

DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-5

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.58:631.81

**ВПЛИВ БІОЛОГІЗОВАНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ
НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ
ПІД ПШЕНИЦЕЮ ОЗИМОЮ****О. Л. Дубицький, О. Й. Качмар, А. О. Дубицька, О. В. Вавринович, М. М. Щерба**

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

Про авторів:

Олександр ДУБИЦЬКИЙ,
кандидат біологічних наук
ORCID: 0000-0002-8293-4119

Оксана КАЧМАР,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-0382-6030

Ангеліна ДУБИЦЬКА,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0002-5685-0237

Оксана ВАВРИНОВИЧ,
кандидат сільськогосподарських
наук
ORCID: 0000-0003-3466-1432

Марія ЩЕРБА,
науковий співробітник
ORCID: 0000-0002-0773-6382

Для листування:

Оксана КАЧМАР
e-mail: oksanaostrowska@ukr.net

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних
наук України

Отримано:
27 травня 2024 р.
Погоджено до друку:
6 червня 2024 р.

Досліджено вплив біологізованих систем удобрення на закономірності змін елементів родючості сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою. Встановлена доцільність використання соломи бобових (горох або кормові боби) на фоні $N_{90}P_{60}K_{60}$ з додаванням гумусного добрива, що забезпечувало відчутне підлучення ґрунтового розчину, зокрема, збільшення обмінної кислотності на 0,2–0,3 одиниць, щодо контролю. Це супроводжувалось зростанням суми увібраних основ до рівня 5,56–5,70 мг-екв/100 г ґрунту і зниженням гідролітичної кислотності. За умов використання підвищеної дози мінеральних добрив ($N_{150}P_{120}K_{120}$) на фоні соломи бобових + гумусне добриво відзначено спадання обмінної кислотності й, відповідно, зниження суми увібраних основ та зростання гідролітичної кислотності до рівня 2,52 мг-екв/100 г ґрунту. Приорювання побічної продукції попередника (солома бобових), внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$, застосування біоефекторів (біостимулятор – БС, гумусне добриво – ГД) або обробка посівів хелатним добривом (ХД) сприяли підвищенню вмісту елементів родючості сірого лісового ґрунту, а саме, легкодоступних форм азоту, фосфору, калію. Найвища забезпеченість ґрунту легкогідролізованими формами азоту (12,9–14,5 мг/100 г ґрунту) спостерігалась за умов використання систем удобрення у складі соломи бобових + $N_{90}P_{60}K_{60}$ + БС + ГД та у разі внесення $N_{150}P_{120}K_{120}$ + ГД на фоні соломи гороху або соломи кормових бобів. Відзначено аналогічні закономірності змін вмісту рухомих форм фосфору та калію за згаданих систем удобрення. У разі застосування ХД у складі системи удобрення солома бобових + $N_{90}P_{60}K_{60}$ + ХД величини вмісту елементів живлення (відповідні форми азоту, фосфору та калію) виявились найближчими до варіанту з використанням гумусного добрива. Це вказує на часткове зменшення інтенсивностей і/або ефективностей використання рослинами основних елементів живлення в умовах згаданого варіанту. Очевидно, що впровадження елементів біологізації вирощування пшениці озимої на фоні соломи бобових + оптимальна доза мінеральних добрив з відповідними біоефекторами можуть бути перспективними заходами для покращення родючості ґрунту.

Ключові слова: сірий лісовий ґрунт, біологізовані системи удобрення, пшениця озима, вміст легкогідролізованого азоту, фосфору, калію, обмінна кислотність, сума увібраних основ.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Дубицький О. Л., Качмар О. Й., Дубицька А. О., Вавринович О. В., Щерба М. М., 2024

The influence of biologized fertilizing systems on the nutritional regime of gray forestal soil under the winter wheat

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5, Obroshyne village, Lviv district, Lviv region, 81115

About authors:

Oleksandr DUBYTSKYI
ORCID: 0000-0002-8293-4119

Oksana KACHMAR
ORCID: 0000-0002-0382-6030

Anhelina DUBYTSKA
ORCID: 0000-0002-5685-0237

Oksana VAVRYNOVYCH
ORCID: 0000-0003-3466-1432

Mariia SHCHERBA
ORCID: 0000-0002-0773-6382

For corresponding:

Oksana KACHMAR
e-mail: oksanaostrowska@ukr.net

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

May 27, 2024

Accepted:

June 6, 2024

The influence of biologized fertilizing systems on the changes' patterns of the fertility elements of gray forestal soil under winter wheat were studied. The feasibility of using of the legume's straw (peas or fodder beans) on the background of $N_{90}P_{60}K_{60}$ with the addition of humus fertilizer was established. This ensured a noticeable alkalization of the soil solution, in particular, an increase in exchangeable acidity by 0.2–0.3 units relative to the control. This was accompanied by an increase in the amount of absorbed bases to a level of 5.56–5.70 mg-eq/100 g of soil and a decrease in hydrolytic acidity. When using an increased dose of mineral fertilizers ($N_{150}P_{120}K_{120}$) on the background of legume's straw + humus fertilizer, a decrease in exchangeable acidity and, accordingly, a decrease in the amount of absorbed bases, as well as an increase in hydrolytic acidity to the level of 2.52 mg-eq/100 g of soil were noted. Plowing the by-products of the predecessor (legume's straw), applying the mineral fertilizers at a dose of $N_{90}P_{60}K_{60}$, using bioeffectors (biostimulant – BS, humus fertilizer – HF) or treating crops with a chelate fertilizer (CF) contributed to an increase in the content of fertility elements in gray forestal soil. Namely, easily accessible forms of nitrogen, phosphorus, potassium. The highest provision of soil with easily hydrolyzed forms of nitrogen (12.9–14.5 mg/100 g of soil) was observed when using fertilizing systems consisting of legumes' straw + $N_{90}P_{60}K_{60}$ + BS + HF and in the case of applying $N_{150}P_{120}K_{120}$ + HF on the background of pea straw or fodder beans' straw. Similar patterns of changes in the content of mobile forms of phosphorus and potassium were noted in the conditions of the indicated fertilizing systems. In the case of using HF as part of the fertilizing system legumes' straw + $N_{90}P_{60}K_{60}$ + HF, the values of the content of nutrients (the corresponding forms of nitrogen, phosphorus and potassium) turned out to be closer to the variant using humus fertilizer. This indicates a partial decrease in the intensity and/or efficiency of plant use of basic nutrients under the conditions of the mentioned variant. It is obvious, that the introduction of biologization elements for the cultivation of winter wheat on the background of legumes' straw + optimal dose of mineral fertilizers with appropriate bioeffectors can be promising measures to improve soil fertility.

Keywords: gray forestal soil, biologized fertilizing systems, winter wheat, content of easily hydrolyzed nitrogen, phosphorus, potassium, exchangeable acidity, sum of absorbed bases.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Проблему біологізації та екологізації сільськогосподарського виробництва України розглядають в контексті сучасного соціально-економічного стану аграрної сфери. В сучасних умовах біологізація систем землеробства є чи не єдиним заходом, який може стримувати зниження родючості ґрунтів, стабілізувати виробничі системи [6, 16, 22–24]. Це можна досягти з

допомогою альтернативних мало витратних заходів, які ґрунтуються на природних процесах самовідновлення [4, 11, 16, 27, 32]. У цьому контексті позитивною може бути система із замкненим циклом, коли відходи одного технологічного процесу є сировиною для дальшого, при цьому забезпечується більша гнучкість та динамічність системи в тому числі й ресурсна складова [1, 2, 9, 11,

22, 28]. Важливою умовою біологізації є забезпечення рециркуляції біогенних елементів, завдяки використанню побічної продукції рослинництва здебільшого на місці її вирощування [2, 26]. Слід оптимізувати співвідношення у вторинній продукції C і N, якщо це необхідно шляхом внесення оптимальних норм мінеральних добрив, з розрахунку 7–10 кг на 1 т соломи. Крім цього використання біоефекторів (гумусне та мікробіологічне добриво, біостимулятори) у складі систем є перспективним не тільки для покращення ґрунтових процесів, але й для кращої реалізації біологічного потенціалу сільськогосподарських культур, зокрема пшениці озимої [3, 12, 28, 29].

Слід зазначити, що важливим аспектом впливу на родючість ґрунту є науково обґрунтоване розташування пшениці озимої в сівозмінах [5, 15, 19, 31]. Останні є не тільки регуляторами фітосанітарного стану ґрунту, але й водного й особливо поживного режимів. Правильно побудована сівозмінна дає можливість щонайповніше реалізувати потенціал бобових культур, коли створюються оптимальні умови ґрунтового середовища для залучення азоту повітря до біологічного циклу. Відбувається відповідно суттєве поліпшення азотного режиму ґрунту.

В сучасних умовах розвитку зерновиробництва особливої актуальності набуває комплексне використання соломи бобових + оптимальні дози мінеральних добрив та додавання біоефекторів або ж хелатних добрив за вирощування пшениці озимої в ланках сівозмін. Ці системи є альтернативою для традиційних та інтенсивних систем землеробства [10, 13].

Уваги заслуговує використання соломи зернових, яку приорюють на фоні 8–10 кг азоту на 1 т соломи. Вона сприяє покращенню агрофізичних, фізико-хімічних, агрохімічних та біологічних властивостей ґрунту [14, 20, 21, 25]. Однак використання соломи бобових культур як попередника і як удобрення для озимих зернових та впливу її на елементи

родючості вивчено недостатньо і являє собою відповідний науковий інтерес.

На даний час до певної міри досліджено вплив регуляторів росту сільськогосподарських культур на стимуляцію розвитку та формування біозахисного ефекту рослин [33]. До певної міри досліджено вплив β – жаронісум (інокуляція насіння сої) + внесення радостиму (регулятор росту) і відзначено їх позитивний синергічний вплив на вміст рухомого фосфору та обмінного калію в ґрунті [7].

Ефективним фактором покращення родючості ґрунту є гумусні добрива, які використовують також як деструктор стерні. Це очевидно в умовах гострого дефіциту якісних добрив на основі гною великої рогатої худоби чи пташиного посліду. Актуальним стає застосування гумінових препаратів, які сприяють активізації аборигенної мікрофлори й позитивних ґрунтово-мікробіологічних процесів, стимулюють ріст та розвиток рослин [17, 18].

Відомо, що найбільш ефективна форма мікроелементів для підживлення рослин є комплекси (хелати) металів. Перевагою хелатних добрив є їх краща біологічна доступність та малі дози внесення. Відомо також, що використання хелатних добрив сприяє менш потужному використанню фосфору та калію з ґрунту сільськогосподарськими культурами [1, 30].

Однак вплив біологізованих систем удобрення на параметри родючості, зокрема фізико-хімічні та агрохімічні властивості ґрунту під пшеницею озимою є мало вивченими та належать до пріоритетних завдань, що особливо важливо на регіональному рівні. Таким чином необхідність удосконалення та наукового аналізу впливу біологізованих систем удобрення на поживний режим ґрунту є актуальним та своєчасним. Наша мета полягає в дослідженні закономірностей змін параметрів поживного режиму ґрунту під пшеницею

озимою за умов біологізованих систем удобрення.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в полі пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) сорту Бенефіс, висіяної після гороху та кормових бобів в умовах стаціонарного дослід з вивчення наукових основ управління продуктивністю короткоротаційних сівозмін в умовах Карпатського регіону протягом 2021–2022 рр. Схема досліду включає такі варіанти:

Блок 1

1. Контроль (без добрив) – попередник горох.

2. Солома гороху.

3. Солома гороху + N₉₀P₆₀K₆₀.

4. Солома гороху + N₉₀P₆₀K₆₀ + БС (біостимулятор).

5. Солома гороху + N₉₀P₆₀K₆₀ + БС + ГД (гумусне добриво).

6. Солома гороху + N₉₀P₆₀K₆₀ + ХД (хелатне добриво).

7. Солома гороху + N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀ + ГД.

Блок 2

1. Контроль (без добрив) – попередник кормові боби.

2. Солома кормових бобів.

3. Солома кормових бобів + N₉₀P₆₀K₆₀.

4. Солома кормових бобів + N₉₀P₆₀K₆₀ + БС.

5. Солома кормових бобів + N₉₀P₆₀K₆₀ + БС + ГД.

6. Солома кормових бобів + N₉₀P₆₀K₆₀ + ХД.

7. Солома кормових бобів + N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀ + ГД.

Характеристика гумусного добрива наступна: добриво ГД (Блек-джек) – препарат нового покоління, на відміну від гуматів окрім гумінових та фульвокислот, містить ульмінові кислоти та гумін, які найбільше активні в рослинах; склад добрива: гумінові кислоти – 19–21 %; фульвокислоти – 3–5 %, загальна органічна речовина (в тому числі ульмінові кислоти та гумін) – 27–30 %, рН препарату в межах 3,5–5,0 одиниць. Доза внесення 0,5–1,0 л –

в період весняного кушення та вихід в трубку.

Для покращення гормональної регуляції росту озимих зернових, а також за стресових умов використовують біостимулятор (Міллерплекс) який містить цитокініни. Склад препарату наступний: екстракт водоростей (*Ascophyllum nodosum*), амінокислоти, специфічні вуглеводи, які покращують імунну систему рослин, мікроелементи в хелатній формі та макроелементи: азот (амідна форма) – 3,0 %, доступний фосфор (P₂O₅) – 3 %, калій (K₂O) – 30 %.

Препарат хелатне добриво «Розалік» з вмістом (Zn, P, N, S). Склад препарату: амідний азот – 3 %, фосфор (P₂O₅) – 19 %, оксид сірки (SO₃) – 5,3 %, цинк (Zn) в хелатній формі з ЕДТА – 5,9 %. Препарат вносять в фазі весняне кушення і вихід в трубку – 1,5 л/га.

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий, поверхнево-оглеєний, легкосуглинковий. Основні параметри ґрунту досліді наступні: рН_(KCl) – 4,78–4,92, гідролітична кислотність (Нг) – 2,38–2,46 мг екв/100 г ґрунту, сума увібраних основ (S) – 5,02–5,10 мг-екв/100 г ґрунту, вміст легкогідролізованого азоту – 8,6–9,0, рухомих форм фосфору та калію відповідно 10,5–11,1 та 8,4–8,8 мг/100 г ґрунту, вміст загального гумусу – 1,91–1,94 %.

Визначали рН_(KCl) потенціометрично згідно з ДСТУ ISO 10390-2010; суму увібраних основ згідно з ДСТУ ISO 11260; гідролітичну кислотність згідно з ДСТУ 7537:2014; вміст легкогідролізованого азоту згідно з ДСТУ 4729; вміст рухомих форм фосфору та калію в (0,2N HCl) згідно з ДСТУ 4115:2002. Статистичну обробку результатів проводили за програмами MS EXCEL.

Результати та обговорення. Проблема покращення родючості ґрунту значною мірою залежить від кислотного фону ґрунту. Важливе місце відводиться показникам рН_(KCl), гідролітичній кислотності, сумі увібраних основ. Ці характеристичні величини безпосередньо впливають на ріст і розвиток рослин,

ступінь розчинності важкодоступних форм елементів живлення та ефективність удобрення.

Представлені нами результати дозволили виявити певні коливання фізико-хімічних показників сірого лісового ґрунту

під пшеницею озимою за умови біологізованих систем удобрення. Значення рН ґрунту в контрольному варіанті становило 4,87–4,88 одиниць (рис. 1 та 2).

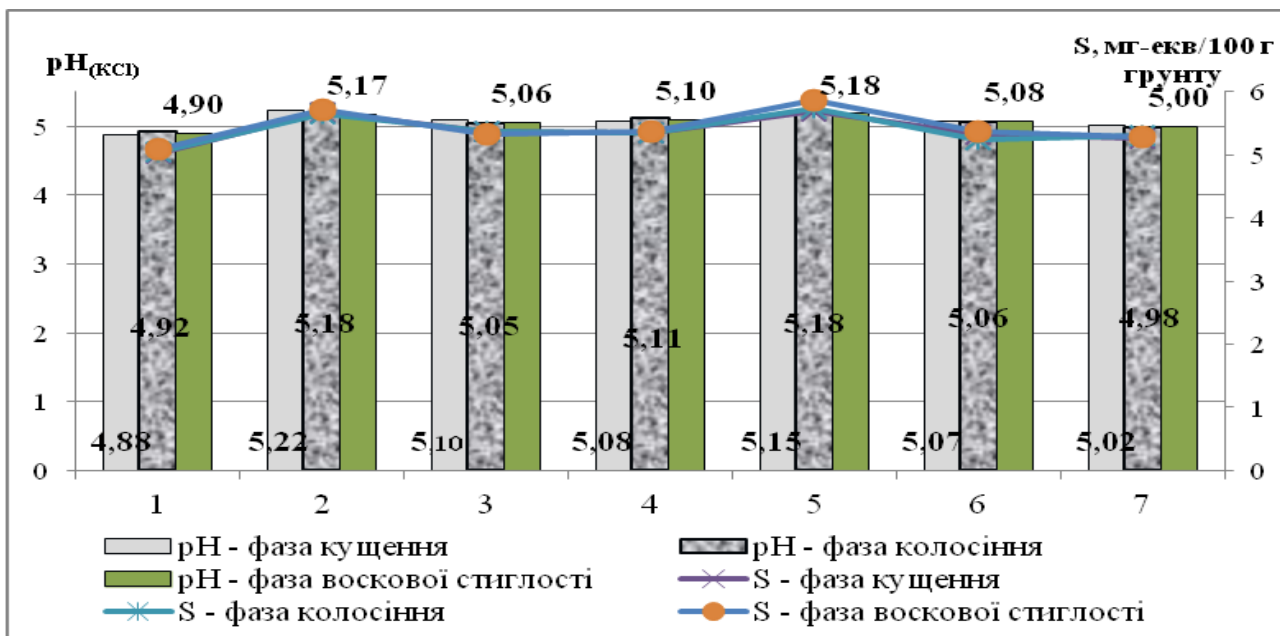


Рис. 1. Фізико-хімічні властивості ґрунту під пшеницею озимою за біологізованих систем удобрення (після гороху)

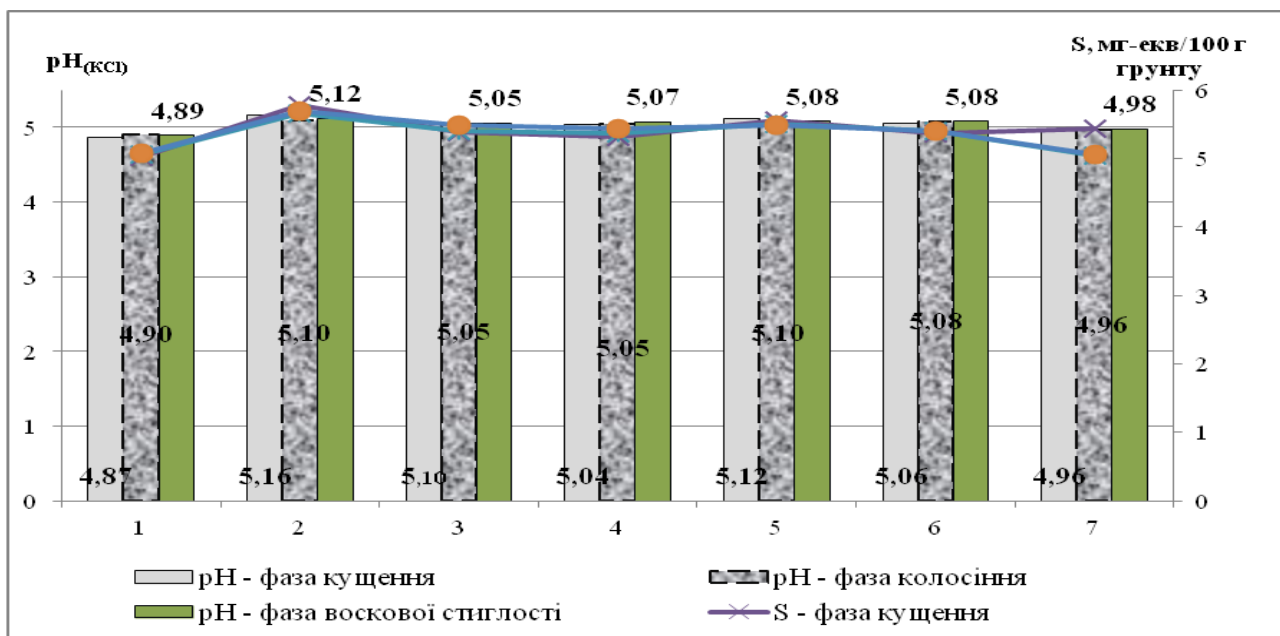


Рис. 2. Фізико-хімічні властивості ґрунту під пшеницею озимою за біологізованих систем удобрення (після кормових бобів)

Внесення соломи гороху чи кормових бобів сприяло частковій нейтралізації

ґрунтової кислотності (зменшення показників на 0,27–0,35 одиниць) щодо

контролю. У варіантах (3–6), де присутнє заорювання соломи бобових та додавання мінеральних добрив в дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$ і використання біофакторів (ГД, БС) або ХД відзначена тенденція підлучення ґрунту. Особливо це найкраще прослідковується за умов внесення гумусного добрива у відповідній системі: солома бобових + $N_{90}P_{60}K_{60}$ + БС + ГД). Слід зазначити, що ГД виступає хорошим деструктором як біологічно-меліоративний компонент і активізує процеси розкладу заораної побічної продукції на мінеральному фоні.

Очікуване підкислення ми отримали за умов внесення мінерального добрива в дозі $N_{150}P_{120}K_{120}$ на фоні соломи гороху (5,02–5,00), а на фоні соломи кормових бобів цей ефект виявився відповідно більш відчутним (4,98–4,92).

Значення обмінної кислотності ($pH_{(KCl)}$) взаємообернене гідролітичній кислотності (Нг). Збільшення значення $pH_{(KCl)}$, а отже підлучення сприяє зменшенню рівня гідролітичної кислотності. Натомість за умов підвищеного мінерального фону ($N_{150}P_{120}K_{120}$) + солома бобових + ГД спостерігалось підвищення рівня гідролітичної кислотності [8].

Важливим показником фізико-хімічних властивостей ґрунту є сума увібраних основ (S), яка відображає загальну кількість увібраних катіонів, що відіграють важливу роль як безпосереднє джерело поживних речовин для рослин. Застосування соломи бобових сприяло відчутному зростанню суми увібраних основ, що може бути обумовлено значним вмістом кальцію у соломі гороху та кормових бобів. Використання удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$ на фоні соломи бобових в умовах

незначного підлучення ґрунтового розчину забезпечило тенденційне зростання суми увібраних основ. Найнижче значення цього параметру ґрунту відзначено в контрольному варіанті та за умов внесення високої дози мінеральних добрив ($N_{150}P_{120}K_{120}$) на фоні соломи бобових + ГД (рис. 1 та 2).

Кращий перебіг фізико-хімічних процесів в ґрунті під пшеницею озимою забезпечувався за біологізованих систем удобрення. Це є правомірним і для оцінки поживного режиму ґрунту. Поживний режим ґрунту під пшеницею озимою мав динаміку сезонного характеру та змінювався за біологізованих систем удобрення.

Дослідження режимів живлення ґрунту під пшеницею озимою за біологізованих систем удобрення переконливо свідчить про їх залежність від якісного складу цих систем. На початку вегетації пшениці озимої (фаза весняного кушення) всі системи удобрення забезпечили збільшення вмісту легкогідролізованого азоту на 3,0–3,4 мг/100 г ґрунту порівняно з контролем. Вміст його в фазі весняного кушення виявився 11,8–14,7 мг/100 г, що вказує на достатню забезпеченість ґрунту цією формою азоту. Це може бути пов'язано з низьким рівнем його використання рослинами в цей період та засвоєння ними більш доступних форм азоту, а саме нітратної та аміачної. Найбільший вміст легкогідролізованого азоту в ґрунті забезпечили біологізовані системи удобрення за внесення соломи гороху або кормових бобів на фоні $N_{90}P_{60}K_{60}$ чи на тлі $N_{150}P_{120}K_{120}$ з додаванням гумусного добрива (табл. 1).

1. Вміст легкогідролізованого азоту в ґрунті під пшеницею озимою за біологізованих систем удобрення, мг/кг ґрунту

№ з/п	Системи удобрення	Легкогідролізований азот		
		I	II	III
1	2	3	4	5
Блок I				
1	Контроль (без добрив)	88,0	86,2	79,1
2	Солома гороху	92,0	90,1	84,3

1	2	3	4	5
3	Солома гороху + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	118,0	114,0	102,0
4	Солома гороху + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + БС	120,0	117,0	104,0
5	Солома гороху + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + БС + ГД	129,0	120,0	114,0
6	Солома гороху + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + ХД	122,0	117,3	107,0
7	Солома гороху + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + ГД	132,0	123,0	127,0
Блок II				
1	Контроль (без добрив)	90,4	84,2	83,2
2	Солома кормових бобів	101,3	97,3	90,3
3	Солома кормових бобів + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	126,0	108,0	106,0
4	Солома кормових бобів + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + БС	125,0	111,0	109,0
5	Солома кормових бобів + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + БС + ГД	145,0	125,0	118,0
6	Солома кормових бобів + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + ХД	131,0	123,0	107,0
7	Солома кормових бобів + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + ГД	147,0	138,0	130,0
НР _{0,05}		8,2	6,7	4,6

Примітка: I – фаза весняне кушення, II – колосіння, III – воскова стиглість.

Сезонна динаміка вмісту легкогідролізованого азоту під пшеницею озимою значною мірою залежала від погодних факторів. В умовах досліджень період від фази весняного кушення до трубкування характеризувався зниженням температури повітря на 1,4 °С щодо середніх багаторічних на фоні недостатньої кількості опадів. Це суттєво погіршило умови розвитку пшениці озимої. Відзначено, що у фазі виходу в трубку вміст даної форми азоту у варіантах (3–6) знаходився в межах 12,0–13,2 мг/100 г (табл. 1).

Легкогідролізовані органічні сполуки швидше піддаються нітрифікації, мінералізації, інтенсивніше використовуються рослинами й тому виразної різниці щодо нагромадження легкозасвоюваних форм за варіантами (3–6) не прослідковується.

За період від колосіння до воскової стиглості температурний фон виявився підвищеним щодо середньомісячних даних VI–VIII місяців. Забезпеченість вологою була в межах норми. Автори припускають, що легкогідролізовані азотні сполуки в умовах сірого лісового ґрунту за біологізованих систем в цей період інтенсивно використовуються рослинами та вміст їх в період воскової стиглості помітно зменшується (табл. 1).

Вміст рухомого фосфору та калію в ґрунті під пшеницею озимою змінювався під впливом біологізованих систем удобрення. Зокрема калійний режим ґрунту мав свої особливості, які більшою мірою залежали від фізико-хімічного стану ґрунту та хімічного складу соломи бобових, яка відрізнялась за вмістом в ній калію. Забезпеченість сірого лісового ґрунту рухомими формами калію – середня. На контролі без добрив вміст даного елемента в фазі весняного кушення становив 8,3–9,7 мг/100 г ґрунту. В результаті заорювання соломи бобових вміст калію підвищився після гороху на 1,5, а після кормових бобів на 0,6 мг/100 г ґрунту в порівнянні до контролю. Внесення мінеральних добрив на фоні соломи збільшило вміст калію на 1,5–2,1 мг/100 г ґрунту. Найістотніше вміст рухомого калію в ґрунті підвищувався за внесення високої дози добрив – N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀ в поєднанні з соломою бобових і більшою мірою після заорювання соломи кормових бобів.

В процесі вегетації пшениці озимої вміст рухомого калію, а саме в період колосіння зменшувався, порівняно з фазою весняного кушення на 10–12 %, а щодо фази воскової стиглості – на 16,5–17,2 % (табл. 2). Це є наслідком використання калію рослинами пшениці озимої та частково результатом процесів поступової трансформації елемента в малорухомі

сполуки ґрунту. При цьому у варіантах внесення добрив 3–6 та 7 вміст рухомого калію в ґрунті був вищим упродовж усього періоду вегетації рослин.

Інтенсивність біологічного колообігу фосфору виявилась близькою до колообігу азоту та калію. Найгостріша потреба рослин пшениці озимої у фосфорі є відчутною в початкові етапи органогенезу за формування кореневої системи та в

середині вегетації, коли відбуваються процеси фотосинтезу в листках пшениці озимої й в період молочно-воскової стиглості, коли проходить налив зерна. Формування достатнього фосфорного живлення рослин на початкових етапах їх розвитку визначає темпи їх росту та формує продуктивний потенціал рослин у період збирання врожаю (табл. 2).

2. Вміст рухомих форм фосфору та калію в ґрунті під пшеницею озимою за біологізованих систем удобрення, мг/кг ґрунту

№ з/п	Системи удобрення	P ₂ O ₅			K ₂ O		
		I	II	III	I	II	III
Блок I							
1	Контроль (без добрив)	92,2	81,2	79,2	83,1	77,2	75,3
2	Солома гороху	108,0	81,3	86,1	98,1	78,4	83,2
3	Солома гороху + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	127,0	118,0	103,0	104,0	92,4	90,7
4	Солома гороху + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + БС	125,0	116,0	104,0	102,0	90,0	88,4
5	Солома гороху + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + БС + ГД	139,0	126,0	109,0	115,0	106,0	97,2
6	Солома гороху + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + ХД	128,0	117,0	102,0	110,0	102,0	92,1
7	Солома гороху + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + ГД	148,0	133,0	134,0	128,0	116,0	92,0
Блок II							
1	Контроль (без добрив)	84,2	99,1	87,2	97,2	94,2	102,0
2	Солома кормових бобів	113,0	98,0	96,2	103,0	98,3	89,2
3	Солома кормових бобів + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	132,0	119,0	110,0	112,0	98,3	90,3
4	Солома кормових бобів + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + БС	130,0	117,0	113,0	109,0	95,2	92,4
5	Солома кормових бобів + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + БС + ГД	138,0	120,0	116,0	118,0	105,0	93,4
6	Солома кормових бобів + N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ + ХД	126,0	120,0	111,0	108,0	100,0	93,5
7	Солома кормових бобів + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + ГД	152,0	147,0	140,0	135,0	130,0	123,0
NIP _{0,05}		9,6	8,4	7,2	8,2	6,6	5,8

Примітка: I – фаза весняне кушення, II – колосіння, III – воскова стиглість.

Визначення вмісту рухомого фосфору в сірому лісовому ґрунті у період весняного кушення показало, що на контролі без добрив його вміст становив 8,4–9,2 мг/100 г ґрунту. Застосування добрив N₉₀P₆₀K₆₀ на фоні соломи бобових підвищило вміст рухомого фосфору на 28,1–31,3 % щодо контролю, що в абсолютних величинах становило відповідно 3,0–4,6 мг/100 г ґрунту (табл. 2).

Найбільш відчутно вміст рухомого фосфору в ґрунті у фазі весняного кушення підвищився із застосуванням біологізованих систем удобрення у варіанті 5 (солома бобових + N₉₀P₆₀K₆₀ + БС + ГД). Вміст даного елемента в цьому варіанті

становив 13,8–13,9 мг/100 г ґрунту, що перевищило контроль без добрив відповідно на 4,7–5,4 мг/100 г ґрунту. Підвищення рухомого фосфору в ґрунті за біологізованих систем удобрення може бути наслідком не тільки внесенням конкретної дози добрив, але й інтенсивною мінералізацією заораної соломи бобових в ґрунті й поповненням його даним елементом.

Збільшення дози внесення мінеральних добрив у варіанті 7 супроводжувалось відчутним зростанням вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті. Упродовж вегетації його рівень в сірому лісовому ґрунті відзначався певною

стабільністю. За використання біологізованих систем удобрення вміст рухомого фосфору в ґрунті був вищим порівняно з контролем без добрив упродовж усього періоду вегетації пшениці озимої.

Таким чином біологізовані системи удобрення оптимізують та покращують фізико-хімічні параметри та поживний режим ґрунту під пшеницею озимою.

Висновки. Застосування біологізованих систем удобрення, де як компонент використовували гумусне добриво, біостимулятор або хелатне добриво в поєднанні з соломою гороху чи кормових бобів сумісно з $N_{90}P_{60}K_{60}$ є ефективним заходом оптимізації та поліпшення поживного режиму сірого лісового ґрунту під пшеницею озимою.

Системи удобрення: солома бобових + $N_{90}P_{60}K_{60}$ + БС + ГД блоку I та блоку II найбільш ефективно забезпечували

підлучення ґрунтового розчину під пшеницею озимою, що супроводжувалось підвищенням обмінної кислотності до рівня 5,12–5,18 одиниць, зниженням гідролітичної кислотності та зростанням суми увібраних основ до 5,56–5,70 мг-екв/100 г ґрунту.

За умов систем удобрення солома бобових + $N_{150}P_{120}K_{120}$ + ГД відзначено зниження обмінної кислотності й суми увібраних основ та підвищення гідролітичної кислотності ґрунту.

Застосування біологізованих систем удобрення створює більш сприятливі умови для підтримання родючості ґрунту на вищому рівні. Найкращі умови живлення пшениці озимої склались за умов біологізованих систем удобрення на фоні соломи бобових з додаванням $N_{90}P_{60}K_{60}$ та гумусного добрива, яке є ефективним поліпшувачем поживного режиму ґрунту під пшеницею озимою.

Список використаної літератури

1. Бакун О. І., Бакун Ю. О. Ефективність використання соломи як добрива в умовах дерново-підзолистих ґрунтів Полісся. *Землеробство. Міжвід. темат. наук. зб.* 2003. Вип. 75. С. 37–42.
2. Балюк С. А., Носко Б. С., Скрильник С. В. Сучасні проблеми біологічної деградації чорноземів і способи збереження їх родючості. *Вісник аграрної науки.* 2016. Т. 94, № 1. С. 11–17.
3. Богдан М. М., Карпенко В. П., Гуляєва Г. Б. Вплив комплексних хелатних добрив на функціональну активність тканин коренів і зернову продуктивність рослин пшениці м'якої озимої. *Вісник Уманського національного університету садівництва.* 2015. № 1. С. 37–42.
4. Бойко П. І., Бородань В. О., Коваленко Н. П. Екологічно збалансовані сівоzmини – основа біологічного землеробства. *Вісник аграрної науки.* 2005. № 2. С. 9–13.
5. Бойко П. І., Мартинюк І. В., Цимбал Я. С. Становлення сівоzmинних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки.* 2021. Т. 99, № 3. С. 5–13.
6. Броннікова Л. Ф. Зміна кислотності темно-сірих лісових ґрунтів за різних технологічних чинників їх використання. *Сільське господарство та лісництво.* 2016. № 4. С. 25–33.
7. Волкогон В. В. Стимулятори росту рослин як складові технологій раціонального використання мінеральних добрив. *Вісник Харківського ДАУ.* 2001. № 4. С. 40–44.

References

1. Bakun O. I., Bakun Yu. O. Effectiveness of using straw as fertilizer in conditions of sod-podzolic soils of Polissia. *Zemlerobstvo. Mizhvid. temat. nauk. zb.* 2003. Issue 75. P. 37–42.
2. Baliuk S. A., Nosko B. S., Skrylnyk S. V. Modern problems of biological degradation of chernozems and ways to preserve their fertility. *Visnyk ahrarnoi nauky.* 2016. Vol. 94, No. 1. P. 11–17.
3. Bohdan M. M., Karpenko V. P., Hulciaieva H. B. The influence of complex chelated fertilizers on the functional activity of root tissues and grain productivity of soft winter wheat plants. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva.* 2015. No. 1. P. 37–42.
4. Boiko P. I., Borodan V. O., Kovalenko N. P. Ecologically balanced crop rotation is the basis of biological agriculture. *Visnyk ahrarnoi nauky.* 2005. No. 2. P. 9–13.
5. Boiko P. I., Martyniuk I. V., Tsymbal Ya. S. Development of crop rotation principles in farming systems. *Visnyk ahrarnoi nauky.* 2021. Vol. 99, No. 3. P. 5–13.
6. Bronnikova L. F. Change in acidity of dark gray forestal soils due to various technological factors of their use. *Sil'ske hospodarstvo ta lisnytstvo.* 2016. No. 4. P. 25–33.
7. Volkohon V. V. Stimulators of plant growth as components of technologies of rational use of mineral fertilizers. *Visnyk Kharkivskoho DAU.* 2001. No. 4. P. 40–44.

8. Дубицька А. О., Качмар О. Й., Дубицький О. Л. Вплив біологізованих систем удобрення на фізико-хімічні властивості ґрунту під пшеницею озимою. *Агронаука і практика*. 2023. Вип. № 2. Ч. 2. С. 33–37.
9. Іваніна В. В. Біологізація удобрення культур в сівозмінах: монографія. Київ : ЦП “Компринт”. 2016. 328 с.
10. Іваніна В. В. Павук І. А., Мазур Г. М. Поживний режим чорнозему вилугуваного за різних систем удобрення буряків цукрових. *Вісник аграрної науки*. 2018. Т. 96, № 4 (781). С. 13–19.
11. Івашченко О. О. Біологізація аграрного виробництва. *Вісник аграрної науки*. 2016. Т. 94, № 12. С. 58–62.
12. Крамаров С. М. Перспективи комплексного применения гуминовых препаратов, микроэлементов в хелатной форме и препарата Марс для предпосевной инкрустации семян озимых и яровых зерновых культур. Материали Международной науч. конф. «Гуминовые кислоты и фитогормоны в растениеводстве» (м. Київ, 12–16 червня 2008 р.). Київ, 2008. С. 31–32.
13. Літвінов Д. В. Екобезпечне використання добрив у коротко ротатійних сівозмінах Лісостепу. *Агроекологічний журнал*. № 3. С. 58–64.
14. Мазур В. А., Забарна Т. А. Зміни окремих фізико-хімічних властивостей ґрунтів у системі біологізації землеробських технологій. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 9. С. 5–16.
15. Мазуркевич Л. І. Вплив тривалого застосування добрив на вміст поживних елементів у ґрунті, врожайність пшениці ярої та якість зерна. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2014. Вип. 195 (1). С. 78–84.
16. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році : Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (офіційний портал) URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (last accessed: 28.02.2024).
17. Особливості застосування деструкторів стерні в умовах степової зони / А. Коваленко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98, № 2. С. 44–51.
18. 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.
19. Рижук С. М., Савчук О. І., Герасимчук В. І. Біологізація сівозмін – основний чинник збереження родючості дерново-підзолистих ґрунтів. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективність агротехнологій Житомирщини» (м. Житомир, 10–12 листоп. 2021 р.). Житомир : ЖАТФ. 2021. С. 55–58.
8. Dubitsky A. L., Kachmar O. I., Dubitska A. O. Influence of biologized fertilizing systems on physico-chemical properties of soil under winter wheat. *Agroscience and Practice*. 2023. Pt. 2. P. 33–37.
9. Ivanina V. V. Biologization of crop fertilization in crop rotations: monograph. Kyiv : TsP “Komprynt”. 2016. 328 p.
10. Ivanina V. V. Pavuk I. A., Mazur H. M. Nutrient regime of leached chernozem under different fertilization systems of sugar beets. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. Vol. 96, No. 4 (781). P. 13–19.
11. Ivashchenko O. O. Biologization of agricultural production. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2016. Vol. 94, No. 12. P. 58–62.
12. Kramarov S. M. Prospects for the integrated use of humic preparations, microelements in chelated form and the preparation “Mars” for pre-sowing inlay of seeds of winter and spring grain crops. *Materialy Mezhdunarodnoy nauch. konf. «Guminovye kisloty i fitogormony v rastenievodstve»* (m. Kyiv, 12–16 chervnia 2008 r.). Kyiv, 2008. P. 31–32.
13. Litvinov D. V. Eco-safe use of fertilizers in short-rotational crop rotations of the Forest-Steppe. *Ahroekolohichniy zhurnal*. No. 3. P. 58–64.
14. Mazur V. A., Zabarna T. A. Changes in individual physical and chemical properties of soils in the biologization system of agricultural technologies. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2018. No. 9. P. 5–16.
15. Mazurkevych L. I. The effect of long-term application of fertilizers on the content of nutrients in the soil, spring wheat yield and grain quality. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Serii: Ahronomiia*. 2014. Issue 195 (1). P. 78–84.
16. National report on the state of the natural environment in Ukraine in 2021 : Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy (ofitsiyni portal) URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (last accessed: 28.02.2024).
17. Peculiarities of the use of stubble destructors under the conditions of the steppe zone / A. Kovalenko et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. Vol. 98, No. 2. P. 44–51.
18. Prymak I. D., Kupchik V. I., Kolesnyk T. V. Changes in agrochemical properties of typical chernozem under different systems of main tillage and fertilization in the Central Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2012. No. 3. P. 26–30.
19. Ryzhuk S. M., Savchuk O. I., Herasymchuk V. I. Biologization of crop rotation is the main factor in preserving the fertility of sod-podzolic soils. *Materialy vseukrainskoi naukovy-praktychnoi konferentsii «Efektyvnist ahrotekhnolohii Zhytomyrshchyny»* (m. Zhytomyr, 10–12 lystop. 2021 r.). Zhytomyr : ZhATF. 2021. P. 55–58.

20. Сайко В. Ф. Використання удобрення побічної продукції рослинництва в Україні. *Землеробство*. 2009. Вип. 81. С. 3–9.
21. Сметанко О. В., Бурикiна С. І., Кривенко А. І. Вплив елементiв биологiзацiї вирощування пшеницi озимої на рiзних фонах мiнерального живлення в умовах Пiвденного Степу України. *Вiсник аграрної науки*. 2018. Т. 96, № 8 (785). С. 33–37.
22. Сучасні системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур / В. Ф. Камiнський та ін. / за ред. В. Ф. Камiнського. Київ, 2021. 196 с.
23. Тараріко О. Г. Биологiзацiя та екологiзацiя ґрунтозахисного землеробства. *Вiсник аграрної науки*. 1999. № 10. С. 5–9.
24. Тимофєєв М. М., Вiнюков О. О., Бондарєва О. Б. Биогенна система землеробства в аспекті формування сталих агробіогеоценозiв. *Вiсник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 20. С. 68–74.
25. Ткаченко М. А. Кислотність сiрого лісового ґрунту при застосуванні на добриво нетоварної продукції рослинництва. *Збiрник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства НААН”*. 2011. Вип. 3/4. С. 3–8.
26. Altieri M. A., Nicholls C. I., Montalba R. Technological approaches to sustainable agriculture at a crossroads : an agroecological perspective. *Sustainability*. 2017. V. 9, No. 3. P. 349–361.
27. The World of Organic Agriculture, Statistics and Emerging Trends 2019 at BIOFACH 2019 / H. Willer et al. 29 p. URL: <https://orgprints.org/id/eprint/33355/5/lernoud-willer-2019-global-stats.pdf> (last accessed: 03.03.2024).
28. 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, No. 6. P. 1527–1532.
29. Nitrogen and phosphorus benefits from faba bean (*Vicia faba* L.) residues to subsequent wheat crop in the humid highlands of Ethiopia / A. Nebiyu et al. *Nutrient cycling in Agroecosystems*. 2014. V. 98. P. 253–266.
30. Mader P. Soil fertility in sustainable farming systems. *Journal of the royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry*. 2004. V. 143, No. 1. P. 37–40.
31. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China / E. Liu et al. *Geoderma*. 2010. V. 158, No. 3–4. P. 173–180.
32. Effects of horse bean straw on maize yield and utilization of soil nutrients / Q. Zhang et al. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*. 2015. V. 28. No. 2. P. 632–636.
33. 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 Sediments*. 2011. V. 11. P. 741–750.
20. Saiko V. F. Use of the fertilizer of by-products of crop production in Ukraine. *Zemlerobstvo*. 2009. Issue 81. P. 3–9.
21. Smetanko O. V., Burykina S. I., Kryvenko A. I. The influence of elements of biologization of the cultivation of winter wheat on different backgrounds of mineral nutrition in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. Vol. 96, No. 8 (785). P. 33–37.
22. Modern farming systems and crop cultivation technologies / V. F. Kaminskyi et al. / za red. V. F. Kaminskoho. Kyiv, 2021. 196 p.
23. Tarariko O. H. Biologization and ecologization of soil protection agriculture. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 1999. No. 10. P. 5–9.
24. Tymofieiev M. M., Viniukov O. O., Bondareva O. B. Biogenic system of agriculture in the aspect of formation of stable agrobiogeocenoses. *Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti*. 2016. Issue 20. P. 68–74.
25. Tkachenko M. A. Acidity of gray forestal soil when applied as a fertilizer of non-marketable plant growing bproducts. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs “Instytut zemlerobstva NAAN”*. 2011. Issue 3/4. P. 3–8.
26. Altieri M. A., Nicholls C. I., Montalba R. Technological approaches to sustainable agriculture at a crossroads : an agroecological perspective. *Sustainability*. 2017. V. 9, No. 3. P. 349–361.
27. The World of Organic Agriculture, Statistics and Emerging Trends 2019 at BIOFACH 2019 / H. Willer et al. 29 p. URL: <https://orgprints.org/id/eprint/33355/5/lernoud-willer-2019-global-stats.pdf> (last accessed: 03.03.2024).
28. 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, No. 6. P. 1527–1532.
29. Nitrogen and phosphorus benefits from faba bean (*Vicia faba* L.) residues to subsequent wheat crop in the humid highlands of Ethiopia / A. Nebiyu et al. *Nutrient cycling in Agroecosystems*. 2014. V. 98. P. 253–266.
30. Mader P. Soil fertility in sustainable farming systems. *Journal of the royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry*. 2004. V. 143, No. 1. P. 37–40.
31. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China / E. Liu et al. *Geoderma*. 2010. V. 158, No. 3–4. P. 173–180.
32. Effects of horse bean straw on maize yield and utilization of soil nutrients / Q. Zhang et al. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*. 2015. V. 28. No. 2. P. 632–636.
33. 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 Sediments*. 2011. V. 11. P. 741–750.