frac{E_c}{E_{yc} - E_y} \quad (7).$$

Запаси загальної енергії органічної речовини ґрунту розраховували за формулою (8):

$$E_c = \frac{Q_{г} + Q_{HI}}{10H} \quad (8).$$

Запаси енергії в гумусі ґрунту розраховували за формулою (9):

$$E_y = \frac{Q_{г}}{10H} \quad (9).$$

Вміст азоту, фосфору та калію в рослинах за В. В. Піневичем методом мокрого озолення з подальшим визначенням азоту – об'ємним методом за мікрок'ельдалем, фосфору – колориметрично, калію – на полум'яному фотометрі (Pinevich, V.V., 1955). Розрахунок господарського та біологічного виносу елементів живлення овочевими рослинами виконували згідно методики, розробленої З. І. Журбицьким (Bulyhin, S.Iu., Baliuk, S.A. (Ed.), 1999).

Результати та їх обговорення. Продуктивність ланки сівозміни визначається урожайністю окремих культур, яка, в свою чергу, залежить від дії та післядії різних систем удобрення.

За рахунок покращення поживного режиму та мікробіологічної активності ґрунту внесення органічних та мінеральних добрив забезпечують зростання урожайності зернових, кормових та овочевих рослин в ланці овоче-кормової сівозміни (табл. 2). Так, за всіма системами удобрення урожайність зерна ячменю істотно зростає на 0,43-1,39 т/га або на 18,4-59,1 % відносно контролю з урожайністю 2,35 т/га. Найменші прирости урожайності культури забезпечують післядії різних доз органічних добрив (підвищення урожайності в межах 18,4-28,2 %), а також біологізовані системи оптимізації живлення (26–28%). Урожайності ячменю на рівні 3,74 т/га зумовлює використання мінеральної системи удобрення з внесенням розрахункових доз добрив (під ячмінь N₁₁₀P₁₃₀K₆₀ для отримання урожайності на рівні 4,0 т/га).

Також високий рівень урожайності (3,39 т/га) отримано по післядії 21 т/га органічних добрив та внесенню під ячмінь врозкид N₃₀P₃₀K₃₀, по післядії 14 т/га органічних добрив та внесенню врозкид N₆₀P₆₀K₆₀ (3,41 т/га), тобто за орґано-мінеральної систем удобрення.

Урожайність соломи ячменю також корелювала з урожайністю зерна. Високі урожаї соломи відмічено за мінеральної та орґано-мінеральних систем удобрення. По післядії гною 14 т/га сівозміної площі в поєднанні з внесенням + N₆₀P₆₀K₆₀ урожайність соломи була найвищою по досліді та становила 7,15 т/га. По післядії малих доз органічних добрив урожайність соломи була вищою за контроль, але найменшою серед варіантів удобрення (5,36 т/га).

Аналізуючи урожайність багаторічних трав (люцерни) в ланці сівозміни за різних систем удобрення потрібно відмітити, що не всі системи удобрення в післядії забезпечували суттєве зростання урожайності трав. Найбільше зростання урожайності зеленої маси люцерни першого року використання забезпечує післядія орґано-мінеральної системи удобрення (14 т/га гною + врозкид N₆₀P₅₇K₅₀); при цьому прирости урожайності становили 10,9 т/га або 25% відносно контролю з урожайністю зеленої маси 44,1 т/га. Істотне підвищення урожайності люцерни відмічено також по післядії мінеральної, орґано-мінеральних (14-21 т/га гною + N₃₀P₂₈K₂₅, 21 т/га гною + локально N₁₅P₁₄K_{12,5}) та інтенсивної (з розрахунковими дозами мінеральних добрив) систем удобрення. За післядії органічних добрив та використання мікробних препаратів урожайність культури зростала не суттєво, що, на нашу думку, пов'язано з відсутністю ефекту післядії добрив на четвертий та п'ятий роки від їх внесення.

Подібна закономірність відмічається і у випадку з люцерною другого року використання. Найвищу урожайність за двома укусами (37,9 т/га) обумовлює післядія орґано-мінеральної системи удобрення в сівозміні (14 т/га гною + врозкид N₆₀P₅₇K₅₀). Післядія мінеральних та орґано-мінеральних систем удобрення забезпечує зростання урожайності зеленої маси люцерни другого року використання в межах 3,3-5,4 т/га або 11-18% відносно контролю з урожайністю 30,0 т/га.

Найвищий рівень урожайності огірка (23,1-25,4 т/га) зумовлює застосування розрахункової дози мінеральних добрив (під огірок – врозкид N₂₀₀P₂₁₀K₂₀₀) з використанням мікроелементів (позакореневі підживлення Реаком-Р-огірки).

Таблиця 2 – Вплив систем удобрення на урожайність рослин в ланці зрошуваної овоче-кормової сівоzmіни

| Система удобрення ланки сівозмінні (на 1 га сівозмінної площі) | Урожайність, т/га | | | | | |
|---|------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| | Ячмінь (2013-2015 рр.) | | Люцерна 1 р.в. (2014-2016 рр.) | Люцерна 2 р.в. (2015-2017 рр.) | Огірок (2016-2018 рр.) | Пшениця озима (2017- 2019 рр.) |
| | зерно | солома | | | | зерно |
| | 2,35 | 4,79 | 44,1 | 30,0 | 14,0 | 3,89 |
| Без добрив (контроль) | солома 5,60 | | | | | |
| Органічна система | | | | | | |
| Гній 14 т/га | 3,00 | 5,36 | 46,7 | 31,3 | 16,9 | 4,9 |
| Гній 21 т/га | 2,78 | 5,80 | 49,0 | 33,2 | 17,8 | 4,88 |
| Біологізована система | | | | | | |
| Сидеральна з мікробними препаратами | 2,96 | 5,79 | 45,9 | 31,3 | | 4,79 |
| Біологічна (гній 9 т/га + сидерати + мікробні препарати) | 3,01 | 5,70 | 46,7 | 33,3 | | 4,63 |
| Мінеральна система | | | | | | |
| N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ | 3,26 | 6,56 | 50,0 | 34,1 | 16,9 | 5,14 |
| N ₂₂₆ P ₁₃₀ K ₁₃₅ (розрахункові) + мікроелементи | 3,74 | 6,22 | 51,3 | 35,4 | 20,3 | 5,37 |
| Органо-мінеральна система | | | | | | |
| 14 т/га гною + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ | 2,96 | 7,15 | 55,1 | 37,9 | 18,3 | 4,67 |
| 14 т/га гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (вразкид) | 3,16 | 5,93 | 50,9 | 34,8 | 17,4 | 5,15 |
| 21 т/га гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ | 3,39 | 6,49 | 49,9 | 33,9 | 17,9 | 4,97 |
| 14 т/га гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (локально) | 3,13 | 5,52 | 49,0 | 33,6 | 17,9 | 5,26 |
| 14 т/га гною + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (локально) | 3,16 | 5,71 | 49,5 | 34,1 | 18,2 | 5,18 |
| НІР _{0,95} , за роки дослідження | 0,23; 0,27; 0,34 | 0,24; 0,31; 0,38 | 2,8; 5,0; 4,8 | 3,6; 3,6; 2,8 | 2,1; 1,3; 2,3 | 0,51; 0,39; 0,46 |
| | | | | | | 0,62; 0,35; 0,89 |

Застосування під огірок органічних добрив забезпечує урожайність 19,9–21,8 т/га. За впливом на урожайність огірка економічно недоцільним є збільшення дози з 14 т/га до 21 т/га сівозмінної площі. За органо-мінерального удобрення урожайність огірка збільшується на 26,3–33,7 % відносно контролю, що було на рівні урожайності за мінеральної і органічної систем удобрення.

Використання мінеральних та післядії органічних добрив зумовлює зростання урожайності зерна пшениці озимої. Найбільший приріст урожаю зерна (більше 5 т/га) забезпечує використання мінеральних добрив та органо-мінеральних систем удобрення, де використано в післядії невисокі дози органічних добрив (14 т/га сівозмінної площі) та $N_{30}P_{30}K_{30}$. За піс-

лядії лише органічних добрив урожайність пшениці зростала на 0,99–1,01 т/га. Урожайність соломи за роки досліджень за використання мінеральних та органо-мінеральних систем удобрення в сівозміні становила 6,99–7,46 т/га, по післядії органічних добрив – 6,16–6,49 т/га, на контролі – 5,6 т/га.

В ланці зрошуваної овоче-кормової сівозміни вихід кормових одиниць з розрахунку на сівозмінної площі за використання добрив зростає до рівня 10,9–12,8 т/га при значенні даного показнику на контролі 10,1 т/га (рис. 1). Високий вихід кормових одиниць (12,2–12,8 т/га) забезпечує використання розрахункової дози мінеральних добрив та органо-мінеральна система удобрення (14 т/га гною + $N_{60}P_{57}K_{50}$).

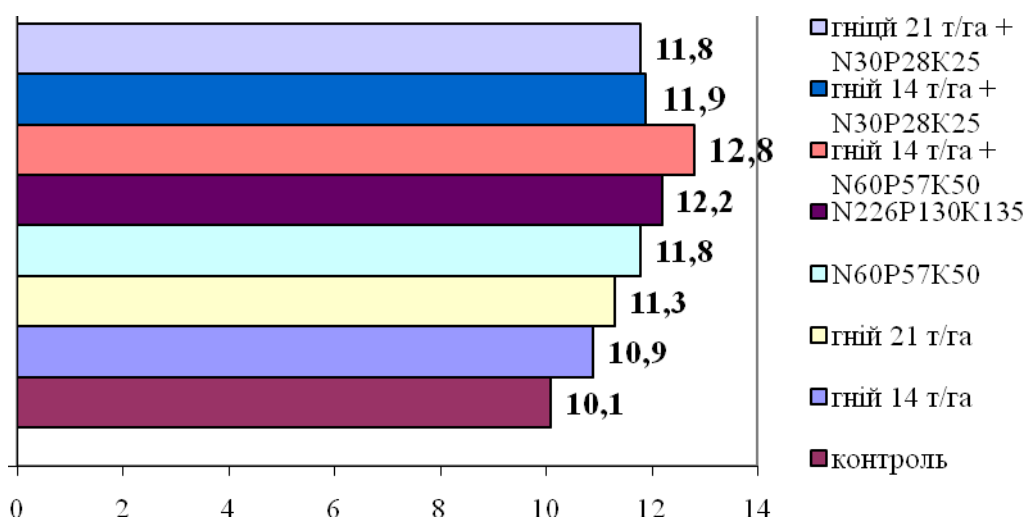


Рисунок 1. Вихід кормових одиниць за різних систем удобрення в овоче-кормовій сівозміні, т/га сівозмінної площі

За використання різних систем удобрення зростає і збір зерна з 0,69 т/га сівозмінної площі без добрив до рівня 0,85–1,01 т/га (рис. 2). Найбільший збір зерна забезпечує використання мінеральної системи удобрення з розрахункової кількістю добрив (1,01 т/га).

Системи удобрення впливали і на енергопотенціал органічної речовини ґрунту, що за своєю суттю можна охарактеризувати як кількість енергії, яка закладена в інертному гумусі, лабільних гумусових речовинах, мікробній біомасі та негуміфікованій органічній речовині в певному шарі ґрунту на одиниці площі.

Визначено енергопотенціал органічної речовини чорнозему типового за різних систем удобрення, значення якого коливалися в межах від

3017 ГДж/га за мінеральної системи удобрення до 3155 ГДж/га за спільно застосування в сівозміні органічних і мінеральних добрив (табл. 3).

Хоча використання органо-мінеральних та органічних систем удобрення істотно за значенням енергопотенціалу органічної речовини ґрунту переважають контроль та мінеральну систему удобрення, за всіма системами оптимізації живлення в сівозміні значення показника характеризується як низьке (тобто знаходиться в межах 2800–3300 ГДж/га).

Виділення енергії за трансформації органічної речовини ґрунту за різних систем удобрення в сівозміні коливалося в межах 318–333 ГДж/га, що за критерієм оцінки відповідає середньому рівню (300–399 ГДж/га).

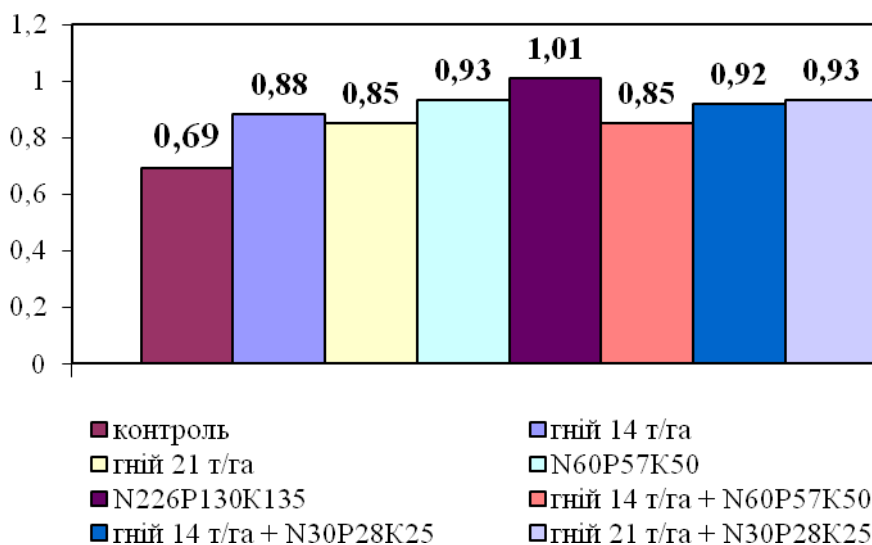


Рисунок 2. Збір зерна за різних систем удобрення в овоче-кормовій сівозміні, т/га сівозмінної площі

Таблиця 3 – Зміна енергопотенціалу органічної речовини за різних систем удобрення в зрошуваній овоче-кормовій сівозміні

| Система удобрення (на 1 га сівозмінної площі) | Енергопотенціал органічної речовини ґрунту, ГДж/га | Виділення енергії за трансформації органічної речовини ґрунту, ГДж/га | Зміни енергопотенціалу органічної речовини ґрунту за ротацію сівозміни, ГДж/га | Показник активності енергетичних процесів | Показник стійкості родючості ґрунту |
|---|--|---|--|---|-------------------------------------|
| Без добрив (контроль) | 3025 | 321 | 47,4 | 0,106 | 1,15 |
| 14 т/га гною + врозкид N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ | 3155 | 333 | 121,9 | 0,106 | 1,26 |
| N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ врозкид | 3017 | 318 | 54,1 | 0,105 | 1,16 |
| 14 т/га гною | 3126 | 330 | 135,3 | 0,106 | 1,23 |
| 14 т/га гною + локально N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ | 3068 | 323 | 54,1 | 0,105 | 1,19 |

Було зазначено низький рівень зміни енергопотенціалу органічної речовини ґрунту за ротацію сівозміни на контролі та за мінеральної і ресурсощадної систем удобрення (47,4–54,1 ГДж/га), тоді як за органічної і органо-мінеральної систем удобрення даний параметр становив 121,9–135,3 ГДж/га.

Показник активності енергетичних процесів дозволяє оцінити частку енергії, що виділяється за трансформації лабільною частини органічної речовини ґрунту, від енергопотенціалу її органічної речовини. В наших дослідженнях показник активності енергетичних процесів за всіма системами удобрення був оптимальним і ста-

новив 0,106–0,106 (тобто знаходився в межах 0,091–0,110).

Більш чітко уявлення щодо енергетичного стану ґрунтів забезпечує використання такого параметру, як показник стійкості родючості ґрунту. В наших дослідженнях стійкість родючості ґрунту знаходиться на дуже низькому рівні (в межах 1,0–1,5) і коливається від 1,15 на контролі до 1,26 за органо-мінеральної системи удобрення, що свідчить про енергетичну нестабільність органічної речовини ґрунту.

За використання добрив зі збільшенням рівня урожайності овочевих, кормових та зернових культур зростає і винос елементів живлення (табл. 4).

Таблиця 4 – Загальний винос елементів живлення рослинами ланки овоче-кормової сівозміни за різних систем удобрення

| Система удобрення | Винос, кг/га | | |
|--|--------------|---------|-------|
| | азоту | фосфору | калію |
| Без добрив | 627 | 189 | 500 |
| $N_{60}P_{57}K_{50}$ | 711 | 266 | 701 |
| 14 т/га гною | 758 | 222 | 607 |
| 14 т/га гною + $N_{30}P_{28}K_{25}$ (локально) | 746 | 249 | 674 |

Якщо проаналізувати джерела забезпечення виносу азоту рослинами ланки сівозміни, зазначається той факт, що за всіх систем удобрення формується від'ємний баланс азоту. Без використання добрив 349 кг/га азоту рослини ланки овоче-кормової сівозміни використовуються з ґрунтових запасів (рис. 3). За використання тільки органічних добрив з ґрунтових запасів буде використано 215 кг/га азоту. Найменша кількість азоту ґрунтових запасів використовується рослинами за органо-мінеральної системи удобрення (81 кг/га).

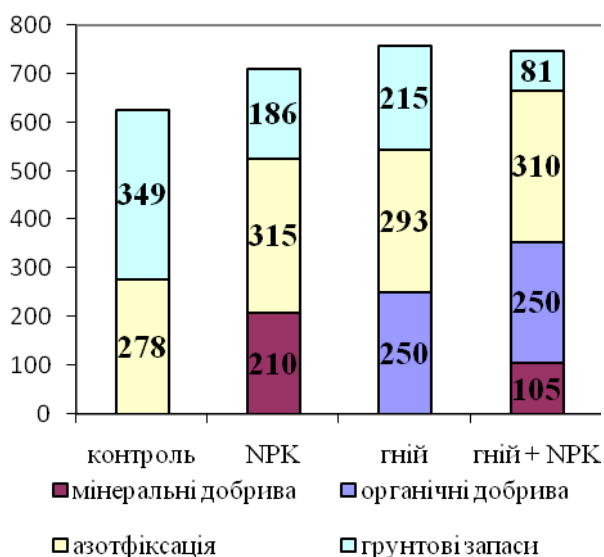


Рисунок 3. Джерела забезпечення виносу азоту рослинами ланки сівозміни, кг/га

За всіх систем удобрення для забезпечення виносу фосфору рослинами зазначається використання запасів фосфору з ґрунту, що зумовлює формування негативного балансу даного елемента живлення (рис. 4). Найменше ґрунтові запаси фосфору використовуються за органо-мінеральної системи удобрення (34 кг/га).

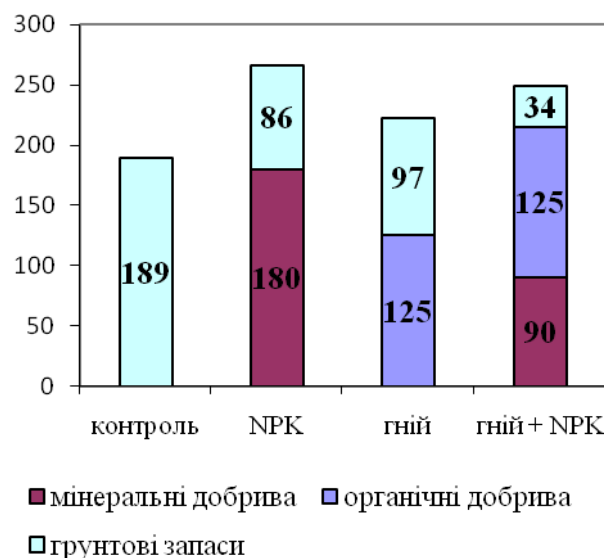


Рисунок 4. Джерела забезпечення виносу фосфору рослинами ланки сівозміни, кг/га

Відмічено також і використання калію з ґрунтових запасів за різних систем удобрення в ланці сівозміни (рис. 5). Якщо за використання органічної та органо-мінеральної систем удобрення з ґрунту використовується 284–307 кг/га калію, то за мінеральної системи удобрення даний показник становить 521 кг/га, що пов'язане з високим виномом калію рослинами ланки сівозміни за даної системи удобрення.

Висновки. За сукупною дією на урожайність зернових та кормових, овочевих рослин, вихід кормових одиниць в ланці зрошуваної овоче-кормової сівозміни Лівобережного Лісостепу України виділяється мінеральна (з розрахунковими дозами добрив та використанням мікроелементів) та органо-мінеральні (14 т/га гною + врозкид $N_{60}P_{57}K_{50}$ або локально $N_{15}P_{14}K_{12,5}$) системи удобрення.

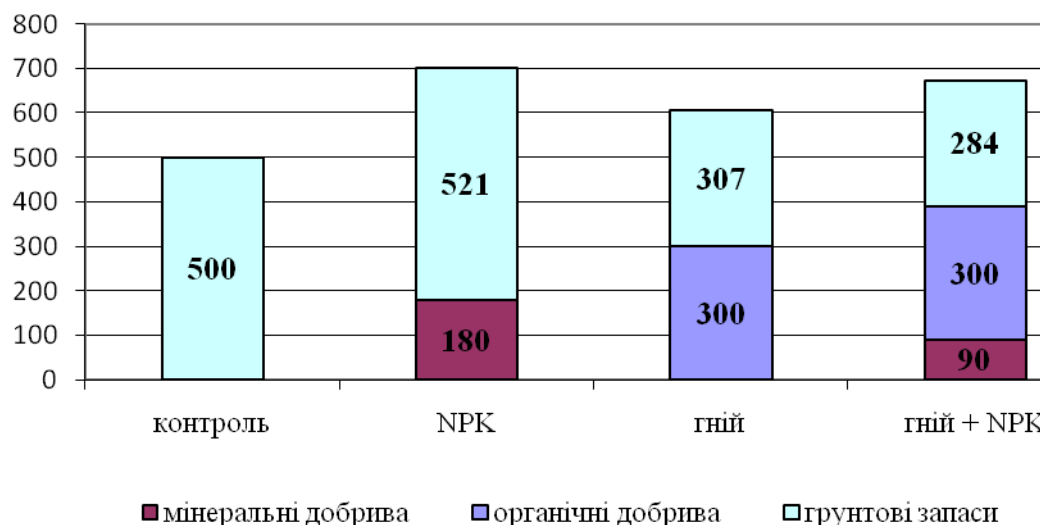


Рисунок 5. Джерела забезпечення виносу калію рослинами ланки сівозміни, кг/га

Орґано-мінеральна система удобрення в зрошуваний овоче-кормовій сівозміні Лівобережного Лісостепу України забезпечує найбільш оптимальні параметри енергетичного стану ґрунту (енерґопотенціал орґанічної речовини ґрунту – 3155 ГДж/га, показник стійкості родючості ґрунту – 1,26) та зумовлює формування балансу елементів живлення з мінімальним використанням ґрунтових запасів.

References

- Armstrong, M., Miford, G., Jackstone, J. (2000). Revised fertilizer recommendations for the sugar beet crop. *Brit. Sugar Beet Review*. Vol. 68. P. 2–6.
- Barshteyn, L.A., Shkarednyy, I.S., Yakimenko, V.M. (2002). Sivozminy, obrobitok ґрунту та udobrennya v zonakh buryakovsiyannya [Crop rotation, tillage and fertilizers in beet-growing areas]. *Scientific works of ICB*. K.: ICB. 480 p. [in Russian].
- Bulyhin, S.Iu., Baliuk, S.A. (Ed.) (1999). *Metody analiziv ґруntiv i roslin*. Kharkiv.
- Dospekhov, B.A. *Metodyka polevoho opyta (s osnovamy matematycheskoy obrabotky rezul'tatov yssledovanyy)*. [Armor Field experience methodology (with basics of mathematical processing of research results)]. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. [in Russian].
- Ivanina, V.V. (2012). Balans elementiv zhyvlennya zalezno vid systemy udobrennya u riznorotatsiynykh sivozminakh [Balance of nutrients depending on the fertilizer system in rotary rotations]. *Collection of scientific works of the National Institute of Agriculture*. Vol. 3–4. P. 26–33. [in Ukrainian].
- Ivanina, V.V. (2012). Zminy enerhopotentsialu chornozemu opidzolenoho za riznykh system udobrennya zerno buryakovoyi sivozminy [Changes in the energy potential of podzolic chernozem under different systems of fertilization of beet crop rotation]. *Agro-ecological journal*. №3. P. 37–40. [in Ukrainian].
- Kessel, W.C. (1988). Durch Gründung Bodenerfruchtbarkeit heben, Erosionvermindern, Nematodes reduzieren. Nährstoffe binden, Futtergrundlang sichern. *Zuckerrübe*. №4. P. 202–204.
- Lazurovskyy, O.V. (1972). Hniy i mineral'ni dobryva u pol'ovykh sivozminakh. [Manure and fertilizers in field crop rotations]. K.: Harvest. 218 p. [in Ukrainian].
- Metodyka doslidnoyi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [The methodology of research in the vegetable and melons] / ed. G.L. Bondarenko, K.I. Yakovenko. Kharkiv: The Basis, 2001. 369 p. [in Ukrainian].
- Masyutenko, N.P., Volodin, V.M. (2000). *Metodyka opredeleniya i otsenki struktury energopotentsiala organicheskogo veshchestva pochvy v agrolandshaftakh* [Methods for determining and evaluating the energy potential structure of soil organic matter in agricultural landscapes]. Kursk: Yumex, 2000. 29 p. [in Russian].
- Martynovich, N.N., Martynovich, L.I. (1994). Vliyaniye 50-letnego primeneniya organicheskikh i mineral'nykh udobreniy na plodorodiye chernozema opodzolennogo Tsentral'noy Lesostepi Pravoberezh'ya Ukrainy. [Influence of 50-year using of organic and mineral fertilizers on the ferti-

ty of chernozems of the right-banked Ukraine's Central Forest Steppe]. Message 7. Effect of systematic application of fertilizers on the crop of grain-crop rotation. *Agrochemistry*. №11. P. 3–11. [in Russian].

Muller, S. (1986). Wirkung von differenzierter Herbst und Frühjahr Stickstoffdüngung auf Ertrag und Qualität der Zuckerrüben. *Zuckerrübe*. №36. P. 20–27.

Nauchnyye osnovy i metody otsenki energeticheskogo sostoyaniya pochvy v agrolandshaftakh [Scientific bases and methods of soil energy assessment in agricultural landscapes] / Ed. N.P. Masyutenko. Kursk, 2004. 60 p. [in Russian].

Pinevich, V.V. (1955). Opredeleniye azota, fosfora i kaliya v rastitel'nom materiale v odnoy naveske [Determination of nitrogen, phosphorus and potassium in plant material in one sample]. *Reports washnil*. № 1. P. 33–35. [in Ukrainian].

Pykhtin, I.G., Gorkov, V.P. (1988). Faktory produktivnosti sevooborotov v Tsentral'nom Chernozem'ye [Crop rotation productivity factors in the Central Black Earth Region]. *Agriculture*. №5. P. 11–13. [in Russian].

Ratsional'ni sivozminy v suchasnomu zemlerobstvi [Rational crop rotation in modern agriculture] / I.D. Primak, V.P. Gud, V.G. Roshko et al. Bila Tserkva, 2003. 384 p. [in Ukrainian].

Rogalsky, S.V. (2001). Vidtvorennya enerhetychnoho potentsialu gruntu u Lisostepu [Reproduction of soil energy potential in the forest-steppe]. *Bulletin of agrarian science*. №4. P. 75–76. [in Ukrainian].

Sichev, V.G. (2000). Dynamyka balansu pytatel'nykh veshchestv [Dynamics of nutrient balance]. *Agrochemical Bulletin*. №3. P. 33–36. [in Russian].

Suchasni systemy zemlerobstva i tekhnolohiyi vyroshchuvannya sil'skohospodars'kykh kul'tur [Modern systems of agriculture and technologies of cultivation of crops] / V.F. Kaminsky, V.F. Saiko, I.P. Shevchenko et al. K.: Edelweiss, 2012. 195 p. [in Ukrainian].

Tkachenko, M.A., Litvinov, D.V. (2014). Produktivnist' typovykh sivozmin Lisostepu zalezhno vid intensyvnosti ahrokhimichnoho navantazhennya [Productivity of typical crop rotation of the forest-steppe depending on the intensity of agrochemical load]. *Scientific papers of the Institute of bioenergy crops and sugar beet*. Issue 22. P. 100–106. [in Russian].

Tonkal, E.A. (1968). Systema udobrennya kul'tur v sivozminakh. [System of fertilization of

crops in crop rotations]. *Science-based farming systems in the forest-steppe of the USSR*. P. 90–115. [in Russian].

Tsvei, Ya.P. (2004). Produktivnist' zerno buryakovoyi sivozminy. [Grain productivity of beet crop rotation]. *Proceedings of the Institute of Agriculture of the UAAS*. Vol. 2–3. P. 19–35. [in Ukrainian].

Tsvei, Ya.P. (2011). Bioenerhetychna otsinka produktivnosti riznorotatsiynykh sivozmin [Bio-energy assessment of productivity of different crop rotations]. *Collection of Scientific Papers of the IBCCB*. Iss. 12. P. 46–55. [in Ukrainian].

Tsvei, Y.P., Shimanska, N.K. (2000). Ahroekolohichna otsinka balansu systemy udobrennya zerno-buryakovoyi sivozminy Lisostepu Ukrayiny [Agroecological assessment of the balance of fertilizer system of grain-beet crop rotation of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Agroecology and biotechnology. Coll. Sciences. Proceedings of the Institute of Agroecology and Biotechnology of the UAAS*. Vol. 4. P. 92–98. [in Ukrainian].

Vitanov, O.D. (1997). Nekotorye ytohy yssledovanny po razrobotke sevooborotov s ovoshchnymy kul'turamy [Some results of research on the development of crop rotations with vegetables]. *Vegetable and melon science studies (up to the 50th anniversary of the Institute)*. Kharkov. 2. P. 160–165. [in Russian].

Zagorcha, K.L. (1990). Optymyzatsyya systemy udobrenny v polevykh sevooborotakh [Optimization of fertilizer system in field crop rotations]. Chisinau: Spitz. 287 p. [in Russian].

Yakimenko, V.N., Teselko, V.L., Kozhukhovsky, N.N. et al. (1984). Produktivnost' kul'tur zernosveklovichnykh sevooborotov pri razlichnykh normakh udobreniy v tsentral'noy Lesostepi USSR. [Productivity of crops of grain beet crop rotation at various fertilizer rates in the central forest-steppe of the Ukrainian SSR]. *Agrochemistry*. №6. P. 22–31. [in Russian].