

АГРОХІМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ БІОПРЕПАРАТІВ У ВУЗЬКОСПЕЦІАЛІЗОВАНІЙ СІВОЗМІНІ

О. М. Бердніков, В. В. Волкогон, Л. В. Потапенко, С. Ф. Козар

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14035, Україна; e-mail: volkogon@ukr.net

Мета. Визначити параметри надходження органічної речовини та біогенних елементів з побічною продукцією сільськогосподарських культур за мінеральної та сидерально-мінеральної систем удобрення та використання мікробних препаратів. **Методи.** Польового досліду, агрохімічні, балансові, статистичні. **Результати.** В умовах короткочасної сівозміни «пшениця озима – проміжний сидерат – кукурудза на зерно – соя – пшениця озима» визначено вплив мікробних препаратів Біограну (на основі азотфіксувальної бактерії *Azospirillum brasilense* 410 та фізіологічно активних речовин) для кукурудзи і Ніпро-Легу (на основі комплексу діазотрофів *Bradyrhizobium japonicum* і *Azospirillum brasilense* та полісахариду) для сої на урожайність культур, надходження до ґрунту побічної продукції, баланс азоту, фосфору і калію залежно від систем удобрення. За використання біопрепаратів надходження до ґрунту побічної продукції кукурудзи зросло на 1,41–2,12 т/га, сої — на 0,51–0,71 т/га сухої речовини залежно від агрофонів, що з урахуванням коефіцієнтів гуміфікації може забезпечити поповнення ґрунту гумусом на рівні 0,31–0,47 т/га і 0,12–0,17 т/га відповідно. Баланси азоту і фосфору, як і їхня інтенсивність за мінеральної системи удобрення, були позитивними. Сидерально-мінеральна система удобрення та передпосівна бактеризація насіння сприяли покращенню показників проти мінеральної системи удобрення. Баланс калію був слабодefіцитним (від –20,4 до –16,2 кг/га за інтенсивності балансу 78–80 %) за мінеральної системи удобрення і позитивним за сидерально-мінеральної. Мікробні препарати сприяли підвищенню показників. Додаткове надходження до ґрунту сполук біогенних елементів забезпечувало зростання урожайності пшениці озимої. За результатами оцінювання показників балансу основних елементів живлення задовільне екологічне врівноваження створювалося у короткочасній сівозміні за сидерально-мінеральної системи удобрення і передпосівної бактеризації насіння кукурудзи та сої. **Висновки.** Оцінюючи ефективність використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, поряд з їх прямою дією на формування урожайності і якості продукції, треба враховувати параметри надходження до орного шару ґрунту органічної речовини і сполук біогенних елементів з побічною продукцією.

Ключові слова: мінеральна та сидерально-мінеральна системи удобрення, кукурудза, соя, мікробні препарати, сівозміна, баланс основних елементів живлення.

Вступ. Сучасна трансформація агрофітоценозів у сільськогосподарських підприємствах зумовлюється кон'юктурою цін на продукцію рослинництва. Зі свого боку, це призводить до спотворення науково обґрунтованих сівозмін, насичення їх економічно привабливими культурами. Виключення з сі-

возмін багаторічних бобових трав, відсутність гною в системах удобрення культур спричиняє дефіцит органічної речовини в ґрунті та небажані зміни у складі угруповань мікроорганізмів.

Зважаючи на те, що ґрунтові мікроорганізми забезпечують перебіг як мінераліза-

ційних процесів, які підвищують доступність поживних речовин для рослини, так і синтетичних (утворення гумусу, біологічно активних сполук), наявні системи землеробства повинні забезпечувати, якщо не перевагу синтетичних процесів над деструктивними, то хоча б їх підтримку у збалансованому вигляді [1; 2]. Саме тому важливими для підтримання якісних характеристик ґрунту є системне надходження свіжої органічної речовини та корекція складу угруповань мікроорганізмів в агроценозах [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед низки засобів, орієнтованих на стабілізацію екологічного стану агрофітоценозів, зокрема й угруповань агрономічно корисної ґрунтової біоти, треба виділити застосування зеленого добрива. Цей прийом поповнення ґрунтів свіжою органічною речовиною є технологічно та економічно доступним практично для всіх господарств [5]. За умови застосування сидератів також покращуються фізичні, хімічні та біологічні показники ґрунту [6–14].

Водночас інформація щодо ефективності поєднань таких агроприймів, як сидерація та використання мікробних препаратів, обмежена. З огляду на вищезазначене, актуальними є дослідження ефективності передпосівної бактеризації насіння за вирощування культур на фоні зеленого добрива у короткоротаційних сівозмінах та впливу цих агроприймів на екологічний стан ґрунтів.

Мета досліджень — визначити вплив мікробних препаратів на урожайність культур, надходження до ґрунту побічної продукції, баланс основних елементів живлення рослин та інтенсивність балансу за мінерального та сидерально-мінерального удобрення.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили в умовах стаціонарного польового дослідження Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН впродовж 2013–2016 рр. Ґрунт у досліді — дерново-підзолистий супіщаний, має середній ступінь кислотності ($\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,9$), низький уміст гумусу — 1,1 %, уміст рухомих форм фосфатів — 179,0 мг/кг, обмінного калію — 85 мг/кг ґрунту.

У досліді моделювали короткоротаційну сівозміну: пшениця озима – сидерат як

проміжна культура (фітомаса редьки олійної і жита озимого, висіяних після збирання врожаю пшениці; норма висіву — 15 + 120 кг/га відповідно) – кукурудза на зерно – соя – пшениця озима. Вивчали ефективність двох систем удобрення: мінеральної ($\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ під пшеницю озиму; $\text{N}_{90}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ під кукурудзу; $\text{N}_{15}\text{P}_{15}\text{K}_{15}$ під сою) і сидерально-мінеральної (додатково до мінеральних добрив у ґрунт надходило 26,4 т/га фітомаси (надземна маса + корені з орного шару ґрунту) проміжного сидерату).

Передпосівну бактеризацію здійснювали лише для насіння кукурудзи і сої. Мікробні препарати, які використано в дослідженнях: для кукурудзи — Біогран — препарат комплексної дії, на основі азотфіксувальної бактерії *Azospirillum brasilense* 410 та фізіологічно активних речовин (ТУ У 24.1-00497360-006:2009) [4]; для сої — Нітро-Лег — експериментальний препарат на основі комплексу діазотрофів *Bradyrhizobium japonicum* і *Azospirillum brasilense* та полісахариду (альгінат натрію) [15].

Зразки рослин відбирали в основні фази росту та розвитку й визначали хімічний склад згідно із загальноприйнятими в агрохімії методами. Еколого-агрохімічну оцінку стану ґрунту дослідних ділянок проводили за показниками балансу та його інтенсивності за основними елементами живлення рослин.

Планування та проведення досліджень здійснювали за Б. Доспеховим [16]. Статистичну обробку експериментальних даних проводили методом дисперсійного аналізу за використання комп'ютерної програми (Microsoft Office Excel 2003–2007).

Результати та їх обговорення. Використання Біограну забезпечило збільшення урожайності зерна кукурудзи (гібрид Голосівський) на 0,8 т/га (11 %) за вирощування культури з мінеральною системою удобрення. За сидерально-мінеральної системи збільшення урожайності зерна від застосування препарату також склало 11 % за більш високого рівня урожайності — 9,6 т/га, абсолютний приріст склав 1,2 т/га (табл. 1).

Для передпосівної інокуляції насіння сої (сорт Устя) використовували препарат Нітро-Лег. Урожайність культури за вирощування з мінеральною системою удобрення зросла на 0,5 т/га (14,7 %), з сидерально-мінеральною — на 0,7 т/га (20,0 %).

Облік фітомаси рослин показав, що за використання біопрепаратів надходження до ґрунту побічної продукції кукурудзи зросло на 1,41–2,12 т/га, сої — на 0,51–0,71 т/га сухої речовини залежно від агрофонів (табл. 2), що теоретично (з урахуванням відомих коефіцієнтів гуміфікації [17]) сприяло поповненню ґрунту гумусом на рівні 0,31–0,47 т/га і 0,12–0,17 т/га відповідно до культур.

З урахуванням хімічного складу побічної продукції (табл. 2) в середньому за рік з мінеральною системою вирощування культур поповнення ґрунту біогенними елементами склало 42,2 кг/га, з мінерально-сидеральною — 63,8 кг/га (табл. 3), у тому числі основними поживними елементами (NPK) склало 24,9 і 40,9 кг/га відповідно до систем удобрення, що не могло не відобразитися на продуктивності наступної за соєю культури — пшениці озимої, урожайність якої зросла з 4,6 до 5,0 т/га з мінеральною системою удобрення і з 5,4 до 5,8 т/га з мінерально-сидеральною, що суттєво і статистично вірогідно (див. табл. 3).

З урахуванням надходження в ґрунт біогенних елементів з побічною продукцією у короткочасній сівозміні за внесення мінеральних добрив баланс азоту позитивний і в розрахунку на гектар ріллі склав +9,1 кг за інтенсивності балансу 114 % (табл. 4). За передпосівної бактеризації насіння баланс також був позитивний і становив +12,5 кг/га за інтенсивності балансу 119 %. Сидерально-мінеральна система удобрення сприяла збільшенню балансу азоту в 2,6–3,2 рази проти мінеральної системи удобрення.

За мінеральної і сидерально-мінеральної системи удобрення баланс фосфору також є позитивним у межах +16,3–32,2 кг/га, інтенсивність балансу — 135–168 %. Водночас найвищі показники інтенсивності балансу відзначено у варіанті з внесенням мінеральних добрив по фоні зелених добрив — 160–168 %.

Баланс калію за мінеральної системи удобрення був слабодefіцитним — від –20,4 до –16,2 кг/га за інтенсивності балансу 78–80 %. За сидерально-мінеральної системи удобрення баланс калію був позитивним — +6,4–7,1 кг/га за інтенсивності балансу 106–107 %.

Отже, проведені дослідження свідчать, що, оцінюючи ефективність використання

мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, поряд з їх прямою дією на формування урожайності і якості продукції, треба враховувати надходження до орного шару ґрунту органічної речовини і сполук біогенних елементів з побічною продукцією.

Висновки. За результатами оцінювання показників балансу основних елементів живлення, задовільне екологічне зрівноваження створювалося у короткочасній сівозміні за сидерально-мінеральною системою удобрення та передпосівної бактеризації насіння кукурудзи та сої, де інтенсивність показників балансу була такою: N — 146 %, P — 168 %, K — 107 %.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Лыков А. М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. М. : Россельхозиздат, 1982. 143 с.
2. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів. К. : Аграрна наука, 2008. 308 с.
3. Сайко В. Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УАН*. 2009. Спецвипуск. С. 3–9.
4. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / За ред. В. В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2006. 312 с.
5. Довбан К. И. Зеленое удобрение в современном земледелии: вопросы теории и практики. Минск : Беларус. наука, 2009. 404 с.
6. Кант Гюнтер. Зеленое удобрение / Пер. с нем. Б. Л. Кирюшина; под ред. В. Г. Лошакова. М. : Колос, 1982. 128 с.
7. Биологические основы плодородия почвы / Под ред. О. А. Берестецкого. М. : Колос, 1984. 287 с.
8. Возняковская Ю. М. Микробиологические основы экологической системы земледелия. *Агрoхимия*. 1995. № 5. С. 115–125.
9. Котлярова О. Г., Черенков В. В. Накопление органического вещества сидеральными культурами и поступление питательных веществ в почву при их запашке. *Агрoхимия*. 1998. № 12. С. 15–19.
10. Культура сидерації / За наук. ред. Е. Г. Дегодюка, С. Ю. Булигіна. К. : Аграрна наука, 2013. 80 с.
11. Мілютенко Т. Б., Шерстобоева О. В., Волкогон В. В., Бердніков О. М. Цикл азоту в ризосферному ґрунті рослин кукурудзи. *Агрoекологічний журнал*. 2013. № 3. С. 88–95.

Таблиця 1. Продуктивність культур сівозміни за впливу систем удобрення та мікробних препаратів (середнє за 2013–2016 рр.)

Системи удобрення	Варіанти досліду	Урожайність, т/га				Приріст від інокуляції, т/га	
		пшениця озима	кукурудза	соя	пшениця озима	кукурудза	соя
Мінеральна	без інокуляції	5,0	7,0	3,4	4,6	–	–
	з інокуляцією	5,2	7,8	3,9	5,0	0,8	0,5
Мінерально-сидеральна	без інокуляції	5,0	8,4	3,5	5,4	–	–
	з інокуляцією	4,9	9,6	4,2	5,8	1,2	0,7
НІР ₀₅		0,4	0,6	0,3	0,2		

Таблиця 2. Приріст побічної продукції кукурудзи і сої від інокуляції (надземна маса + коріння з шару ґрунту 0–20 см) та її хімічний склад

Системи удобрення	Соя										
	Кукурудза					Соя					
	біомаса (суха речовина), т/га	вміст, %				біомаса (суха речовина), т/га	вміст, %				
N		P	K	Ca	Mg		N	P	K	Ca	Mg
Мінеральна	1,41	0,31	1,70	1,50	0,28	0,51	1,30	0,30	0,36	1,40	0,44
Мінерально-сидеральна	2,12	0,40	1,80	1,64	0,32	0,71	1,36	0,38	0,60	1,42	0,44

Таблиця 3. Надходження до ґрунту біогенних елементів за рахунок впливу біопрепаратів, кг/га

Системи удобрєння	Кукурудза						Соя						Середнє за рїк					
	N	P	K	Ca	Mg	всьо- го	N	P	K	Ca	Mg	всьо- го	N	P	K	Ca	Mg	всьо- го
Мїнеральна	11,3	4,4	24,0	21,2	3,9	64,8	6,6	1,5	1,8	7,1	2,2	19,2	9,0	3,0	12,9	14,2	3,1	42,2
Мїнерально- сидеральна	18,2	8,5	38,2	34,8	6,8	106,5	9,7	2,7	4,3	1,0	3,1	20,8	14,0	5,6	21,3	17,9	5,0	63,8

Таблиця 4. Баланс основних елементів живлення рослин у сївозмїні та його їнтенсивнїсть (середнє за 2013–2016 рр.)

Системи удобрєння	Варїанти досліду	Баланс азоту, кг/га			Баланс фосфору, кг/га			Баланс калїю, кг/га			Їнтенсивнїсть балансу, %
		Баланс азоту, кг/га	Їнтенсивнїсть балансу, %	Баланс фосфору, кг/га	Їнтенсивнїсть балансу, %	Баланс калїю, кг/га	Їнтенсивнїсть балансу, %				
Мїнеральна	без їнокуляції	+9,1	114	+16,3	135	-20,4	78				
	з їнокуляцією	+12,5	119	+18,9	143	-16,2	80				
Мїнерально- сидеральна	без їнокуляції	+23,7	129	+29,9	160	+6,4	106				
	з їнокуляцією	+39,8	146	+32,2	168	+7,1	107				

12. Мілютенко Т. Б., Демидов О. А., Шерстобова О. В. Міграція біогенних елементів з ґрунту за впливу різних систем удобрення. *Агро-екологічний журнал*. 2014. № 1. С. 88–95.

13. Екологічні аспекти систем удобрення сільськогосподарських культур / За ред. В. В. Волкогона. К. : Аграрна наука, 2019. 264 с.

14. Kim N., Zabaloy V. C., Guan K., Villamil M. B. Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. *Soil. Biol. Biochem.* 2020. № 142. P. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107701>

15. Спосіб виготовлення бактеріального препарату для бактеризації сої: пат. 103966 Україна.

МПК С05F11/08(2006.01), С12N1/20(2006.01), С. Ф. Козар, Т. О. Усманова, Т. А. Євтушенко; заявник і патентовласник: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. № а201209859; заявл. 15.08.2012; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 23/2013.

16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

17. Балюк С. А., Греков В. О., Лісовий М. В., Комариста А. В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків, 2011. 30 с.

Отримано 10.05.2020

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.44-50>

UDC 631.452:631.86/87

AGROCHEMICAL EVALUATION OF THE EFFICACY OF BIOPREPARATIONS IN A HIGHLY CROP ROTATION

O. M. Berdnikov, V. V. Volkohon, L. V. Potapenko, S. F. Kozar

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv
e-mail: volkohon@ukr.net

Objective. Determine the parameters of uptake of organic matter and biogenic elements with by-products of crops under the use of mineral and green-manure-mineral fertilization systems and microbial preparations. **Methods.** Field experiment, agrochemical, balance, statistical. **Results.** Under the conditions of short crop rotation “winter wheat – intermediate green manure – corn for grain – soybean – winter wheat”, the influence of microbial preparations Biogran (on the basis of nitrogen-fixing bacterium *Azospirillum brasilense* 410 and physiologically active substances) for corn and Nitro-Legu (on the basis of complex of diazotrophs *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* and polysaccharide) for soybeans on crop yields, uptake of by-products in the soil, balance of nitrogen, phosphorus and potassium depending on fertilization systems. Under exposure to biopreparations, uptake of corn by-product in the soil increased by 1.41–2.12 t/ha, soybeans — by 0.51–0.71 t/ha of dry matter, depending on the agrarian backgrounds, which, taking into account the humification factors, can provide soil replenishment with humus at the level of 0.31 to 0.47 t/ha and 0.12–0.17 t/ha, respectively. Nitrogen and phosphorus balances, as well as their intensity under the mineral fertilization system were positive. Green-manure-mineral fertilization system and pre-sowing bacterization of seeds helped to improve the parameters compared to the mineral fertilization system. Potassium balance was slightly deficient (–16.2 to 20.4 kg/ha at a balance intensity of 78–80 %) under exposure to the mineral fertilization system and positive under exposure to green-manure-mineral system. Microbial preparations helped to improve parameters. Additional uptake of the biogenic element compounds in the soil provided an increase in the yield of winter wheat. According to the results of the evaluation of the balance of the key nutrients, a satisfactory ecological balance was created in the short crop rotation under exposure to green-manure-mineral fertilization system and pre-sowing bacterization of corn and soybean seeds. **Conclusion.** Upon evaluation of the efficacy of microbial preparations in crop cultivation technologies, the parameters of uptake of organic matter and biogenic element compounds with by-products in the

arable soil layer should be taken into account along with their direct effect on yield formation and product quality.

Key words: mineral and green-manure-mineral fertilization system, corn, soybean, microbial preparations, crop rotation, balance of key nutrients.

REFERENCES

1. Lykov, A. M. (1982). *Vosproizvodstvo plodorodija pochv v Nechernozemnoj zone* [Reproduction of soil fertility in the Non-Chernozem zone]. Moskva: Rossel'hozizdat [in Russian].
2. Mazur, G. A. (2008). *Vidtvorennja i reguljuvannja rodjuchosti legkih gruntiv* [Reproduction and regulation of light soil fertility]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
3. Sajko, V. F. (2009). Viktoristannja na udobrennja pobichnoi produkcii roslinnictva [Use for fertilization of crop by-products]. *Zbirnik naukovih prac' Institutu zemlerobstva UAAN — Collection of scientific works of the Institute of Agriculture of UAAS*, 3–9 [in Ukrainian].
4. Volkogon, V. V. (Ed.). (2006). *Mikrobnii preparati u zemlerobstvi. Teorija i praktika* [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
5. Dovban, K. I. (2009). *Zelenoe udobrenie v sovremennom zemledelii: voprosy teorii i praktiki* [Green fertilizer in modern agriculture: theory and practice]. Minsk: Belarus. Nauka [in Russian].
6. Kant Gjunter. (1982). *Zelenoe udobrenie* (nem. translation Kirjushina, B. L.; ed. Loshakova, V. G.). Moskva: Kolos [in Russian].
7. Beresteckij, O. A. (Ed.). (1984). *Biologicheskie osnovy plodorodija pochvy* [Biological basis of soil fertility]. Moskva: Kolos [in Russian].
8. Voznjakovskaja, Ju. M. (1995). Mikrobiologicheskie osnovy jekologicheskoj sistemy zemledelija [Microbiological basis of the ecological system of agriculture]. *Agrohimiya — Agrochemistry*, 5, 115–125 [in Russian].
9. Kotljaro, O. G., & Cherenkov, V. V. (1998). Nakoplenie organicheskogo veshhestva sideral'nymi kul'turami i postuplenie pitatel'nyh veshhestv v pochvu pri ih zapashke [The accumulation of organic matter by sideral cultures and the entry of nutrients into the soil when plowed]. *Agrohimiya — Agrochemistry*, 12, 15–19 [in Russian].
10. Degodjuk, E. G., & Buligina, S. Ju. (Eds.). (2013). *Kul'tura sideracii* [Greening culture]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
11. Miljutenko, T. B., Sherstoboeva, O. V., Volkogon, V. V., & Berdnikov, O. M. (2013). Cikl azotu v rizosfernomu grunti roslin kukurudzi [The nitrogen cycle in the rhizosphere soil of maize plants]. *Agroekologichnij zhurnal — Agroecological journal*, 3, 88–95 [in Ukrainian].
12. Miljutenko, T. B., Demidov, O. A., & Sherstoboeva, O. V. (2014). Migracija biogennih elementiv z gruntu za vplivu riznih sistem udobrennja [Migration of nutrients from the soil under the influence of different fertilizer systems]. *Agroekologichnij zhurnal — Agroecological journal*, 1, 60–64 [in Ukrainian].
13. Volkogon, V. V. (Ed.). (2019). *Ekologichni aspekti sistem udobrennja sil's'kogospodars'kih kul'tur* [Ecological aspects of crop fertilization systems]. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
14. Kim, N., Zabaloy, V. C., Guan, K., & Villamil, M. B. (2020). Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. *Soil. Biol. Biochem.*, 142, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107701>
15. Pat. 103966 UA, МПК C05F11/08, C12N1/20. A method of manufacturing a bacterial preparation for soybean bacterization, Kozar, S. F., Usmanova, T. O., Yevtushenko, T. A., Publ. 10.12.2013 [in Ukrainian].
16. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovanii* [Methods of field experiment with the basics of statistical processing of research results]. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
17. Baljuk, S. A., Grekov, V. O., Lisovij, M. V., & Komarista, A. V. (2011). *Rozrahunok balansu gumusu i pozhivnih rechovin u zemlerobstvi Ukraini na riznih rivnjah upravlinnja* [Calculation of the balance of humus and nutrients in agriculture of Ukraine at different levels of government.]. Harkiv [in Ukrainian].

Received 10.05.2020