

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЗОВАНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

О.Л. Дубицький¹, О.Й. Качмар², А.О. Дубицька³, О.В. Вавринович⁴

¹ кандидат біологічних наук

²⁻⁴ кандидати сільськогосподарських наук

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

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

Львівської обл., 81115, Україна

e-mail: ¹dubytksyoleksandr@gmail.com, ²oksanaostrowska@ukr.net,

³dubytksalina@gmail.com, ⁴vavrynovychoksana@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-8293-4119, ²0000-0002-0382-6030, ³0000-0002-5685-0237,

⁴0000-0003-3466-1432

Надійшла 19.05.2020

Мета. Дослідити формування продуктивності та якості зерна пшениці озимої за екологізованих систем удобрення. **Методи.** Польові, лабораторні, статистичні дослідження. **Результати.** Наведено дані досліджень впливу екологізованих систем удобрення на продуктивність пшениці озимої. Використання екологізованих систем удобрення дало змогу збільшити кількість продуктивних стебел до 379–462 шт./м², продуктивність колоса – 1,26–1,48 г, масу 1000 зерен – до 33,5–41 г та отримати урожайність пшениці озимої на рівні 4,46–5,92 т/га. Вищий уміст макроелементів (N, P, K) у зерні пшениці озимої виявлено за систем удобрення на основі N₆₀P₉₀K₉₀. Рівень калію і магнію у зерні був вищим за використання в композиціях удобрення соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅. Виявлено ефективність і перспективність використання альтернативної системи удобрення, сформованої на основі побічної продукції з додаванням мінеральних добрив N₃₀P₄₅K₄₅ + органічна складова (гумусне або мікробіологічне добриво) та обробки рослин біостимулятором. Завдяки цьому отримали зерно з оптимальним вмістом клейковини – 25,6–27,6%, білка – 11–11,9%, незначною кількістю нітратів – 55,8–56 мг/кг та гранично допустимою концентрацією мікроелементів. **Висновки.** Установлено, що використання як побічної продукції соломи гороху за внесення N₃₀P₄₅K₄₅ сумісно з гумусним або мікробіологічним добривом та обробкою рослин біостимулятором підвищило урожайність пшениці озимої на 52,3–59,4%, порівняно з варіантами без внесення добрив. За умов проєктів з мінеральною (N₆₀P₉₀K₉₀) та органо-мінеральною системами удобрення цей приріст становив 77,7–87,8%, що незначно підвищило вміст нітратів у зерні. Застосування екологізованих систем удобрення виявило комплексний позитивний вплив на отримання безпечної продукції пшениці озимої за екологічними показниками якості.

Ключові слова: мінеральне добриво, органічна складова, урожайність, біостимулятор, мікроелементи, вміст клейковини та білка.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-10>

Завдання сучасного і майбутнього землеробства — одночасне розв'язання трьох важливих проблем — зростання рентабельності технологій у рослинництві, охорона навколишнього середовища та підвищення продуктивності культурних агроценозів і якості продукції [1, 2]. Останнє особливо важливо для пшениці озимої, якій належить провідне місце в забезпеченні людства збалансованими продуктами харчування.

Одним із чинників формування оптимальних урожаїв та екологічно якісної продукції є використання екологізованих систем удобрення. Вони концептуально характеризуються принципом альтернативності завдяки використанню вторинної рослинницької продукції, відповідних гумусних, мікробіологічних і хелатованих добрив, обробки рослин біостимуляторами та ін. [3, 4].

Складові екологізованих систем удобрення, зокрема внесення вторинної рослинницької продукції, мікродобрив, гумусних і мікробіологічних добрив, передбачають дотримання природних біологічних законів, а саме нагромадження органічної речовини, посилення мікробіологічної активності, а отже, відкриття шляху для підвищення доступності елементів живлення для сільськогосподарських культур [5, 6].

Використання біостимуляторів сприяє зростанню продуктивності посівів завдяки інтенсифікації життєдіяльності клітин рослинних організмів, прискоренню біохімічних процесів. У свою чергу це посилює процеси живлення, дихання та фотосинтезу і як результат — кращу реалізацію генетичного потенціалу рослин [7]. В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва для практичного користування слід всебічно оцінювати якість вирощеної продукції [8], особливо це стосується екологічних показників зерна [9]. Поживна якість зерна, особливо його елементний склад, становить значний інтерес як для агрономів, так і для дієтологів. Аутоекологічна реакція рослин щодо зміни вмісту макро- та мікроелементів за екологізованих систем удобрення потребує досліджень стосовно визначення системи «ґрунт–рослина» [10].

Мета досліджень — вивчити формування продуктивності та якості зерна пшениці озимої за екологізованих систем удобрення.

Матеріали та методи. Дослідження проводили в умовах довготривалого стаціонарного досліду Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН в зерновій сівозміні (горох – пшениця озима – кукурудза на зерно – овес) під посівами пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) сорту Поліська 90, висіяної після гороху на зерно (*Pisum sativum* L.). Схема досліду включає 8 варіантів: 1) Контроль (без добрив); 2) Солома гороху (г.); 3) Солома г. + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + біостимулятор (БС); 4) Солома г. + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС+гумусне добриво (ГД); 5) Солома г. + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС+ мікробіологічне добриво (МД); 6) $N_{60}P_{90}K_{90}$ + БС; 7) $N_{60}P_{90}K_{90}$ + БС + ГД; 8) $N_{60}P_{90}K_{90}$ + БС + МД. Заорювали солому гороху в кількості 2,5 т/га, ГД — еко-імпульс вносили в передпосівний період (3 л/га), БС — терра-сорб — двічі за вегетацію (кущення, вихід у трубку) — доза 0,5 л/га; МД — еко-ґрунт вносили наприкінці кущення — 3 л/га. Об'єкт дослідження — рослини та зерно пшениці озимої. Агрохімічна характеристика сірого лісового поверхнево-оглеєного ґрунту така: рН_{КСІ} — 4,85 (ДСТУ ISO 10390-2007); гідролітична кислотність — 2,4 мг-екв/100 г ґрунту (ДСТУ 7537:2014), вміст легкогідролізного азоту — 9,8 (ДСТУ 7863:2015), рухомих форм фосфору та калію за Кірсановим (0,2 н НСІ) — 10,6 і 8,6 мг/100 г ґрунту (ДСТУ 4405:2005), загального гумусу — 2,1 % (ДСТУ 4289:2004).

Структурний аналіз рослин пшениці озимої проводили за Майсураєм, вміст клейковини — за ДСТУ 3768:2019, вміст білка — за Лоурі, вміст нітратів — іонометричним методом, вміст мікроелементів (МЕ) — методом атомно-абсорбційної спектроскопії 116-М, вміст макроелементів азоту, фосфору, калію — методом мокрого озолення за МВВ-31-497058-024-2005, вміст кальцію та магнію — трилометричним методом.

Результати досліджень. Для отримання високих і стабільних урожаїв пшениці озимої важливо сформувати відповідну морфоструктуру рослин і структуру посіву, які б ефективно використовували оптимальні умови забезпеченості елементами живлення, що створюється технологією вирощування. Оцінено ефективність екологізованих систем удобрення на формування

продуктивності агрофітоценозу пшениці озимої сорту Поліська 90, урожайність зерна і його якість.

Одним з основних елементів високопродуктивних агрофітоценозів є формування оптимальної величини продуктивного стеблестою. Кількість продуктивних стебел пшениці озимої за 2017–2018 рр. за умов заорювання соломи гороху становила 316 проти 265 шт./м² на контролі (табл. 1).

Внесення N₃₀P₄₅K₄₅ на фоні соломи гороху сумісно з обробкою рослин біостимулятором зумовило збільшення щільності продуктивного стеблестою до рівня 379 шт./м². Позитивний ефект виявлено за внесення гумусного, або мікробіологічного добрива як на фоні соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС, так і на фоні N₆₀P₉₀K₉₀ + БС. Продуктивність пшениці озимої характеризується масою зерен з одного колоса, масою 1000 зерен, урожайністю. Найбільшу масу зерна з колоса виявлено на фоні соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС з додаванням гумусного добрива (1,32 г) та на основі N₆₀P₉₀K₉₀ + БС сумісно з ГД (1,48 г) відповідно (див. табл. 1). Найвищу масу 1000 зерен (36,7–41 г) отримано за аналогічних умов, що позитивно вплинуло на урожайність пшениці озимої. Максимальну реалізацію продуктивності пшениці озимої забезпечили екологізовані системи удобрення. Так, найбільший приріст урожайності щодо абсолютного контролю отримано за внесення добрив

у нормі N₆₀P₉₀K₉₀ + БС з додаванням МД або ГД 2,61–2,77 т/га. Дещо нижчий рівень урожайності пшениця озима формувала за внесення соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС + ГД. Ефект від системи удобрення на основі вторинної рослинницької продукції відносно контролю — 1,87 т/га. При заорюванні лише соломи гороху врожайність пшениці озимої знижувалася до рівня 3,44 т/га, а на контролі — до 3,15 т/га відповідно.

Використання екологізованих систем удобрення зумовило зміни в накопиченні макроелементів у зерні пшениці озимої. З'ясовано, що у варіанті без добрив (контроль) уміст азоту в зерні становив 1,68%. У варіантах дослідів, скомпонованих на основі соломи гороху, виявлено підвищення його вмісту до 1,80–1,90%. Композиції на фоні N₆₀P₉₀K₉₀ забезпечили рівень азоту 1,98–2,01%. Уміст фосфору та калію залежно від екологізованих систем удобрення змінювався аналогічно. Вміст кальцію та магнію виявився вищим за систем удобрення на основі соломи гороху — 0,08–0,09 і 0,14–0,15%, а на контролі — відповідно 0,05–0,09%. Зменшення вмісту кальцію та магнію у композиціях на фоні N₆₀P₉₀K₉₀ (0,06–0,07 та 0,11–0,12%) щодо варіантів з вторинною рослинницькою продукцією зумовлено підкисленням ґрунтового розчину, а отже, відповідно зниженням їх рухомості та доступності.

Мікроелементний склад зерна — важливий показник його біологічної цінності. Уміст

1. Вплив екологізованих систем удобрення на елементи продуктивності та урожайність пшениці озимої (середнє за 2017–2018 рр.)

Варіант	Система удобрення	Кількість продуктивних стебел, шт./м ²	Маса, г		Урожайність, т/га	Приріст урожайності до контролю	
			1000 зерен	зерна з колоса		т/га	%
1	Контроль (без добрив)	265	28,8	0,97	3,15		
2	Солома гороху (г.)	316	29,3	1,05	3,44	0,29	9,2
3	Солома г.+N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + БС	379	33,5	1,26	4,46	1,31	41,6
4	Солома г.+N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ +БС+ГД	409	36,7	1,32	5,02	1,87	59,4
5	Солома г.+N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ +БС+МД	390	34,8	1,29	4,90	1,65	52,3
6	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ + БС	415	39,1	1,44	5,60	2,45	77,7
7	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ + БС + ГД	462	41,0	1,48	5,92	2,77	87,8
8	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ + БС + МД	428	40,2	1,46	5,76	2,61	82,5
	HIP _{0,5}	40,7	3,1	0,15	0,17		

2. Уміст мікроелементів і важких металів у зерні пшениці озимої за екологізованих систем удобрення (середнє за 2018–2019 рр.), мг/кг

Варіант	Система удобрення	Cu	Zn	Mn	Fe	Cd
1	Контроль	3,04	10,00	12,6	13,9	0,06
2	Солома гороху (г.)	3,10	10,30	11,9	14,3	0,04
3	Солома г.+N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ +БС	3,38	11,42	13,8	17,8	0,05
4	Солома г.+N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ +БС+ГД	3,46	11,02	12,7	16,4	0,05
5	Солома г.+N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ +БС+МД	3,49	10,76	12,8	16,5	0,05
6	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ +БС	3,60	12,28	13,5	19,4	0,09
7	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ +БС+ГД	3,49	11,42	13,2	18,0	0,09
8	N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀ +БС+МД	3,42	11,22	13,2	17,8	0,09

мікроелементів у зерні пшениці озимої, яку використовують як продукт харчування, має містити: Zn — 25,0; Cu — 5,0; Fe — 50,0; Mn — 44,5 мг/кг [11].

Потреба рослин у марганці в умовах досліду задовольняється повністю завдяки самому ґрунту за рН_{ксі} — 4,87–5,28, що зумовлює накопичення марганцю в зерні в оптимальних кількостях (табл. 2).

У наших дослідах характерним було збільшення вмісту заліза, цинку і міді за екологізованих систем удобрення, порівняно з контролем (див. табл. 2). Подібне накопичення мікроелементів заліза, цинку та міді може бути зумовлене підвищенням ефективності їх використання рослинами пшениці. За умов внесення систем удобрення на фоні N₆₀P₉₀K₉₀ спостерігалось збільшення вмісту МЕ в зерні, що зумовлено підвищенням їх рухомості та мобільності на фоні підкислення ґрунтового розчину. У цих умовах виявлено також тенденцію підвищення вмісту кадмію. За кількісною характеристикою мікроелементний склад зерна може бути таким: Fe > Mn > Zn > Cu > Cd. Водночас такий розподіл елементів є наслідком неоднакової ліофільності та специфіки їхнього функціонального призначення.

Отже, мікроелементний склад зерна пшениці озимої є важливим діагностичним показником, який характеризує не тільки забезпеченість рослин життєво необхідними МЕ, а й визначає екологічність ценозів пшениці озимої. В умовах досліду кількість МЕ в зерні перебуває в межах гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Важливими показниками якісної характеристики урожаю пшениці озимої є вміст клейковини, білка, нітратів. Уміст сирової клейковини на контролі в середньому за 3 роки становив 22%. Внесення екологізованих систем удобрення збільшувало її кількість у різних варіантах на 0,4–6,8%.

Дослідження свідчать, що удобрення пшениці озимої за пріорювання соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ і внесення БС та ГД збільшувало вміст клейковини в зерні до 25,6 і 27,6%. Найвищий рівень клейковини забезпечили системи удобрення на основі N₆₀P₉₀K₉₀. Уміст білка в зерні пшениці озимої на контролі становив 9,3%. Найбільше його було у варіантах органо-мінеральних систем удобрення, скомпонованих на фоні N₆₀P₉₀K₉₀.

У результаті досліджень виявлено, що у варіантах контролю та заорювання лише соломи гороху вміст нітратів становив 51,2–51,6 мг/кг. На фонах удобрення з використанням соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС і додаванням ГД або МД вміст нітратів збільшився на 8,0–8,5%. В умовах композицій на основі N₆₀P₉₀K₉₀ це збільшення виявилось на рівні 18–19,5%. Внесення мінеральних добрив N₆₀P₉₀K₉₀ + БС найбільшою мірою збільшило вміст нітратів у зерні до 66,8 мг/кг, однак отримані результати є значно нижчими ГДК (300 мг/кг).

Слід зазначити, що за умов використання соломи гороху + N₃₀P₄₅K₄₅ + БС + ГД окупність 1 грн затрат — 2,2 грн, рентабельність — 120%, що визначило найвищу економічну ефективність застосування цієї системи удобрення.

Висновки

Установлено, що використання побічної продукції — соломи гороху + $N_{30}P_{45}K_{45}$ + БС сумісно з гумусним або мікробіологічним добривом та обробкою рослин біостимулятором підвищило врожайність пшениці озимої на 52,3–59,4% щодо варіантів без внесення добрив. За умов проєктів з мінеральною ($N_{60}P_{90}K_{90}$) та

органомінеральною системами удобрення цей приріст становив 77,7–87,8%, що незначно підвищило вміст нітратів у зерні. Застосування екологізованих систем удобрення виявило комплексний позитивний вплив на отримання безпечної продукції пшениці озимої за екологічними показниками якості.

Dubyskyi O.¹, Kachmar O.², Dubyska A.³, Vavrynovych O.⁴

Institute of Agriculture of Carpathian region of NAAS, 5 Hrushevskoho Str., Obroshyne, Pustomytiv district, Lviv oblast, 81115, Ukraine; e-mail: ¹dubyskyoleksandr@gmail.com, ²oksanaostrowska@ukr.net, ³dubyskalin@gmail.com, ⁴vavrynovychoksana@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-8293-4119, ²0000-0002-0382-6030, ³0000-0002-5685-0237, ⁴0000-0003-3466-1432

Influence of environmental fertilizer systems on yield formation and grain quality of winter wheat

Goal. To study the formation of productivity and grain quality of winter wheat in environmental fertilizer systems. **Methods.** Field, laboratory, and statistical research. **Results.** The data are given of research in the influence of environmental fertilizer systems on the productivity of winter wheat. Use of environmental fertilizer systems allowed to increase the number of productive stems to 379–462 picks/m², the productivity of the ear — to 1,26–1,48 g, the mass of 1000 seeds — to 33.5–41 g, and to get the yield of winter wheat at the level of 4,46–5.92 t/ha. The highest content of macronutrients (N, P, K) in the grain of winter wheat was fixed for fertilizer systems based on $N_{60}P_{90}K_{90}$. The level of potassium and magnesium in the grain was higher

than at use in the compositions of fertilizer of straw of peas + $N_{30}P_{45}K_{45}$. Efficiency and perspective were revealed of the use of alternative fertilizers based on by-products with the addition of mineral fertilizers $N_{30}P_{45}K_{45}$ + organic component (humus or microbiological fertilizer) and treatment of plants with a biostimulator. Due to that grain was yielded with optimal gluten content — 25.6–27.6%, protein — 11–11.9%, a slight amount of nitrates — 55.8–56 mg/kg, and the maximum allowable concentration of micro-elements. **Conclusions.** It was found that the use of the straw of peas as a by-product at entering $N_{30}P_{45}K_{45}$ with humus or microbial fertilizer and plant treatment with biostimulant increased winter wheat yield by 52.3–59.4%, compared to the variants without fertilization. At the use of mineral ($N_{60}P_{90}K_{90}$) and organo-mineral fertilizer systems, such an increase made 77.7–87.8%, which slightly increased the nitrate content in the grain. Application of natural fertilizer systems revealed a complex positive impact on the field of safe production of winter wheat according to ecological quality indicators.

Key words: mineral fertilizer, organic component, yield, biostimulant, microelements, content of gluten and protein.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-10>

Бібліографія

1. Бомба М.Я. Сучасні тенденції розвитку світового землеробства. *Вісник НАН України*. 2007. № 12. С. 34–40.
2. Кисіль В.І. Формування екологічно безпечного виробництва в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 2. С. 10–12.
3. Шевчук О.В. Вплив післядії різних систем удобрення на динаміку вмісту азоту в ґрунті, рослинах і зерні ячменю ярого. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2013. № 1. С. 135–139.

4. Лазарев В.И., Вартанова А.Б. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Курской области. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014. № 6. С. 45–48.
5. Волкогон В.В., Надкренична О. В., Ковалевська Т.М. та ін. Мікробні препарати у землеробстві: теорія і практика; за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграрна наука, 2006. 312 с.
6. Занилов А.Х., Шилова Е.П. Инновационные приемы повышения эффективности минерального

питання растений: методические рекомендации для сельскохозяйственных консультантов. Москва: Россимагротех, 2017. 132 с.

7. *Клименко І.І.* Вплив регуляторів росту і мікродобрив на урожайність насіння ліній та гібридів соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2015. № 107. С. 183–188.

8. *Шакалій С.М.* Якість зерна пшениці м'якої озимої за використання позакореневого підживлення в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. Т. 65, № 1. С. 102–113.

9. *Teklić T., Lončarić Z., Kovačević V., Singh B.R.* Metallic trace elements in cereal grain—a review: how much metal do we eat? *Food and Energy Security*. 2013. V. 2, № 2. P. 81–95. doi:10.1002/fes3.24

10. *Kabata-Pendias A.* Trace elements in soils and plants. 4th Edition. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2010. 548 p. doi:10.1201/w10158

11. *Кулешов М.Н., Полуянов В.П.* Роль тяжелых металлов в природной системе почва–растение и методы их определения. Харьков: Харьковский государственный аграрный университет им. В. В. Докучаева, 1994. 56 с.