

DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-3

УДК 631.89:633.11:631.559

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

О. Л. ДУБИЦЬКИЙ, кандидат біологічних наук

М. М. ЩЕРБА, науковий співробітник

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

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

81115, e-mail: oksanaostrowska@ukr.net

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЗОВАНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Досліджено ефективність впливу екологізованих систем удобрення на продуктивність та якісні параметри пшениці озимої. Доведено доцільність поєднання побічної продукції (солома гороху) або оптимальної норми мінерального добрива з гумусним або мікробіологічним добривом та обробки посівів біостимулятором для одержання стабільних урожаїв пшениці озимої. На фоні соломи гороху пшениця озима формує врожай 4,18–4,41 т/га, тоді як на контролі – 2,69 т/га. Зазначені системи удобрення забезпечили збільшення кількості продуктивних стебел, зерен у колосі та маси 1000 зерен, що зумовило суттєве зростання врожаю пшениці озимої щодо контролю.

За використання екологізованих систем удобрення на фоні $N_{60}P_{90}K_{90}$ перелічені показники продуктивності зазнали значного підвищення. Це забезпечило ступінь реалізації врожаю до рівня 5,39–5,44 т/га.

Виявлено особливості макро- та мікроелементного складу зерна пшениці озимої за екологізованих систем удобрення. Відзначено вищий вміст азоту в зерні (2,00–2,05 %) за умов використання систем удобрення на фоні $N_{60}P_{90}K_{90}$; на фоні соломи гороху його вміст становив 1,83–1,92 %. Акумуляція фосфору та калію в зерні за екологізованих систем удобрення знаходилася в межах: P – 0,65–0,74 %, K – 0,48–0,58 %.

Результати досліджень свідчать, що за умов використання соломи гороху сумісно з $N_{30}P_{45}K_{45}$ та гумусним або мікробіологічним добривом вміст Mg та Ca в зерні знаходився в межах 0,10–0,15 та 0,08–0,10 % проти 0,10–0,12 та 0,06–0,07 % на мінеральному фоні. Найвищу забезпеченість зерна пшениці мікроелементами спостерігали за умов систем удобрення на фоні $N_{60}P_{90}K_{90}$. За кількісними характеристиками мікроелементний склад зерна представлено у вигляді ряду: Fe > Mn > Zn > Cu > Co > V > Pb > Cd. Вміст мікроелементів свідчить про задовільний стан агроценозу пшениці озимої за екологізованих систем удобрення. Кількість елементів перебуває в межах ГДК (гранично допустимих концентрацій).

Найвищі показники вмісту клейковини (27,2–29,3 %) та білка (12,4–13,0 %) у зерні пшениці озимої забезпечили екологізовані, органо-мінеральні

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

системи удобрення, які включали мінеральне добриво в дозі $N_{60}P_{90}K_{90}$ сумісно з гумусним або мікробіологічним добривом, та обробку рослин біостимулятором.

Величини вмісту нітратів виявилися дещо нижчими за умов систем удобрення на фоні соломи (56,3–58,2 мг/кг) порівняно з мінеральними добривами $N_{60}P_{90}K_{90}$ (62,1–63,8 мг/кг). Рівень нітратів у зерні пшениці озимої знаходився в межах гігієнічно допустимих норм.

Ключові слова: пшениця озима, екологізовані системи удобрення, продуктивність, вміст макро- та мікроелементів, клейковини, білка.

**Angelina Dubytska, Oksana Kachmar, Oksana Vavrynovych,
Oleksandr Dubytskyi, Mariia Shcherba**

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

The influence of ecologized fertilizers systems on the productivity and quality of winter wheat grains

The effectiveness of the influence of ecologized fertilizers systems on the productivity and quality parameters of winter wheat has been investigated. The expediency of a combinations of by-products (pea straw) or the optimal rate of mineral fertilizers with humus or microbiological fertilizers and treatment of crops of the biostimulator for obtaining stable yields of winter wheat has been proven. On the background of pea straw, winter wheat forms the yield of 4.18 – 4.41 t/ha, while on the control – 2.69 t/ha. Mentioned fertilizers systems provide an increase in the number of productive stems, grains per ear and the weight of 1000 grains, which led to a significant increase of the winter wheat yield comparing to control.

When using ecologized fertilizers systems on the background of $N_{60}P_{90}K_{90}$, the listed productivity indicators have undergone a significant increase. This provided the degree of the harvest realization to the level of 5,39–5,44 t/ha.

The features of the macro- and microelements composition of the winter wheat grains upon the conditions of ecologized fertilizers systems have been revealed. There was a high nitrogen content in the grains (2.00–2.05%) when using fertilizers systems on the background of $N_{60}P_{90}K_{90}$; on the background of pea straw its content was 1.83–1.92%. The accumulation of phosphorus and potassium in the grains under the conditions of ecologized fertilizers systems was in the range of P – 0.65–0.74%, K – 0.48–0.58%.

The results of the researches indicate, that when pea straw was used together with $N_{30}P_{45}K_{45}$ and humus or microbiological fertilizer, the Mg and Ca content in the grains was in the range of 0.10–0.15 and 0.08–0.10%, versus 0.10–0.12 and 0.06–0.07% on the mineral background. The highest provision of wheat grains by the microelements was observed under conditions of fertilizers systems on the background of $N_{60}P_{90}K_{90}$. In terms of quantitative characteristics, the microelement composition of the grains is presented in the form of a series: Fe > Mn > Zn > Cu > Co > B > Pb > Cd. The content of trace elements indicates about of satisfactory state of the winter wheat agrocenosis under the conditions of ecologized fertilizers

systems. The amount of the elements remains within the MPC (maximum permissible concentration).

The highest levels of the gluten (27.2–29.3 %) and protein (12.4–13.0 %) in the winter wheat grain were provided by ecologized, organomineral fertilizer systems, which included the mineral fertilizer at the dose of $N_{60}P_{90}K_{90}$ together with the humus or microbiological fertilizers and with treatment of plants with the biostimulant.

The values of nitrate contents were slightly lower under conditions of fertilizers systems on the background of straw (56.3–58.2 mg/kg), compared with the mineral fertilizers $N_{60}P_{90}K_{90}$ (62.1–63.8 mg/kg). The level of nitrates in the winter wheat grains was within the limits of the hygienically permissible norm.

Key words: winter wheat, ecologized fertilizer systems, productivity, content of macro- and microelements, content of gluten and protein.

Вступ. Зерновиробництво є пріоритетним напрямом розвитку аграрного сектору економіки. У його структурі провідне місце посідає пшениця озима. Але реалізація потенціалу її продуктивності стримується рядом факторів: це кліматичні аномалії, умови господарювання, а саме: недостатність наукового підходу до сівозмін, попередників пшениці озимої, низькі обсяги застосування добрив, особливо органічних, що суттєво впливає на збалансованість живлення сільськогосподарських культур [11]. Водночас проблема сталого виробництва зерна залишається актуальною, і в основі її вирішення знаходиться раціональна система живлення рослин [7, 15].

Тому існує потреба вдосконалення систем удобрення шляхом використання сучасних інноваційних елементів, які поліпшують засвоюваність поживних речовин з ґрунту, підвищують біологічний потенціал рослин, забезпечують високий екологічний рівень продукції.

Важливою умовою є удосконалення сучасних і розробка нових технологічних заходів на базі традиційних і альтернативних систем удобрення. Так, використання мікробіологічних, гумусних, ріст-регулювальних препаратів у поєднанні з соломою зернових культур та сидератами сприяє одержанню конкурентоспроможної продукції зернових культур як на вітчизняному, так і на зарубіжному ринках [5, 14].

Практичний інтерес до біологічних препаратів обумовлений тим, що вони створені на основі мікроорганізмів, виділених із природних біоценозів, не забруднюють довкілля і є безпечними для тварин та людини, поліпшують живлення культурних рослин, забезпечують їх фізіологічно активними речовинами, що позитивно

впливає на продукційний процес сільськогосподарських культур [9, 10].

Не менший інтерес є і до гумусних препаратів, які широко використовують в інноваційних технологіях вирощування польових культур. Гумати різнобічно впливають на рослини: активізують біоенергетичні процеси, стимулюють обмін речовин, підсилюють проникнення мінеральних елементів, підвищують адаптивні властивості. Випробування добрив на основі гумінових кислот показало велику перспективність їх застосування [6, 20], а саме: стимуляція проростання насіння, посилення дихання і поліпшення живлення рослин, посилення ферментативної активності [21].

Аналіз наукової літератури свідчить, що серед високоєфективних і найменш витратних розробок вітчизняної аграрної науки за останні роки вагоме місце належить впровадженню регуляторів росту рослин [3, 4]. За результатами досліджень та науково-виробничих перевірок, витрати на їх придбання і впровадження окупляться приростами врожаїв у сотні разів [2, 13].

Формування та використання сучасних удосконалених екологізованих систем удобрення за вирощування пшениці озимої передбачає потребу для виявлення оптимальних параметрів структурних елементів урожаю, його якісну характеристику та екологічність продукції. Елементи структури врожаю являють собою відображення умов зовнішнього середовища, які можуть бути враховані кількісно через елементи структурної формули врожайності й урожаю в цілому. Так, маса зерна з одного колоса і маса 1000 зерен можуть регулюватися більшістю технологічних заходів, зокрема досить ефективно удобренням.

Важливою характеристикою ростових процесів цієї сільськогосподарської культури є наростання поверхні листків, досягнення їх оптимальних розмірів та тривале функціонування. Формування та активність фотосинтетичного апарату залежить від систем удобрення. Так, на вміст хлорофілу впливає рівень азоту. Ефективність використання азоту полягає в інтенсивності його поглинання пшеницею [25] та ефективному розподілі в рослині. За його нестачі хлоропласти стають у 1,5–2 рази дрібнішими (хлороз) [12]. За дефіциту фосфору на початкових фазах розвитку рослин формується менша кількість листків, з меншою площею [26], а нестача магнію та кальцію сповільнює перебіг асиміляції CO₂ та порушує фотосинтетичні процеси [24, 29, 31].

Одночасна нестача азоту і калію в сільськогосподарських рослинах обумовлює переповнення хлоропластів крохмалем у зв'язку з порушенням нормального відтоку асимілатів у репродуктивні органи рослин [28, 30], внаслідок чого різко зменшується врожай.

Сучасні умови аграрного виробництва з екологічним впливом на агроценози, а отже, особливими умовами їх живлення, потребують досліджень вмісту мікроелементів у зерні пшениці озимої, рівня важких металів для уточнення чинних гігієнічних норм щодо оцінки якості зерна [16, 18, 22, 23, 27].

Поряд з цим слід аналізувати якісні показники зерна (вміст клейковини, білка та нітратів), які є значущими, особливо в сучасних умовах часткового погіршення якісних параметрів пшениці озимої.

Використання традиційних органо-мінеральних добрив під пшеницю озиму сорту Подолянка забезпечило вміст білка 13,7–13,8 % та клейковини 29,7–32,9 % [17]. За альтернативної системи удобрення (післяжнивні рештки + $N_{60}P_{30}K_{30}$) пшениці озимої Литанівка рівень зазначених показників відповідно становив 11,6–12,4 та 25,8–26,3 %, що вище, ніж на контролі на 10–12 та 8–9 % [19]. За екологізованих систем удобрення з використанням біопрепарату *Agrobacterium* на фоні $N_{60}P_{90}K_{90}$ + сидеральне добриво технологічна якість пшениці озимої поліпшилася та збільшилася врожайність культури [1].

Однак слід відзначити крайню недостатність наукових даних щодо характеристики якісних параметрів зерна пшениці озимої за екологізованих систем удобрення.

Таким чином, потреба вдосконалення та наукового аналізу впливу екологізованих систем удобрення, скомпонованих на базі соломи чи оптимальних доз мінеральних з додаванням гумусних або мікробіологічних добрив та обробки рослин біостимулятором, на продуктивність та якість пшениці озимої є актуальною і своєчасною. Наша мета полягає в дослідженні формування продуктивності пшениці озимої і характеристики якості зерна та його екологічності за умов екологізованих систем удобрення.

Матеріали і методи. Дослідження проводили у 2016–2020 рр. у полі пшениці озимої *Triticum aestivum* L. сорту Бенефіс, висіяної після гороху на зерно в умовах стаціонарного дослідження щодо вивчення наукових основ управління продуктивністю короткоротаційних сівозмін в умовах Карпатського регіону. Висів пшениці озимої проводили в нормі 5,5 млн зерен на 1 га. Насіння пшениці протруювали вітаваксом. При ознаках хвороб вносили фунгіцид

амістар-екстра, від бур'янів – гербіцид гроділ Максї. Схема дослїду включає 9 варіантів:

- 1) контроль (без добрив);
- 2) солома гороху;
- 3) солома гороху + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС;
- 4) солома гороху + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС + ГД;
- 5) солома гороху + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС + МД;
- 6) $N_{60}P_{90}K_{90}$;
- 7) $N_{60}P_{90}K_{90}$ + БС;
- 8) $N_{60}P_{90}K_{90}$ + БС + ГД;
- 9) $N_{60}P_{90}K_{90}$ + БС + МД.

Варіанти, скомпоновані на основі соломи гороху, умовно позначили блок I, а на тлі $N_{60}P_{90}K_{90}$ – блок II. Гумусне добриво (ГД) вносили з осені в період заорювання соломи в дозі 3,0 л/га, мікробіологічне добриво (МД) – в ґрунт у період між весняним кушенням та виходом в трубку, коли температура ґрунту на поверхні була на рівні $+4^{\circ}$ – $+6^{\circ}$ С, в дозі 3,0 л/га. Біостимулятор застосовували двічі за вегетацію (весняне кушення та вихід у трубку) – 0,5 л/га.

Гумусне добриво еко-імпульс представляє собою концентрований водний розчин солей гумінових кислот, склад: масова частка органічних речовин – 43,5 %, золи – 56,5 %; мікробіологічне добриво – еко-ґрунт, у його складі мікроорганізми: *Bacillus subtilis*, *Rhodococcus erythropolis*; біостимулятор терра-сорб, склад препарату: 25 % – загальна кількість органічних речовин, 20 % – амінокислоти, 5,5 – вміст азоту, В – 1,5, Fe – 1,0, Mg – 0,8, Zn і Mn по 0,1 та Мо – 0,001 %.

ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий поверхнево оглеєний легкосуглинковий з відповідною агрохімічною характеристикою: рН сольове, або обмінна кислотність, – 4,85, вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 9,8, доступного фосфору та калію – 10,8 та 8,7 мг/100 г ґрунту, рівень загального гумусу – 2,1 %.

Структуру врожаю пшениці озимої визначали за методом Майсуряна; вміст клейковини, білка – згідно ДСТУ 3768-2009, вміст фосфору визначали колориметрично методом Денїже в модифікації А. Левицького, калій – за допомогою полумєнового фотометра. Вміст кальцію і маґнію в зерні визначали трилометричним методом, вміст мікроелементів – шляхом сухого озолєння з подальшою обробкою зерна розчином 2 н азотної кислоти (HNO_3) і визначенням на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 М.

Результати та обговорення. Для поліпшення використання біологічного потенціалу рослин пшениці озимої виникає потреба у вивченні впливу окремих елементів технології (систем удобрення) на формування врожаю, що дасть змогу розробити заходи, спрямовані на максимальну віддачу потенціалу продуктивності сорту, та сприятиме раціональному застосуванню добрив. Оцінювали порівняльну ефективність удобрень щодо формування продуктивності агрофітоценозу пшениці озимої сорту Бенефіс, урожай зерна і його якість.

Для отримання високих і стабільних урожаїв пшениці озимої важливо сформувати відповідну морфоструктуру посіву, яка б ефективно використовувала оптимальні умови забезпеченості вологою та елементами живлення, що створюється технологією вирощування.

Одним з основних елементів високопродуктивних агрофітоценозів є формування оптимальної кількості рослин та продуктивності стеблостою. Кількість продуктивних стебел на 1 м² на ділянках контролю та заорювання соломи гороху була на рівні 273 та 273 шт./м² (табл. 1).

1. Вплив екологізованих систем удобрення на елементи структури врожаю пшениці озимої (середнє за 2016–2020 рр.)

№ вар.	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Висота рослин, см	Маса зерна з колоса	Маса 1000 зерен
			Г	
1	273	70,8	1,03	28,6
2	273	74,6	1,14	39,4
3	332	104,6	1,28	31,7
4	330	106,9	1,36	33,9
5	323	105,2	1,34	33,2
6	370	106,7	1,38	37,4
7	377	109,2	1,42	38,1
8	380	111,3	1,46	39,4
9	375	109,5	1,43	38,3

Примітка. Зміст вар. 1–9 див. розділ “Матеріали і методи”.

Сумісне використання соломи + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС зумовило ущільнення стеблостою до величини 332 шт./м².

За вирощування пшениці озимої та внесення гумусного чи мікробіологічного добрива на фоні соломи + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС кількість продуктивних стебел збільшилася на 58–66 % щодо контролю.

Із підвищенням дози мінеральних добрив у варіанті 6 щільність продуктивних стебел досягла величини 370 шт./м². За обробки рослин БС на фоні N₆₀P₉₀K₉₀ рівень реалізації стебел зріс щодо варіанта з внесенням лише мінеральних добрив. Найвищий рівень продуктивного стеблостою забезпечили системи удобрення варіантів 8, 9 блоку II.

Елементи структури врожаю являють собою відображення комплексу умов зовнішнього середовища та антропогенного впливу, зокрема систем удобрення. Висота рослин, довжина колоса – варіабельні показники і змінювалися залежно від екологізованих систем удобрення. Дослідженнями встановлено, що найнижчими рослини були в контрольному варіанті та за використання соломи гороху: 70,8 та 74,6 см. Інтенсивніше пшениця озима зростала за умов сумісного внесення N₃₀P₄₅K₄₅ на фоні соломи + БС і досягала висоти 104,6 см (табл. 1). Виявлено, що найінтенсивніший її ріст спостерігали за внесення соломи + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС і додавання гумусного добрива – 106,9 см.

Вирощування пшениці озимої за умов мінеральної системи сприяло поліпшенню живлення культури, що позначалося на ростових процесах. Виявлено позитивну дію біостимулятора на фоні N₆₀P₉₀K₉₀ – рослини досягли висоти 109,5 проти 106,7 см у варіанті 8. Найбільший приріст у висоту відзначено за умов внесення ГД на фоні N₆₀P₉₀K₉₀.

Потенціал пшениці озимої виражається значною мірою в масі зерна з колоса та масі 1000 зерен. За результатами досліджень з'ясовано, що ці показники змінювалися за екологізованих систем удобрення. Найбільша маса зерна з колоса у блоці I (на фоні соломи гороху) у варіантах 4 та 5, а у блоці II (на фоні N₆₀P₉₀K₉₀) у варіантах 8 та 9, що відображено в табл. 1.

Маса 1000 зерен – один з важливих показників, який характеризує технологічну цінність пшениці озимої. Дослідженнями підтверджено ефективний вплив екологізованих систем удобрення на масу 1000 зерен. Найвищий рівень маси 1000 зерен у блоці I (33,9 та 33,2 г) отримано за умов внесення соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС + ГД та за використання МД на аналогічному фоні (табл. 1).

Системи удобрення, в основі яких лежить використання N₆₀P₉₀K₉₀ в комплексі з ГД або з МД та обробка рослин біостимулятором, забезпечили підвищення маси 1000 зерен до рівня 39,4–39,3 г, що позитивно вплинуло на врожайність пшениці озимої. Однак вважаємо, що сорт, який використано в досліді, за відповідних систем удобрення, які ми вивчали, міг не повністю розкрити свій потенціал. Слід відзначити несприятливі умови вегетації культури за

недостатності вологи в весняно-літній період 2016 та 2017 рр. і надмірну її кількість у наступні роки, що частково погіршило рівень формування елементів продуктивності.

За абсолютного контролю врожайність пшениці озимої становила 2,81 т/га. Внесення побічної продукції (соломи гороху) обумовило незначне підвищення врожаю (на 0,28 т/га). Варіант, у якому передбачено зароблення в ґрунт соломи з внесенням $N_{30}P_{45}K_{45}$ та обробку рослин біостимулятором (блок I), зумовив підвищення рівня врожайності пшениці озимої щодо контролю на 1,44, а щодо варіанта 2 – на 1,16 т/га. Системи удобрення, де передбачено внесення ГД або МД на фоні соломи + $N_{30}P_{45}K_{45}$, забезпечили збір зерна 4,49 та 4,33 т/га (табл. 2).

2. Урожай пшениці озимої залежно від екологізованих систем удобрення (2016–2020 рр.)

№ вар.	Роки вегетації					Середнє
	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2018–2019	2019–2020	
	т/га					
1	3,06	2,97	2,65	2,75	2,67	2,81
2	3,68	3,2	2,82	2,83	2,75	3,09
3	4,38	4,31	3,62	4,52	4,42	4,25
4	4,66	4,55	3,86	4,73	4,65	4,49
5	4,43	4,40	3,77	4,61	4,54	4,33
6	5,10	4,88	4,60	5,55	5,42	5,11
7	5,53	5,24	4,82	5,69	5,57	5,37
8	5,52	5,46	4,92	5,78	5,62	5,46
9	5,33	5,44	4,87	5,72	5,59	5,39

$HP_{0,05}$

1,72

1,81

1,47

1,67

1,38

Примітка. Зміст вар. 1–9 див. розділ “Матеріали і методи”.

Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{90}K_{90}$ забезпечило реалізацію врожаю 5,11 т/га. Найкращі умови для формування врожаю зерна культури створювало сумісне внесення ГД або МД на фоні $N_{60}P_{90}K_{90}$ + БС. Приріст урожаю щодо контролю становив 2,65 та 2,58 т/га.

У зв'язку з потребою отримання високих урожаїв пшениці озимої високої якості науковий інтерес представляють дані про вплив екологізованих систем удобрення на якість зерна, зокрема вміст макро- та мікроелементів, сирої клейковини, білка та нітратів. Відомо, що

хімічний склад генеративних органів є найбільш сталим у рослинному організмі, оскільки знаходиться на генетичному контролі. Однак ґрунтово-кліматичні умови вирощування пшениці озимої та вплив агротехнічних факторів, зокрема удобрення, відіграють важливу роль у поліпшенні хімічного складу зерна.

Ми вивчали закономірності змін макроелементів (N, P, K, Ca та Mg) у зерні пшениці озимої за екологізованих систем удобрення. З'ясовано, що в варіанті без добрив (контроль) вміст азоту був 1,68 % (табл. 3). У варіантах досліду, скомпонованих на базі соломи гороху (вар. 3, 4, 5), відзначено підвищення вмісту азоту порівняно до контролю. Найвищий вміст (1,82–1,92 %) виявлено за умов використання ГД або МД на фоні соломи. Композиції на базі N₆₀P₉₀K₉₀ (блок II) забезпечили вищий вміст азоту, ніж в умовах блоку I.

3. Вміст азоту, фосфору, калію, кальцію і магнію в зерні пшениці озимої за різних систем удобрення (середнє за 2016–2020 рр.)

№ вар.	N	P	K	Ca	Mg
	%				
1	1,68	0,57	0,41	0,05	0,10
2	1,73	0,61	0,46	0,08	0,13
3	1,83	0,65	0,48	0,08	0,14
4	1,92	0,66	0,50	0,10	0,15
5	1,86	0,64	0,48	0,08	0,14
6	1,96	0,74	0,56	0,06	0,10
7	2,01	0,74	0,56	0,06	0,10
8	2,05	0,72	0,58	0,07	0,12
9	2,00	0,70	0,56	0,06	0,11

Примітка. Зміст вар. 1–9 див. розділ “Матеріали і методи”.

Вміст фосфору та калію залежно від екологізованих систем удобрення змінювався аналогічно до азоту.

Вміст кальцію і магнію в зерні пшениці озимої за умов систем удобрення на базі соломи виявився вищий, ніж у контрольному варіанті. Вища забезпеченість ґрунту кальцієм і магнієм за вказаних умов сприяла зростанню вмісту цих елементів у зерні. Зменшення вмісту Ca і Mg у композиціях на фоні N₆₀P₉₀K₉₀ щодо блоку I обумовлено підкисленням ґрунту та відповідно зменшенням рухомості вказаних елементів. Слід відзначити, що вміст магнію в зерні був вищий, ніж кальцію майже в два рази, що генетично обумовлено і

вказує на важливу роль елементу в процесах фотосинтезу й синтезу білків.

Мікроелементний склад зерна – важливий показник його біологічної цінності. Відхилення вмісту мікроелементів від оптимального у бік зменшення або збільшення відчують і люди, і тварини. У зв'язку з цим особливого значення набуває вивчення впливу застосування екологізованих систем удобрення на вміст мікроелементів (МЕ) та важких металів (ВМ) у зерні пшениці озимої.

За даними М. Н. Кулешова [8], вміст мікроелементів у зерні пшениці озимої, яке використовують як продукт харчування, має становити: не більше ніж 5 мг/кг Cu, 50 – Fe і 25 Zn.

Потреба рослин у марганці в умовах досліду повністю забезпечується за рахунок самого ґрунту при pH_{KCl} 4,95–5,22, що зумовлює накопичення марганцю рослинами в оптимальних кількостях. Вищий вміст Mn у зерні спостерігали у варіантах на фоні $N_{60}P_{90}K_{90}$ (блок II) – відповідно 13,2–13,8 мг/кг (табл. 4).

4. Вміст мікроелементів у зерні пшениці озимої за ЕБСУ (середнє за 2019–2020 рр.)

№ вар.	Cu	Zn	Mn	Fe	Co	Pb	Cd	B
	мг/кг							
1	3,03	9,65	12,8	13,2	0,98	0,14	0,05	0,59
2	3,12	9,92	12,0	14,1	0,95	0,19	0,06	0,64
3	3,27	11,15	12,8	17,2	0,87	0,28	0,06	0,66
4	3,36	11,52	13,0	17,3	0,94	0,17	0,03	0,68
5	3,33	11,28	12,8	17,0	0,99	0,20	0,03	0,65
6	3,56	11,71	13,2	18,9	0,84	0,29	0,09	0,70
7	3,55	11,71	13,7	18,7	0,83	0,30	0,09	0,67
8	3,80	10,86	13,8	16,4	0,74	0,33	0,07	0,68
9	3,44	10,85	13,2	16,3	0,79	0,29	0,07	0,63

Примітка. Зміст вар. 1–9 див. розділ “Матеріали і методи”.

Вміст заліза у варіанті без добрив (контроль) становив 13,2 мг/кг. Використання композицій на базі соломи гороху збільшило вміст мікроелементу до 17,0–17,3 мг/кг. За умов $N_{60}P_{90}K_{90}$ вміст заліза підвищився до рівня 18,9 мг/кг. Уміст міді (Cu) в усіх варіантах досліду коливався в межах 3,27–3,80 мг/кг.

Вміст кобальту підвищився на 6,2–7,8 % у варіантах блоків I та II щодо контролю. Слід відзначити низький рівень накопичення металу в зерні пшениці озимої, що обумовлено значною його

аккумуляцією в коренях рослин, що генетично закріплено в пшениці озимій [16].

Щодо вмісту важких металів (ВМ) свинцю і кадмію (Pb і Cd) у зерні, то відзначено лише слабку тенденцію їх зменшення в умовах композицій блоку I.

Кількість бору в зерні виявилася незначною, чітких змін його вмісту за екологізованих систем удобрення не виявлено.

За кількісною характеристикою мікроелементний склад зерна можна представити у вигляді ряду: Fe > Mn > Zn > Cu > Co > B > Pb > Cd. Такий розподіл елементів є наслідком неоднакової ліофільності та специфіки їх функціонального призначення. Значна частина заліза, марганцю, цинку і міді, які активно беруть участь у біохімічних реакціях у рослинному організмі, концентрується в зерні; тоді як представники важких металів (свинець і кадмій) лише в невеликій кількості потрапляють до нього. Мікроелементний склад зерна є важливим діагностичним показником, який характеризує не тільки забезпеченість рослин життєво важливими мікроелементами, а й визначає рівень екологічної чистоти агроценозів.

Вміст мікроелементів у зерні пшениці озимої свідчить про задовільний стан агроценозу за умов екологізованих систем удобрення в умовах сірого лісового ґрунту. Кількість життєво важливих і токсичних елементів перебуває в межах ГДК (гранично допустимих концентрацій) і не перевищує максимально допустимого порогу.

Основними показниками, які характеризують якість урожаю пшениці озимої, є вміст клейковини, білка, нітратів. Вміст клейковини на контролі становив 20,3 % (табл. 5). Внесення соломи гороху сумісно з $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС збільшило її вміст на 3,8 %. Найвищий рівень клейковини у блоці I відзначено у варіантах використання гумусного чи мікробіологічного добрив – відповідно 26,8 і 26,2 %. На мінеральному фоні (варіант 8, блок II) вміст клейковини був на рівні 26,8 % (табл. 5), а у варіантах з внесенням гумусного чи мікробіологічного – величина клейковини знаходилася на рівні 27,2–29,3 %.

Вміст білка в зерні пшениці озимої на контролі становив 9,2 %. Найбільше його у варіантах 7, 8, 9, де вносили гумусне чи мікробіологічне добриво на мінеральному фоні ($N_{60}P_{90}K_{90}$) (табл. 5).

Важливою діагностичною характеристикою зерна пшениці озимої є вміст нітратів, допустимий поріг яких у зерні пшениці 300 мг/кг.

5. Вміст клейковини, білка, нітратів у зерні пшениці озимої (середнє за 2018–2020 рр.)

№ вар.	Клейковина	Білок	Нітрати, N-NO ₃ ⁻ , мг/кг
	%		
1	20,3	9,2	50,8
2	21,2	9,6	51,7
3	24,1	10,7	56,3
4	26,8	11,0	58,2
5	26,2	11,1	54,5
6	26,8	11,9	63,2
7	27,0	12,4	63,8
8	29,3	13,0	62,8
9	27,2	12,6	62,1

Примітка. Зміст вар. 1–9 див. розділ “Матеріали і методи”.

Аналіз даних табл. 5 показує, що вміст нітратів у контрольному варіанті становить 50,8 мг/кг, а в умовах композицій удобрень на фоні соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС – 56,3–58,2 мг/кг. Найбільший вміст нітратів виявлено у варіанті блоку II, у зерні пшениці озимої він знаходився в допустимих нормах.

Висновки. Дослідження показали, що при вирощуванні пшениці озимої за екологізованих систем удобрення на фоні соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС з додаванням гумусного або мікробіологічного добрив збільшується кількість продуктивних стебел, маса 1000 зерен, що забезпечує формування врожаю зерна на рівні 4,49–4,33 т/га.

За використання аналогічних систем удобрення на фоні N₆₀P₉₀K₉₀ означені показники підвищилися і відповідно реалізація врожаю становила 5,39–5,46 т/га.

Встановлено характер накопичення азоту, фосфору, калію, кальцію і магнію рослинами пшениці озимої (в зерні) за екологізованих систем удобрення. Відзначено вищий рівень нагромадження азоту, фосфору та калію за систем удобрення на фоні N₆₀P₉₀K₉₀ (II блок), але менш інтенсивний – кальцію та магнію порівняно до систем удобрення блоку I.

Найвищий вміст клейковини (29,3 %) та білка (13,0 %) у зерні пшениці озимої одержано за системи удобрення, яка включала N₆₀P₉₀K₉₀ + БС + гумусне добриво.

За кількісною характеристикою мікроелементний склад зерна пшениці озимої за екологізованих систем удобрення представлено у вигляді ряду: Fe > Mn > Zn > Cu > Co > B > Pb > Cd. Вміст важких

металів менш виражений за умов систем удобрення на фоні соломи гороху (блок I). Вміст мікроелементів в умовах дослідів знаходився в межах гранично допустимих концентрацій, а нітратів – у допустимій нормі.

Список використаної літератури

1. Власюк О. С., Ковальчук Н. В. Ефективність бактеріальних препаратів залежно від удобрення пшениці ярої. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2018. Вип. 37. С. 18–28.
2. Волкогон В. В. Стимулятори росту рослин як складові технологій раціонального використання мінеральних добрив. *Вісник Харківського ДАУ*. 2001. № 4. С. 40–44.
3. В'юнцов С. М. Агроекологічне обґрунтування продуктивності льону-довгунця залежно від застосування стимулятора росту альбіт. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. Т. 1, № 1 (58). С. 86–94.
4. Гож О. А. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від мікродобрив та стимуляторів росту в умовах зрошення Півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 61. С. 118–120.
5. Дерев'янський В. П., Власюк О. С., Малиновська І. М. Ефективність біологічних препаратів та мікроелементів у технології вирощування пшениці ярої. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2013. Вип. 17. С. 111–118.
6. Дідковська Т. П. Вплив гуматів і сапропелю на якісні показники урожаю овочевих культур. *Вісник аграрної науки Південного регіону*. 2008. Вип. 9 (ч. II). С. 95–100.
7. Концепція агрохімічного забезпечення землеробства України на період до 2015 року / за ред. С. А. Балюка, М. В. Лісового. Харків, 2009. 37 с.
8. Кулешов М. Н., Полуянов В. П. Роль тяжелих металлов в природній системі ґрунту – рослини і методи їх визначення : учеб. пособие. Харьков, 1994. 56 с.

References

1. Vlasiuk O. S., Kovalchuk N. V. The effectivity of bacterial preparations depending on the fertilization of spring wheat. *Silskohospodarska mikrobiologhiia*. 2018. Iss. 37. P. 18–28.
2. Volkohon V. V. The plant growth stimulants as components of technologies for the rational use of mineral fertilizers. *Visnyk Kharkivskoho DAU*. 2001. No 4. P. 40–44.
3. Viuntsov S. M. Agroecological substantiation of the productivity of fiber flax depending on the use of a growth stimulator Albit. *Visnyk ZhNAEU*. 2017. Vol. 1, No 1 (58). P. 86–94.
4. Hozh O. A. The productivity of maize hybrids depending on micronutrient fertilizers and growth stimulants under irrigation conditions in the south of Ukraine. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2014. Iss. 61. P. 118–120.
5. Derevianskyi V. P., Vlasiuk O. S., Malynovska I. M. The effectivity of biological preparations and trace elements in the technology of growing spring wheat. *Silskohospodarska mikrobiologhiia*. 2013. Iss. 17. P. 111–118.
6. Didkovska T. P. The influence of humates and sapropel on the quality indicators of the yield of vegetable crops. *Visnyk ahrarnoi nauky Pivdennoho rehionu*. 2008. Iss. 9 (pt. II). P. 95–100.
7. The concept of agrochemical support of agriculture in Ukraine on the period up to 2015 / za red. S. A. Baliuka, M. V. Lisovoho. Kharkiv, 2009. 37 p.
8. Kuleshov M. N., Poluianov V. P. The role of heavy metals in the natural soil – plant system and methods for their determination : ucheb. posobieje. Kharkov, 1994. 56 p.
9. Methodology and practice of using microbial preparations in technologies for

9. Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / В. В. Волкогон та ін. ; за ред. В. В. Волкогона. Київ, 2011. 156 с.

10. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / В. В. Волкогон та ін. ; за ред. В. В. Волкогона. Київ, 2006. 312 с.

11. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / редкол.: Балок С. А. та ін. ; М-во аграр. політики, Держ. технол. центр охорони родючості ґрунтів, НААН України, ННЦ ПА імені О. Н. Соколовського, НУБіП України. Київ, 2010. 111 с.

12. Приплавко С. О., Гой В. І. Залежність площі поверхні, сумарного вмісту хлорофілу та продуктивності зерна озимої пшениці від впливу синтетичних метаконкомплексних регуляторів росту рослин. *Зб. наук. пр. Уманського державного аграрного університету*. 2008. Т. 61, вип. 2. С. 120–127.

13. Салициловая кислота – регулятор роста, обладающий антистрессовой активностью в растениях пшеницы / М. Безрукова и др. Материалы 6 Международной конф. “*Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях*” (Москва, 26–28 июня 2001 г.). Москва : Изд-во МСХА, 2001. С. 11.

14. Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агросистем / В. Ф. Петриченко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 8. С. 5–11.

15. Сучасні системи удобрення сільськогосподарських культур у сівознах з різною ротацією за основними ґрунтово-кліматичними зонами України : рекомендації / за ред. А. С. Заришняка, М. В. Лісового. Київ, 2008. 120 с.

16. Ткач О. П. Елементний склад зерна озимої пшениці за передпосівної обробки насіння сульфатом марганцю.

growing agricultural crops / V. V. Volkohon et al. ; za red. V. V. Volkohona. Kyiv, 2011. 156 p.

10. Microbial preparations in agriculture. Theory and practice / V. V. Volkohon et al. ; za red. V. V. Volkohona. Kyiv, 2006. 312 p.

11. The national report on the state of soil fertility in Ukraine / redkol.: Baliuk S. A. et al. ; M-vo ahrar. polityky, Derzh. tekhnol. tsentr okhorony rodichosti gruntiv, NAAN Ukrainy, NNTs IGA imeni O. N. Sokolovskoho, NUBiP Ukrainy. Kyiv, 2010. 111 p.

12. Pryplavko S. O., Hoi V. I. Dependence of surface area, total chlorophyll content and productivity of winter wheat grain on the effect of synthetic meta-complex plant growth regulators. *Zb. nauk. pr. Umanskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu*. 2008. Vol. 61, Iss. 2. P. 120–127.

13. The salicylic acid – a growth regulator with anti-stress activity in wheat plants / M. Bezrukova et al. Materialy 6 Mezhdunarodnoj konf. “*Regulatory rosta i razvitiya rastenij v biotekhnologiyakh*” (Moscow, 26–28 iyunya 2001 g.). Moscow : Izd-vo MSKha, 2001. P. 11.

14. The agricultural microbiology and balanced development of agrosystems / V. F. Petrychenko et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2012. No 8. P. 5–11.

15. Modern fertilization systems for agricultural crops in crop rotations with different priorities for the main soil and climatic zones of Ukraine : recommendations / za red. A. S. Zaryshniaka, M. V. Lisovoho. Kyiv, 2008. 120 p.

16. Tkach O. P. The elemental composition of winter wheat grain during pre-sowing treatment of seeds with manganese sulfate. *Ecology and noospherology*. 2015. Vol. 26, No 3/4. P. 72–79.

17. Formation of winter wheat grain quality depending on the fertilization systems under different weather conditions / S. I. Popov et al. *Visnyk Tsentru*

Ecology and noospherology. 2015. Vol. 26, N 3/4. С. 72–79.

17. Формування якості зерна пшениці озимої залежно від систем удобрення за різних погодних умов / С. І. Попов та ін. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 17. С. 50–59.

18. Фурдичко О. І., Дем'янюк О. С. Якість і безпечність сільськогосподарської продукції в контексті продовольчої безпеки України. *Агрокологічний журнал*. 2014. № 1. С. 7–12.

19. Циліурик О. І. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на урожайність парової пшениці озимої в Північному Степу України. *Зернові культури*. 2019. Т. 3, № 1. С. 110–119.

20. Шевчук М. Й., Дідковська Т. П. Вплив препарату сапрогум – NH₄ на лабораторні показники насіння помідорів. *Вісник Львівського державного аграрного університету*. 2007. № 11. С. 464–466.

21. Якименко О. С., Терехова В. А. Гуминовые препараты и оценка их биологической активности для целей сертификации. *Почвоведение*. 2011. № 11. С. 1334–1343.

22. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture / F. Shireen et al. *Int. J. Mol. Sci.* 2018. V. 19, N 7. P. 1856–1875.

23. Gupta N., Ram H., Kumar B. Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2016. V. 15, N 1. P. 89–109.

24. Hauer-Jakli M., Tränkner M. Critical leaf magnesium thresholds and the impact of magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: a systematic review and meta-analysis on 70 years of research. *Front. Plant Sci.* 2019. V. 10. P. 766–780.

25. Nacry P., Bouguyon E., Gojon A. Nitrogen acquisition by roots: physiological

naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti. 2014. Iss. 17. P. 50–59.

18. Furdychko O. I., Demianiuk O. S. Quality and safety of the agricultural products in the context of food security of Ukraine. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2014. No 1. P. 7–12.

19. Tsyliuryk O. I. The influence of systems of the basic tillage and fertilization on the yield of winter fallow wheat in the Northern Steppe of Ukraine. *Zernovi kultury*. 2019. Vol. 3, No 1. P. 110–119.

20. Shevchuk M. Y., Didkovska T. P. The effect of the preparation Saprohum – NH₄ on the laboratory parameters of tomato seeds. *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu*. 2007. No 11. P. 464–466.

21. Yakimenko O. S., Terekhova V. A. The humic preparations and assessment of their biological activity for certification purposes. *Pochvovedenie*. 2011. No 11. P. 1334–1343.

22. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture / F. Shireen et al. *Int. J. Mol. Sci.* 2018. Vol. 19, No 7. P. 1856–1875.

23. Gupta N., Ram H., Kumar B. Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2016. Vol. 15, No 1. P. 89–109.

24. Hauer-Jakli M., Tränkner M. Critical leaf magnesium thresholds and the impact of magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: a systematic review and meta-analysis of research. *Front. Plant Sci.* 2019. Vol. 10. P. 766–780.

25. Nacry P., Bouguyon E., Gojon A. Nitrogen acquisition by roots: physiological and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to a fluctuating resource. *Plant Soil*. 2013. Vol. 370, No 1. P. 1–29.

26. Phosphorus dynamics: from soil to plant / J. Shen et al. *Plant Physiol.* 2011. Vol. 156, No 3. P. 997–1005.

27. Rout G. R., Sahoo S. Role of iron

and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to a fluctuating resource. *Plant Soil*. 2013. V. 370, N 1. P. 1–29.

26. Phosphorus dynamics: from soil to plant / J. Shen et al. *Plant Physiol*. 2011. V. 156, N 3. P. 997–1005.

27. Rout G. R., Sahoo S. Role of iron in plant growth and metabolism. *Rev. Agric. Sci.* 2015. V. 3. P. 1–24.

28. Shin R. Strategies for improving potassium use efficiency in plants. *Mol. Cells*. 2014. V. 37, N 8. P. 575–584.

29. Tanoi K., Kobayashi N. I. Leaf senescence by magnesium deficiency. *Plants*. 2015. V. 4, N 4. P. 756–772.

30. The critical role of potassium in plant stress response / M. Wang et. al. *Int. J. Mol. Sci.* 2013. V. 14, N 4. P. 7370–7390.

31. Thor K. Calcium – nutrient and messenger. *Front. Plant Sci.* 2019. V. 10. P. 440–446.

in plant growth and metabolism. *Rev. Agric. Sci.* 2015. Vol. 3. P. 1–24.

28. Shin R. Strategies for improving potassium use efficiency in plants. *Mol. Cells*. 2014. Vol. 37, No 8. P. 575–584.

29. Tanoi K., Kobayashi N. I. Leaf senescence by magnesium deficiency. *Plants*. 2015. Vol. 4, No 4. P. 756–772.

30. The critical role of potassium in plant stress response / M. Wang et. al. *Int. J. Mol. Sci.* 2013. Vol. 14, No 4. P. 7370–7390.

31. Thor K. Calcium – nutrient and messenger. *Front. Plant Sci.* 2019. Vol. 10. P. 440–446.

Отримано 19.02.2021