

УДК 631.461:631.87

БІОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ У ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ ЗА ВПЛИВУ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

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

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна; e-mail: potapienko74@ukr.net

Досліджено вплив мікробних препаратів на процеси біологічної трансформації органічної речовини в дерново-підзолистому ґрунті за довгострокової дії різних систем удобрення. Встановлено, що для поповнення ґрунту необхідною кількістю органічної речовини доцільними є органо-мінеральні системи удобрення в технологіях вирощування сільськогосподарських культур та використання мікробних препаратів.

Ключові слова: органічна речовина, система удобрення, сидерат, гній, гумус, гумусові кислоти.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, застосування сівозмін, насичених зерновими культурами понад 55–60 %, використання сортів інтенсивного типу, що вимагають високого рівня удобрення, значно погіршують показники родючості ґрунтів та призводять до втрат гумусу [1].

За даними науково-дослідних установ, у північному регіоні України щорічно втрати гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах становлять 0,5–0,7 т/га. За рахунок кореневих і післяжнивних решток ці втрати можна компенсувати лише на 30–40 % [2].

Підтримання позитивного балансу гумусу в дерново-підзолистому ґрунті можливе за використання оптимальних норм органічних та мінеральних добрив. Важливим чинником, що впливає на розвиток кореневих систем сільськогосподарських культур і, відповідно, на кількість кореневих решток, є мікробні препарати [3]. У зв'язку з цим, метою нашої роботи було дослідити особливості формування і трансформації органічної речовини в дерново-підзолистому ґрунті за довгострокової дії систем удобрення та інокуляції насіння мікробними препаратами.

Матеріали і методи. Дослідження проводили протягом 2010–2017 рр. в умовах стаціонарного польового дослідження Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН на дер-

ново-підзолистому середньо-окультуреному супіщаному ґрунті. Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту на дослідних ділянках: рН_{KCl} орного шару — 4,9; підорного — 4,6; вміст гумусу (за Тюрінім) — 1,2 %; P₂O₅ (за Кірсановим) — 15 мг на 100 г ґрунту; K₂O (за Масловою) — 6 мг на 100 г ґрунту.

Польові дослідження проводили в короткочасній сівозміні: люпин – пшениця озима – кукурудза – пшениця яра методом розщеплення ділянок стаціонарного польового дослідження на двох фонах: I — з інокуляцією та II — без інокуляції. Вибір мікробних препаратів для інокуляції насіння здійснено відповідно з рекомендаціями з їх застосування: Ризогумін — для люпину, Поліміксобактерин — для пшениці озимої і ярої та кукурудзи [4]. Середня сівозмінна норма внесення мінеральних добрив — N₆₀P₅₀K₆₀, органічних (гній ВРХ) — 10 т/га. Норми внесення туків під культури сівозміни складають: пшениця озима — N₆₀P₅₀K₆₀, кукурудза — N₉₀P₁₀₀K₉₀, люпин — P₂₀K₂₀, пшениця яра — N₆₀P₅₀K₆₀. Для сидерального удобрення вирощували редьку олійну (далі — як сидерат 1) та жито озиме (сидерат 2). Заробляння рослинної маси в ґрунт здійснювали весною, проводячи неглибоку оранку.

Розмір дослідної ділянки 51 м² (8,5×6 м), облікової — 30 м² (7,5×4 м), повторність дослідження чотириразова. Спосіб розміщення діля-

нок у польовому досліді — рендомізований.

Агротехніка культур — загальноприйнята для зони.

Облік урожаю — суцільний по ділянках, урожайні дані обробляли методом дисперсійного аналізу [5]. Аналітичні дослідження ґрунтів проводили за загальноприйнятими методиками: вміст загального гумусу та водорозчинного гумусу — методом І. В. Тюріна (ДСТУ 4289:2004) [6], груповий та фракційний склад гумусу — методом І. В. Тюріна у модифікації В. В. Пономарьової та Т. А. Плотнікової [7], вміст рухомої (лабільної) органічної речовини — методом М. А. Єгорова [8].

Результати та обговорення. Трансформація органічних речовин, що потрапляють до ґрунту, відбувається за двома основними напрямками: мінералізація до вуглекислоти і води та гуміфікація з утворенням стійких органічних сполук гумусової природи. Для вивчення тривалого впливу різних систем удобрення на фоні інокуляції насіння мікробними препаратами нами досліджено сумарне надходження органічної речовини з органічними рештками і органічними добривами, зміни запасів вуглецю в орному шарі ґрунту, визначено груповий і фракційний склад гумусу.

Згідно з результатами досліджень (табл. 1) найбільше надходження органічної речовини спостерігали за комплексної органо-мінеральної системи NPK + гній + сидерат — 40,6 та 42,2 т/га відповідно до фонів (без інокуляції та з мікробними препаратами), що на 23,1 і 22,8 т/га більше за показники мінеральної системи удобрення та на 26,2 і 26,9 т/га за контрольні варіанти.

Інокуляція насіння сприяє збільшенню надходження в ґрунт органічної речовини. Завдяки цьому заходу додатково надійшло від 0,4 до 1,0 т/га органічного вуглецю. Слід відзначити, що використання системи удобрення NPK + гній + сидерат порівняно з внесенням 20 т/га сівозмінної норми гною було рівноцінним. За цими системами в ґрунт надходила майже однакова кількість органічної речовини — 40,6–39,7 т/га відповідно.

Встановлено, що активність гуміфікації органічної речовини добрив та решток вища за системи удобрення NPK + сидерат. Коефіцієнт гуміфікації за цієї системи найбільший — 75,8 та 71,6 на фоні без інокуляції та

86,4 і 73,1 — на фоні інокуляції проти 28,2 за системи удобрення NPK + гній відповідно. Це свідчить про те, що сидеральна маса трансформується дуже швидко і основна віддача добрива спостерігається вже в перший рік.

Для визначення втрат органічної речовини встановлювали коефіцієнти мінералізації гумусу. Цей показник отримано на основі порівняння щорічних втрат гумусу і середніх його запасів на початок і кінець досліджень. У варіанті без добрив він становив 0,014 по фоні без інокуляції та 0,008 на фоні використання мікробних препаратів. За дії мінеральних добрив коефіцієнт мінералізації підвищувався до 0,025 по обох фонах.

Отже, втрати гумусу за один рік зросли від 1,4 та 0,8 % на контролях до 2,5 % за мінеральної системи удобрення. Відповідно, втрати гумусу з ґрунту за мінеральної системи удобрення становили 5,1 т/га по обох фонах проти 3,2 т/га на контролі без інокуляції та на 1,8 т/га на фоні з використанням біопрепаратів. За мінеральної системи завдяки зростанню продуктивності посівів додаткове до контролю надходження рослинних решток становило 3,1 та 4,1 т/га. Втрати органічного вуглецю у цьому варіанті сягали 5,1 т/га та 4,7 т/га відповідно до фонів. Тому додатково отриманої від мінеральних добрив органічної речовини не вистачає для компенсації втрат гумусу внаслідок мінералізації.

У результаті проведених досліджень вмісту гумусу в орному шарі ґрунту за дві ротації сівозміни встановлено (табл. 2), що у дерново-підзолистому ґрунті без внесення добрив відбулося зменшення вмісту гумусу на 0,11 %. Використання мікробних препаратів для інокуляції насіння підвищувало вміст гумусу в ґрунті на 0,09 % проти вмісту гумусу на контролі без застосування інокуляції. Внесення мінеральних добрив (N₆₀P₅₀K₆₀ на 1 га сівозмінної площі) при вирощуванні культур сівозміни забезпечувало інтенсивну мінералізацію гумусу в орному шарі ґрунту. Надходження органічної речовини з пожнивними і кореневими рештками за мінеральної системи удобрення деякою мірою збільшувало загальний вміст гумусу, але це є недостатнім для забезпечення стабілізації вмісту гумусу в ґрунті.

Поєднання сидератів з внесенням мінеральних добрив було достатнім для стабілі-

Таблиця 1. Запаси органічної речовини (т/га) в дерново-підзолистому ґрунті залежно від систем удобрення та дії мікробних препаратів (2010–2017 рр.)

Варіанти дослідів	Надійшло С _{орг.}						± до контролю		К _{Гд} ***		К _{Мг} ****	
	з рештками		з добривами		всього							
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Без добрив, контроль	14,4	15,3	0	0	14,4	15,3	–	–	–	–	0,014	0,008
НРК	16,5	17,4	0	0	17,5	19,4	3,1	4,1	–	–	0,025	0,025
НРК + сидерат 1	18,8	20,1	1,8	1,8	20,6	21,9	6,2	6,6	75,8	86,4	–	–
НРК + сидерат 2	19,4	21,3	2,4	2,4	21,8	23,7	7,4	8,4	71,6-	73,1	–	–
НРК + гній	20,7	22,5	10,2	10,2	30,9	32,7	16,5	17,4	28,2	28,2	–	–
НРК+ гній + сидерат 1	27,1	28,6	13,6	13,6	40,6	42,2	26,2	26,9	32,7	33,0	–	–
Гній 20 т/га	19,3	21,1	2,4	2,4	39,7	41,5	25,3	26,2	31,5	31,8	–	–

Примітка: * — фон без інокуляції; ** — фон з мікробними препаратами;

К_{Гд} — коефіцієнт гуміфікації органічних добрив та рослинних решток; К_{Мг}; * — коефіцієнт мінералізації гумусу.

Таблиця 2. Зміни вмісту гумусу в дерново-підзолистому ґрунті залежно від агротехнічних прийомів (середнє за 2010–2017рр.)

Варіанти дослідів	2010 рік		2017 рік				Зміни вмісту гумусу				
	%	т/га	I*		II**		± до контролю, т/га		± до вихідного, т/га		± за рахунок інокуляції, т/га
			%	т/га	%	т/га	I	II	I	II	
Без добрив, контроль	1,01	29,5	0,90	26,5	0,92	26,8	–	–	–3,0	–2,7	+0,5
НРК	0,98	28,6	0,81	23,7	0,82	23,9	–3,1	–2,9	–5,1	–4,7	+0,3
НРК + сидерат 1	1,05	30,7	1,06	31,2	1,07	31,5	+4,4	+4,7	+0,5	+0,8	+0,3
НРК + сидерат 2	1,07	31,2	1,09	31,8	1,10	32,1	+5,3	+5,3	+0,6	+0,9	+0,3
НРК + гній	1,10	32,1	1,15	33,6	1,16	34,1	+7,1	+7,3	+1,5	+1,7	+0,2
НРК + гній + сидерат 1	1,21	35,3	1,30	39,0	1,31	39,5	+12,5	+12,7	+3,7	+4,2	+0,5
Гній 20 т/га	1,19	34,7	1,25	38,2	1,26	38,4	+11,0	+11,1	+3,5	+3,7	+0,2
НІР ₀₅	0,02		0,03		0,03						

Примітка: * — фон без інокуляції; ** — фон з мікробними препаратами.

зації вмісту органічної речовини в ґрунті, але інтенсивного накопичення гумусу в орному шарі не спостерігали унаслідок швидкої мінералізації зеленої маси сидератів. Водночас слід зазначити, що у зв'язку з швидкою мінералізацією легкогідролізованих органічних сполук сидеральної маси покращується азотний режим ґрунту.

Стабілізація вмісту гумусу досягалася за орно-мінеральної системи удобрення ($N_{60}P_{50}K_{60}$ + гній 10 т/га на 1 гектар ланки сівозміни) та за її доповнення проміжним сидератом ($N_{60}P_{50}K_{60}$ + гній 10 т/га + сидерат).

Завдяки цим системам удобрення на кінець вегетаційного періоду 2017 р. вміст гумусу в ґрунті підвищився і становив 1,15–1,31 % проти 0,90–0,92 % на контролях відповідно до фонів.

Більш сприятливою системою удобрення для стабілізації та акумуляції запасів гумусу в орному шарі ґрунту є орно-мінеральна система удобрення — NPK + гній + сидерат 1.

Доповнення орно-мінеральної системи удобрення сидерацією активізує в ґрунті «активний гумус» і підвищує його запаси в ґрунті. Внесення 20 т гною / га гарантує відтворення загального вуглецю в ґрунті і акумулює його запаси. Запаси гумусу в ґрунті при цьому збільшуються на 3,7 та 3,5 т/га відповідно фонам.

Ґрунтова родючість значною мірою визначається особливостями складу і якістю ґрунту. Загальноприйнятим стало положення: лабільні форми гумусових речовин належать до найбільш інформативних показників стану ефективної родючості ґрунтів. Аналіз даних (табл. 3) показує, що при випробуванні різних систем удобрення на фоні інокуляції насіння біопрепаратами спостерігається істотна різниця за кількістю лабільної органічної речовини. Найбільша кількість 0,32–0,34 % лабільного гумусу притаманна орно-мінеральній системі удобрення NPK + сидерат, найменша — неудобреному фону: 0,16–0,17 % відповідно до фонів. Як відомо, саме лабільний гумус є найбільш доступним для деструкції мікроорганізмами. У зв'язку з цим можна очікувати на меншу інтенсивність «дихання» ґрунту у варіанті без внесення добрив та за мінеральної системи удобрення. Завдяки процесам дихання поступово змінюється і якість органічної речовини ґрунту та її гумусової частини зокрема.

Застосування мікробних препаратів

сприяло деякому зменшенню кількості лабільної органічної речовини, можливо унаслідок мікробіологічної деструкції. Так, за орно-мінеральної системи удобрення (NPK + гній + сидерат 1) лабільна частина гумусу складала 0,26 %, за органічної — 0,24 % та мінеральної — 0,20 %.

Дослідженнями також встановлено, що за використання різних систем удобрення відбувається деяка зміна співвідношення й між фракціями гумусу. Співвідношення між гуміновими та фульвокислотами свідчить про незначні відмінності. Суттєвої різниці в гумусовому стані дерново-підзолистого ґрунту за 8 років не спостерігається, тому що процеси ґрунтогенезу відбуваються повільно. Проте за систематичного застосування гною, сидератів та при їх сумісному використанні поліпшувався склад гумусу. У складі гумусу підвищувався вміст гумінових кислот. Однак, ці зміни не впливали на загальний склад гумусу, а за співвідношенням основних гумусових кислот, яке знаходилося в межах 0,7–0,8, він залишався гуматно-фульватним.

Насиченість сівозміни орно-мінеральними системами удобрення не тільки сприяла накопиченню гумусу в орному шарі ґрунту, а й підвищувала продуктивність сільськогосподарських культур.

Аналіз даних (табл. 4) показує, що в цілому продуктивність короткоротаційної сівозміни значно зростала за орно-мінеральної системи удобрення NPK + гній + сидерат та гній 20 т/га. На цих варіантах продуктивність сівозміни зростала на 64 % на фоні без інокуляції та відповідно на 74–71 % на фоні застосування біопрепаратів до показників контролів (3,3 та 3,8 т/га к. од. відповідно).

Мінеральна система удобрення забезпечила найменший збір кормових одиниць з 1 га — 4,7 та 4,9 т відповідно до фонів щодо всіх досліджуваних систем удобрення. За інокуляції насіння ефективність добрив підвищувалася. Використання мікробних препаратів дало змогу додатково одержати з 1 га від 0,2 до 0,5 т к. од. На дерново-підзолистих ґрунтах досить високий урожай культур короткоротаційної сівозміни та високу її продуктивність отримали при застосуванні орно-мінеральної системи удобрення — NPK + гній + сидерат. Ця система удобрення не поступалася органічній з дозою гною 20 т/га та перевищувала традиційну NPK + гній на

Таблиця 3. Вплив систем удобрення та мікробних препаратів на загальний вміст та груповий фракційний склад гумусу в орному шарі дерново-підзолистого ґрунту, % (2010–2017 рр.)

Варіанти дослідів	% до маси ґрунту								(Сгк / Сзаг) × 100		Сгк/Сфк
	органічна речовина ґрунту		лабільна органічна речовина		гумінові кислоти		фульвокислоти				
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
Без добрив, контроль	0,90	0,92	0,16	0,15	0,20	0,20	0,37	0,37	27	26	0,5
NPK	0,81	0,81	0,20	0,20	0,27	0,27	0,42	0,43	36	37	0,7
NPK + сидерат 1	1,06	1,07	0,33	0,32	0,30	0,31	0,44	0,44	28	30	0,7
NPK + сидерат 2	1,09	1,10	0,34	0,34	0,32	0,33	0,44	0,44	29	30	0,7
NPK + гній	1,15	1,15	0,21	0,21	0,25	0,35	0,42	0,45	30	31	0,8
NPK + гній + сидерат 1	1,30	1,31	0,26	0,26	0,34	0,35	0,56	0,56	33	34	0,8
Гній 20 т/га	1,25	1,26	0,24	0,22	0,33	0,33	0,59	0,57	37	37	0,8
НІР ₀₅	0,07		0,03		0,04		0,06				

Примітка: (Сгк/Сзаг) × 100 — ступінь гуміфікації органічної речовини ґрунту;
Сгк/Сфк — тип гумусу за співвідношенням гумінових і фульвокислот.

Таблиця 4. Продуктивність сівозміни залежно від агротехнічних заходів, т к. од. / га

Варіанти дослідів	Пшениця озима		Люпин		Кукурудза		Середнє по сівозміні		± до контролю, %		± від інокуляції, т/га
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II	
Без добрив, контроль	3,1	3,6	2,1	2,4	4,7	5,4	3,3	3,8	—	—	0,5
NPK	3,8	4,0	1,6	1,9	8,6	4,9	4,7	4,9	29	42	0,2
NPK + сидерат 1	3,9	4,2	1,8	2,3	10,1	10,3	5,3	5,6	47	61	0,3
NPK + сидерат 2	4,0	4,3	1,9	2,3	9,5	9,7	5,1	5,4	42	55	0,3
NPK + гній	4,5	4,7	2,2	2,5	9,4	10,6	5,4	5,6	47	47	0,2
NPK + гній + сидерат 1	5,3	5,7	2,3	2,7	10,9	11,4	6,2	6,6	64	74	0,4
Гній 20 т/га	5,2	5,5	2,4	2,7	10,9	11,4	6,2	6,5	64	71	0,3

Примітка: * — фон без інокуляції; ** — фон з інокуляцією.

17 та 27 % по збору кормових одиниць з 1 га. Інокуляція насіння підвищувала продуктивність сівозміни на 5–15 %.

З урахуванням впливу мікробних препаратів на урожайність сільськогосподарських культур та надходження органічної речовини у вигляді кореневих решток, слід зазначити, що даний агроприйом є важливим для підвищення як ефективної родючості ґрунту, так і потенційної.

1. Кулаковская Т. Н. Проблемы расширенного воспроизводства плодородия дерново-подзолистых почв в условиях нарастающей интенсивности сельского хозяйства (Интегральная модель высокоплодородной почвы) / Т. Н. Кулаковская // Вестник сельскохозяйственной науки. — 1982. — № 9. — С. 33–44.

2. Вплив різних систем удобрення на родючість ґрунту та продуктивність культур сівозміни в умовах Полісся України / [Е. Г. Дегодюк, Н. В. Штупун, Ю. Й. Бурлачук та ін.] // Землеробство. — 2006. — Вип. 71. — С. 21–25.

3. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика : монографія / [В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська та ін.] ; за ред. В. В. Волкогона. — К. : Аграрна наука,

2006. — 312 с.

4. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях (науково-практичні рекомендації) / за ред. В. В. Волкогона. — К., 2015. — 248 с.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

6. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини : ДСТУ 4289:2004. — [Чинний від 2004-04-30]. — К. : Держспоживстандарт України, 2005. — 9 с.

7. Визначення групового та фракційного складу гумусу ґрунту за методом І. В. Тюріна у модифікації В. В. Пономарьової та Т. А. Плотнікової (варіант ННЦ «ІГА»). МВВ 31-497058-008-2002 // Методики визначення складу та властивостей ґрунтів / ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» УААН ; ТК зі стандартизації 142 «Ґрунтознавство». — Харків, 2004. — Кн. 1. — С.129–154.

8. Ґрунти. Визначення доступної (лабільної) органічної речовини ґрунту за методом М. А. Єгорова. МВВ 31-497058-020-2005 // Методики визначення складу та властивостей ґрунтів / «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» УААН / ТК зі стандартизації 142 «Ґрунтознавство». — Харків, 2005. — Кн. 2. — С. 7–22.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Л. В. Потапенко, Л. Н. Скачок,
Н. И. Горбаченко

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН,
г. Чернигов

Изучено влияние микробных препаратов на процессы биологической трансформации органического вещества в дерново-подзолистой почве под длительным действием различных систем удобрения. Показано, что для пополнения почвы необходимым количеством органического вещества целесообразными являются органо-минеральные системы удобрения в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур, а также применение микробных препаратов.

Ключевые слова: органическое вещество, система удобрения, сидерат, навоз, гумус, гумусовые кислоты.

BIOLOGICAL TRANSFORMATION OF THE ORGANIC SUBSTANCE IN THE SOD-PODZOLIC SOIL UNDER THE INFLUENCE OF FERTILIZATION SYSTEMS AND MICROBIAL PREPARATIONS

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

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

The influence of microbial preparations on the processes of biological transformation of organic substance in sod-podzolic soils under the long-term effects of various fertilization systems has been investigated. It has been established that organic-mineral fertilization systems in the technologies of cultivating agricultural crops and the use of microbial preparations are appropriate for replenishing the soil with the required amount of organic substance.

Key words: organic substance, fertilization system, green manure, manure, humus, humus acids.

Отримано 20.10.2017