

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОВГОТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ У КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ

Л. В. Потапенко, Л. М. Скачок, Н. І. Горбаченко

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14035, Україна; e-mail: potapienko74@ukr.net

Мета. Оцінити вплив різних систем удобрення в поєднанні з мікробними препаратами на зміну поживного режиму дерново-підзолистого ґрунту та урожайність культур короткоротаційної сівозміни в зоні Полісся. **Методи.** Польові — стаціонарний дослід, лабораторні, математико-статистичні. **Результати.** На основі досліджень, проведених у тривалому стаціонарному досліді на дерново-підзолистому ґрунті, здійснено аналіз та визначено залежність вмісту доступних сполук азоту, фосфору, калію від систем удобрення та мікробних препаратів. Встановлено, що найвищі запаси поживних речовин у ґрунті були за органо-мінеральної системи удобрення «гній + сидерат + NPK» у поєднанні з мікробними препаратами: вміст мінеральних сполук азоту — 82,32 кг/га, доступного фосфору — 223 мг/кг ґрунту та обмінного калію — 122 мг/кг, що відповідно, в 1,8; 1,4 та 1,6 рази більше за показники мінеральної системи удобрення. Водночас за рахунок інокуляції насіння запаси азоту в ґрунті можуть підвищуватися до 26 %. Застосування системи удобрення «гній + сидерат + NPK» забезпечує оптимальний рівень кореневого живлення культур короткоротаційної сівозміни і, як наслідок, найвищу продуктивність культур, яка склала: жита озимого — 5,2 кормових одиниць (к. од.), картоплі — 7,7 к. од., вівса — 3,3, люпину — 3,8 к. од. на фоні без інокуляції та 5,7; 8,3; 3,9 і 4,4 к. од. відповідно за використання мікробних препаратів. Приріст від інокуляції за цією системою удобрення склав на житі озимому — 0,5 к. од., картоплі — 0,5 к. од., вівсі — 0,6 к. од. та люпині — 0,6 к. од. **Висновки.** Поживний режим дерново-підзолистого ґрунту залежить від застосування різних систем удобрення в поєднанні з мікробними препаратами. Найбільш ефективною за вирощування сільськогосподарських культур на дерново-підзолистому ґрунті у короткоротаційній сівозміні є органо-мінеральна система удобрення «гній + сидерат + NPK» за використання мікробних препаратів. Ця комбінована система удобрення сприяє найбільшому накопиченню запасів поживних речовин: мінеральних сполук азоту — 82,3 кг/га, доступного фосфору — 220 мг/кг ґрунту та обмінного калію — 122 мг/кг.

Ключові слова: сидерат, гній, врожайність, система удобрення, азот, фосфор, калій.

Вступ. Зростання кількості населення на планеті настійно вимагає розробок нових способів, технологій збільшення врожайності сільськогосподарських культур. Вирішення цього завдання на сучасному етапі неможливе без широкого застосування органічних, мінеральних добрив та бактеріальних препаратів. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях відіграють все більшу роль у продукційному процесі сільськогосподарських культур. Саме мікроорганізми є відпові-

дальними за перетворення низки складних сполук у прості, доступні для засвоєння рослинами, сприяють оптимізації формування оптимального фітогормонального пулу у ґрунтах агроценозів. Тому рослина в оточенні повноцінного комплексу мікроорганізмів одержує необхідне кореневе живлення, фізіологічно активні речовини і, як наслідок, реалізує свій генетичний потенціал.

Сьогодні унаслідок необґрунтованого застосування мінеральних добрив, пестицидів,

порушення сівозмін тощо у більшості ґрунтів окремі мікроорганізми, які вважалися індикаторами родючості, перебувають на грані зникнення. Їх місце займають нетипові для ґрунтотворного процесу бактерії та мікроміцети. Тому навіть за достатнього мінерального живлення сільськогосподарські культури не забезпечують повноцінного врожаю. У зв'язку з цим виникає потреба застосування агроприємів, спрямованих на збільшення кількості агрономічно цінних мікроорганізмів у ґрунтах. Одним із них є застосування передпосівної інокуляції насіння сільськогосподарських культур.

Сучасне землеробство базується на вирощуванні культур з високим експортним потенціалом, що несе за собою відчуження біогенних елементів за межі екосистеми. Питання повернення поживних речовин і збереження родючості ґрунтів, особливо мало-буферних, в зоні Полісся загострюється у зв'язку з обмеженим внесенням гною (нижче норми у 4–5 разів), а також високою питомою часткою у сівозміні культур інтенсивного типу і низькою — багаторічних трав.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесі виробництва рівень родючості змінюється, а тому його слід регулярно вивчати, відстежувати в динаміці, оцінювати та забезпечувати збереження і відтворення. Одним з основних і, очевидно, безальтернативних шляхів розв'язання проблем збереження і відтворення ґрунтового потенціалу нині є впровадження в агропромисловість альтернативних біологізованих технологій з нормованим антропогенним навантаженням на ґрунтовий покрив [1].

У сучасному землеробстві питома частка біологічного азоту в загальному балансі азотного живлення рослин не перевищує 10 % і складає всього 6–8 кг/га ріллі. За оптимізації агротехнічних та мікробіологічних факторів можна збільшити частку біологічного азоту до 35 кг/га. У США потреби сільського господарства в азоті задовольняються на 31 % за рахунок мінеральних добрив, на 14,2 % — за рахунок гною і на 44,8 % — за рахунок біологічного азоту [2].

Суттєво збільшити продуктивність азотфіксації можна за використання мікробних препаратів. Проте за різних систем удобрення і залежно від погодних умов біопрепарати по-різному проявляють свою ефективність.

Оптимізуючи ґрунтову кислотність шляхом хімічної меліорації, застосуванням енергетичного матеріалу — свіжої органічної речовини у вигляді фітомаси сидеральних культур та побічної продукції, забезпечуючи оптимальний водно-повітряний і тепловий режими ґрунту можливо створити середовище, яке гарантує стабільну та ефективну дію мікробних препаратів [3; 4].

Проведений на підставі отриманих результатів досліджень [5] аналіз взаємозв'язку продуктивності сівозміни з окультуренням ґрунту свідчить, що за продуктивності до 5 т/га зернових одиниць відсутня пряма кореляція між хімічним складом рослин, ступенем окультурення ґрунтів і продуктивністю сільськогосподарських культур, що вказує на наявність механізмів саморегуляції у системі «ґрунт — рослина». Водночас за продуктивності сівозміни 8,8 т/га зернових одиниць змінюється хімічний склад рослин у бік збільшення вмісту основних елементів живлення, а винос їх з урожаєм підвищується: азоту — в 2,3 раза, фосфору — в 2 раза, калію — в 1,8 раза.

Отже, саморегуляція в системі може здійснюватися лише до певного рівня врожайності культур (і, на нашу думку, протягом певного часу). Аналіз робіт вітчизняних і зарубіжних дослідників [3–5] свідчить, що за будь-якої системи землеробства важливо забезпечити рослини необхідною кількістю біогенних елементів живлення в оптимальному співвідношенні та в доступних для рослин формах. Це одна з основних умов формування високих урожаїв сільськогосподарських культур і якості продукції. Водночас дефіцит поживних речовин за їх виносу з урожаєм не можна системно планувати на бідних ґрунтах (бездефіцитний або навіть негативний баланс біогенних елементів допускається лише на добре окультурених ґрунтах). У майбутньому необхідно проводити постійний моніторинг стану забезпеченості ґрунтів сполуками біогенних елементів; в іншому разі через кілька років негативний баланс поживних речовин у ґрунті неминуче призведе до їх виснаження, а отже, і зниження врожайності сільськогосподарських культур [5]. Технологічно важливим є штучне забезпечення агроценозів агрономічно корисними мікроорганізмами («у потрібному місці, у потрібній кількості, у потрібний час»

[6]). На цьому базується ідея застосування мікробних препаратів в екологічно безпечних технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

Тому вивчення закономірностей оптимізації ґрунтового живлення рослин за різних систем удобрення у поєднанні з інокуляцією є важливим і актуальним питанням. Це дасть можливість зекономити близько 30 % мінерального азоту, значно підвищити якість продукції, рівень біологізації землеробства та рентабельності агротехнології.

Мета досліджень — оцінити вплив різних систем удобрення в поєднанні з мікробними препаратами на зміну поживного режиму дерново-підзолистого ґрунту та урожайність культур короткоротаційної сівозміни.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження ефективності різних систем удобрення виконували на базі стаціонарного польового дослідження впродовж 2016–2019 рр. за вирощування культур у короткоротаційній сівозміні «люпин – жито озиме – картопля – овес» методом розщеплення ділянок на двох фонах: I — з інокуляцією та II — без інокуляції. Для інокуляції насіння використовували такі мікробні препарати: люпину — Ризогумін (*Bradyrhizobium sp.*), жита озимого — Діазобактерин (*Azospirillum brasilense*), картоплі — Біогран (*Azospirillum brasilense*), вівса — Мікрогумін (*Azospirillum brasilense*). Середня сівозмінна норма внесення мінеральних добрив — $N_{60}P_{50}K_{60}$, органічних (гній) — 10 т/га. Норми застосування добрив під культури сівозміни складають: жито озиме — $N_{60}P_{50}K_{60}$, картопля — $N_{120}P_{90}K_{120}$, люпин — $P_{20}K_{20}$, овес — $N_{60}P_{50}K_{60}$. На фоні інокуляції дози технічного фосфору та азоту зменшували на 20 кг/га в діючій речовині. Як сидеральні культури вирощували люпин вузьколистий (далі — сидерат 1) та жито озиме (сидерат 2).

Розмір дослідної ділянки — 102 м^2 (17×6 м), облікової — 60 м^2 (15×4 м), повторність дослідження чотириразова. Спосіб розміщення ділянок у польовому досліді — рендомізований. Агротехніка культур — загальноприйнята для зони Полісся.

Ґрунт польового стаціонарного дослідження має середній ступінь кислотності — рН_{KCl} 4,9, низький вміст гумусу — 1,1 %, вміст рухомих форм фосфору — 179,0 мг/кг ґрунту,

калію обмінного — 70–90 мг/кг ґрунту, гідролітична кислотність — 2,8 мг-екв. на 100 г ґрунту.

Результати та їх обговорення. Очевидним є те, що підвищенню урожайності та виробництву якісної продукції сприяють мікробні препарати, насамперед, на основі азотфіксувальних і фосфатмобілізувальних мікроорганізмів. Використання мікробних препаратів є одним із шляхів подолання азотного і фосфорного дефіциту у рослинництві. Вони сприяють деструкції важкорозчинних сполук у ґрунті, підвищують рівень використання азотних і фосфорних добрив, стимулюють захисні сили рослин, сприяють їхньому росту та розвитку.

Зрозуміло, що із застосуванням лише мікробних препаратів неможливо забезпечити такий рівень мінерального живлення рослин, який сприяв би отриманню високої врожайності сільськогосподарських культур. Важливо обґрунтувати оптимальне поєднання мікробних препаратів із певними системами удобрення, яке б забезпечило їх високу ефективність.

Згідно з отриманими даними встановлено (табл. 1), що найнижчі запаси мінерального азоту у ґрунті були на контролі — 16,8 кг/га без інокуляції насіння та 18,0 кг/га на фоні інокуляції. Тривале застосування досліджуваних систем удобрення по-різному впливало на динаміку цього показника. Найбільше мінерального азоту в ґрунті накопичувалося у варіанті з органо-мінеральною системою удобрення «сидерат + гній + NPK». Відтак запаси мінеральних сполук азоту збільшилися щодо контролю із 16,8 до 59,9 кг/га на фоні без інокуляції та з 18,0 до 82,3 кг/га на фоні інокуляції насіння мікробними препаратами.

За використання подвійної норми гною «гній, 20 т/га» та традиційної системи удобрення «NPK + гній» запаси азоту збільшилися відповідно на 204 та 198 % на фоні без інокуляції та на 207 і 199 % на фоні інокуляції щодо контролю. Найнижчий приріст відзначено при застосуванні мінеральної системи удобрення — 64 та 68 % відповідно фонам, за 16,8 та 18,0 кг/га на контролях. Доповнення мінеральної та традиційної системи удобрення сидерацією посилює мінералізаційні процеси у ґрунті, про що свідчить зростання запасів мінерального азоту. За

Таблиця 1. Запаси мінеральних сполук азоту в дерново-підзолистому ґрунті залежно від різних систем удобрення та мікробних препаратів (середнє за 2016–2019 рр.)

Варіанти досліджу	N-NO ₃ , мг/кг		N-NH ₄ , мг/кг		N-NO ₃ + N-NH ₄					
	I*	II**	I	II	кг/га	I		кг/га	II	
						± до контролю			± до контролю	
						кг/га	%		кг/га	%
Контроль (без добрив)	4,0	4,2	1,6	1,8	16,8	–	–	18,0	–	–
N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	6,2	6,4	8,6	9,0	44,4	27,6	64	46,3	28,3	68
Сидерат 1 + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	9,4	9,6	11,8	12,1	63,6	46,8	179	65,3	47,3	181
Сидерат 2 + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	8,9	9,3	11,1	11,4	59,9	43,1	157	61,9	43,9	162
Гній + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	11,6	11,8	10,7	10,9	66,8	50,1	198	67,9	49,9	199
Сидерат 1 + гній + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	13,1	14,5	12,5	12,9	76,7	59,9	257	82,3	64,3	283
Гній, 20 т/га	12,5	11,8	10,1	11,4	67,9	51,1	204	69,6	51,6	207
НІР _{0,95}	0,5	0,6	0,6	0,6						

Примітка. тут і в табл. 2 і 3: I* — без інокуляції; II** — за використання мікробних препаратів для передпосівної інокуляції насіння.

рахунок сидерації відбулося зростання вмісту сполук азоту на 115 % та 113 % відносно мінеральної та на 59 і 84 % — відносно традиційної відповідно фонам.

Отже, запаси мінеральних сполук азоту залежать від виду добрив та швидкості трансформації в ґрунті. Найбільше мінерального азоту в ґрунті накопичувалося за органо-мінеральної системи удобрення «сидерат + гній + NPK». Запаси мінеральних сполук азоту збільшилися із 16,80 до 76,74 кг/га на фоні без інокуляції та із 18,00 кг/га до 82,32 кг/га на фоні інокуляції щодо контролю, що на 15 і 21 % також більше за показники, отримані за традиційної системи удобрення. Мікробні препарати здатні підвищити цей показник до 7 %.

Дослідження показали (табл. 2), що вміст фосфору за Кірсановим навіть на контрольних варіантах становив 146 мг/кг та 145 мг/кг відповідно фонам. Мінеральна система удобрення сприяла підвищенню цього показника на 17 мг/кг на фоні без інокуляції та на 18 мг/кг на фоні інокуляції. Найвищий вміст фосфору в ґрунті відмічено за органо-мінеральної системи удобрення «сидерат + гній + NPK» і становив 223 мг/кг та 220 мг/кг відповідно фонам, що в 1,52 раза більше за контроль.

Слід відзначити, що забезпеченість дерново-підзолистого ґрунту доступним фосфором за використання всіх досліджуваних систем удобрення була високою і достатньо високою — 163–223 мг/кг та 163–220 мг/кг

відповідно фонам.

У сівозміні, де передбачена калієфільна культура картопля, у контрольному варіанті та за мінеральної системи удобрення вміст калію був низьким (табл. 2) і становив 51,76 мг/кг на фоні без інокуляції та 50,76 мг/кг на фоні інокуляції. За застосування систем удобрення «гній, 20 т/га», «NPK + гній», «NPK + сидерат I» та «NPK + сидерат II» цей показник перебував у межах 80–99 мг/кг на фоні без інокуляції та 81–97 мг/кг на фоні інокуляції, тобто характеризувався як середній. Поєднання традиційної системи із сидерацією забезпечувало високий вміст обмінного калію у дерново-підзолистому ґрунті — на рівні 121–122 мг/кг відповідно фонам.

Отже, застосуванням різних систем удобрення в поєднанні з мікробними препаратами можна ефективно регулювати поживний режим дерново-підзолистого ґрунту.

У результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш ефективною щодо продуктивності сівозміни є органо-мінеральна система удобрення «сидерат + гній + NPK». За цієї системи удобрення отримали найвищу продуктивність культур сівозміни. Так, продуктивність жита озимого підвищилась у 1,2 раза, картоплі — у 1,5 раза, вівса — у 1,3 раза, люпину вузьколистого — у 1,5 раза відносно показників, отриманих за мінеральної системи удобрення на фоні без інокуляції (табл. 3).

Таблиця 2. Запаси фосфору та калію в дерново-підзолистому ґрунті залежно від різних систем удобрення та мікробних препаратів (середнє за 2016–2019 рр.)

Варіанти досліджу	P ₂ O ₅						K ₂ O					
	I			II			I			II		
	мг/кг	± до конт-ролю		мг/кг	± до конт-ролю		мг/кг	± до конт-ролю		мг/кг	± до конт-ролю	
		мг/кг	%		мг/кг	%		мг/кг	%		мг/кг	%
Контроль (без добрив)	146	–	–	145	–	–	51	–	–	50	–	–
N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	163	17	12	163	18	12	76	25	49	76	26	52
Сидерат 1 + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	189	43	29	188	43	29	84	33	65	84	34	68
Сидерат 2 + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	185	39	27	183	38	26	80	29	57	81	31	62
Гній + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	192	46	32	190	45	31	90	39	76	90	40	80
Сидерат 1 + гній + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	223	77	53	220	75	51	121	70	137	122	72	147
Гній, 20 т/га	199	36	36	198	53	36	99	48	94	97	47	93
НІР _{0,95}	10			11			5			5		

Таблиця 3. Продуктивність культур сівозміни за різних систем удобрення та передпосівної інокуляції насіння (середнє за 2016–2019 рр.), к. од.

Варіанти досліджу	Жито озиме		Картопля		Овес		Люпин вузько-листяний		Середнє по сівозміні		± до контролю		Приріст від інокуляції
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
Контроль (без добрив)	2,1	2,3	2,9	3,1	1,3	1,6	1,5	1,7	2,0	2,2	–	–	0,2
N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	4,2	4,4	5,0	5,5	2,6	3,0	2,6	3,0	3,6	4,0	1,6	1,8	0,4
Сидерат (люпин вузьколистяний) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	4,3	4,7	5,9	6,5	2,9	3,4	3,1	3,7	4,1	4,6	2,1	2,4	0,5
Сидерат (жито озиме) + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	4,4	4,9	5,8	6,4	2,8	3,3	2,9	3,4	4,0	4,5	2,0	2,3	0,5
Гній + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	5,0	5,4	6,6	7,0	3,0	3,5	3,2	3,7	4,5	4,9	2,5	2,7	0,4
Сидерат (люпин вузьколистяний) + гній + N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀	5,2	5,7	7,7	8,3	3,3	3,9	3,8	4,4	5,0	5,6	3,0	3,4	0,6
Гній, 20 т/га	3,7	4,1	6,5	6,8	2,9	3,4	3,5	4,1	4,2	4,6	2,2	2,4	0,4

Приріст на фоні інокуляції за цією системою удобрення склав на житі озимому — 1,3 кормових одиниць (к. од.), картоплі — 2,8 к. од., вівсі — 0,9 к. од. та люпині — 1,4 к. од.

Продуктивність культур сівозміни за традиційної системи перебувала на рівні органо-мінеральної (альтернативної) «гній + сидерат + NPK», що вказує на доцільність часткової заміни дози гною 10 т/га сидера-

цією.

Отже, система удобрення «гній + сидерат + NPK» забезпечує найкращий рівень кореневого живлення культур короткоротаційної сівозміни і, як наслідок, найвищу продуктивність культур, яка склала: жита озимого — 5,2 к. од, картоплі — 7,7 к. од, вівса — 3,3, люпину — 3,8 к. од. на фоні без інокуляції та 5,7; 8,3; 3,9 і 4,4 к. од. відповідно за використання мікробних препаратів.

Висновки. У технологіях вирощування сільськогосподарських культур на дерново-підзолистому ґрунті доцільним є використання комбінованої органо-мінеральної системи удобрення «гній + сидерат + NPK» з мікробними препаратами, що забезпечує найвищий вміст сполук біогенних елементів і рівень мінерального живлення культур короткочастотної сівозміни: мінеральних сполук азоту — 82,3 кг/га, доступного фосфору — 220 мг/кг ґрунту та обмінного калію — 122 мг/кг. Оптимізована система удобрення позитивно позначається на продуктивності сівозміни.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Анісімова О. В., Кучер А. В. Економічні аспекти відтворення родючості ґрунтів для ста-

лого розвитку. *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Спец. вип. Книга 2. Ґрунтознавство і меліорація ґрунтів.* 2014. С.180–181.

2. Тарарико Ю. А. Формирование устойчивых агроэкосистем. К. : ДИА, 2007. 560 с.

3. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях / За ред. В. В. Волкогон. К., 2015. 248 с.

4. Волкогон В. В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур: монографія. К. : Аграрна наука, 2007. 144 с.

5. Минеев В. Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М. : Колос, 1993. 415 с.

6. Тихонович И. А., Круглов Ю. В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия. *Плодородие.* 2006. № 5 (32). С. 9–12.

Отримано 23.10.2019

<https://doi.org/10.35868/1997-3004.30.39-45>

UDC 631.82:631.416

WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF LONG-TERM APPLICATION OF DIFFERENT FERTILIZER SYSTEMS IN SHORT-TERM CROP ROTATION

L. V. Potapenko, L. M. Skachok, N. I. Horbachenko

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv
e-mail: potapienko74@ukr.net

Objective. To evaluate the influence of different fertilizer systems in combination with microbial preparations on the change of nutritional regime of sod-podzolic soil and the yield of crops of short-term crop rotation in the Polissia region. **Methods.** Fields — stationary experiment, laboratory, mathematical and statistical. **Results.** On the basis of studies conducted in a long-term stationary experiment on sod-podzolic soil, analysis and determination of dependence between the content of available compounds of nitrogen, phosphorus, potassium on fertilizer systems and microbial preparations was performed. It was found that the highest nutrient reserves in the soil were in the organo-mineral fertilizer system “manure + green manure + NPK” in combination with microbial preparations: the content of mineral compounds of nitrogen — 82.32 kg/ha, available phosphorus — 223 mg/kg of soil, and exchangeable potassium — 122 mg/kg, which is 1.8, 1.4 and 1.6 times higher than the parameter of the mineral fertilizer system, respectively. At the same time, due to the inoculation of seeds nitrogen reserves in the soil can increase up to 26 %. The application of the fertilizer system “manure + green manure + NPK” provides an optimal level of root nutrition of crops of short-term crop rotation and, as a consequence, the highest productivity of crops, which amounted to: winter rye — 5.2 FU (fodder units), potatoes — 7.7 FU, oats — 3.3, lupine — 3.8 FU on background without inoculation and 5.7, 8.3, 3.9 and 4.4 FU, respectively, when microbial preparations were applied. The increase due to inoculation with this fertilizer system amounted to 0.5 fodder units (FU) for winter rye, 0.5 FU for potatoes, and 0.6 FU for oats, and 0.6 FU for lupine. **Conclusion.** The nutrient regime of sod-podzolic soil depends on the use of various fertilizer

systems in combination with microbial preparations. Organic-mineral fertilizer system “manure + green manure + NPK” under the use of microbial preparations is most effective for growing crops on sod-podzolic soil in short-term crop rotation. This combined fertilizer system contributes to the greatest accumulation of nutrient reserves: nitrogen mineral compounds — 82.3 kg/ha, available phosphorus — 220 mg/kg of soil and exchangeable potassium — 122 mg/kg.

Key words: green manure, manure, yield, fertilizer system, nitrogen, phosphorus, potassium.

REFERENCES

1. Anisimova, O. V., & Kucher, A. V. (2014). Ekonomichni aspekty vidtvorennia rodiuchosti hruntiv dlia staloho rozvytku [Biological farming and mineral fertilizers]. *Ahrokhiimiia i hruntoznavstvo. Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk. Sets. vyp. Knyha 2. Hruntoznavstvo i melioratsiia hruntiv — Agrochemistry and soil science. Interagency thematic scientific collection. Set. vol. Book 2. Soil Science and Soil Reclamation.* 180–181 [in Ukrainian].
2. Tarariko, Yu. A. (2007). *Formirovaniye ustoychivyykh agroekosistem* [The formation of sustainable agroecosystems]. K.: DIA [in Russian].
3. Volkohon, V. V. (Ed.). (2015). *Mikrobnii preparaty v suchasnykh ahrarnykh tehnologiyah* [Microbial preparations in modern agrarian technologies]. Kyiv [in Ukrainian].
4. Volkohon, V. V. (2007). *Mikrobiolohichni aspekty optymizatsii azotnoho udobrennia silskohospodarskykh kultur: monohrafiia* [Microbiological aspects of optimization of nitrogen fertilizers of crops: monograph]. K.: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
5. Mineyev, V. G., Debretseni, B., Mazur, T. (1993). *Biologicheskoye zemledeliye i mineral'nyye udobreniya* [Biological farming and mineral fertilizers]. M.: Kolos [in Russian].
6. Tikhonovich, I. A., & Kruglov, Yu. V. (2006). *Mikrobiologicheskiye aspekty plodorodiya pochvy i problemy ustoychivogo zemledeliya* [Microbiological aspects of soil fertility and sustainable agriculture]. *Plodorodiye — Fertility*, 5 (32), 9–12 [in Russian].

Received 23.10.2019