



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.86/87:579.64
© 2018

СПРЯМОВАНІСТЬ ҐРУНТОВО- МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ВПЛИВУ ОРГАНІЧНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

В.В. Волкогон¹, О.В. Пиріг², Т.Ю. Британ³

¹ доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН

² кандидат сільськогосподарських наук

*Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97, м. Чернігів, 14027, Україна*

e-mail: ¹ volkogan@ukr.net, ² altrockman1986@gmail.com, ³ britan.tetiana@gmail.com

Надійшла 20.03.2018

Мета. Дослідити вплив органічних і мінеральних добрив на розвиток мікро-організмів та перебіг біологічних процесів у ґрунті за вирощування картоплі. **Методи.** Мікробіологічні, польові, статистичні. **Результати.** Установлено, що за внесення в ґрунт органічних добрив у вигляді гною, соломи, маси люпинового сидерата та їх поєднання з мінеральними добривами відбуваються істотні зміни в складі мікробіоти, змінюється спрямованість біологічних процесів. **Висновки.** Органічні добрива та їх поєднання з мінеральними сприяють оптимізації формування угруповань ґрунтових мікроорганізмів, перебігу біологічних процесів у ґрунті, що позитивно позначається на врожайності картоплі. В екологічному аспекті застосування мінеральних добрив за дефіциту органічної речовини в ґрунті слід вважати небажаним, оскільки при цьому зростають газоподібні втрати азоту і підвищується активність мінералізаційних процесів.

Ключові слова: картопля, органічні добрива, мінеральні добрива, азотофіксація, денітрифікація, мінералізація, трансформація органічної речовини, чисельність мікроорганізмів.

<https://doi.org/10.31073/agrovysnyk201806-01>

Основним способом збільшення продуктивності землеробства є підвищення родючості ґрунтів. До одного з найважливіших факторів, що визначають рівень ґрунтової родючості, належить органічна речовина ґрунту і, головним чином, гумус. Однак в умовах інтенсивного ведення землеробства з використанням високих норм

мінеральних добрив за дефіциту свіжої органічної речовини в ґрунті значно посилюються процеси мінералізації органічної речовини. У результаті втрачається багато цінних якостей ґрунтів, що негативно позначається на їх родючості. Тому розроблення способів збереження стабільного рівня вмісту гумусу в ґрунті є актуальним

завданням сільськогосподарської науки [1–5]. Для розуміння векторів деструкції свіжої органічної речовини і синтезу гумусу слід враховувати спрямованість окремих мікробіологічних процесів у ґрунті залежно від технологічних чинників.

Мета досліджень — визначити вплив органічних і мінеральних добрив на розвиток мікроорганізмів та перебіг біологічних процесів у ґрунті за вирощування картоплі.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили в 2016–2017 рр. у польовому стаціонарному досліді Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН на чорноземі вилуженому в умовах короткоротаційної сівозміни (картопля — ячмінь ярий — горох — пшениця озима) в агроценозах картоплі. Агрохімічна характеристика ґрунту: уміст гумусу (за Тюрнімом) — 2,8%; загального азоту — 0,27–0,31%; P_2O_5 (за Кірсановим) — 15 мг/100 г ґрунту, K_2O (за Масловою) — 13 мг/100 г ґрунту; $pH_{вод}$ — 5,9–6,5.

Варіанти удобрення картоплі: 1. Без добрив; 2. Солома; 3. Сидерат; 4. Гній; 5. Солома + сидерат; 6. Гній + сидерат; 7. $N_{40}P_{40}K_{40}$; 8. Солома + сидерат + $N_{40}P_{40}K_{40}$; 9. $N_{80}P_{80}K_{80}$; 10. Солома + сидерат + $N_{80}P_{80}K_{80}$; 11. $N_{120}P_{120}K_{120}$; 12. Солома + сидерат + $N_{120}P_{120}K_{120}$; 13. Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$; 14. Гній + сидерат + $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Підрібнену солому в кількості 5 т/га заробляли в ґрунт дискуванням відразу після збирання врожаю попередника — пшениці озимої, після чого у відповідних варіантах висівали на проміжний сидерат люпин вузьколистий. Для оптимізації співвідношення C/N мінеральний азот не використовували. Сидеральну масу люпину (13 т/га) заробляли в ґрунт дискуванням із наступною неглибокою оранкою (15 см) пізно восени (кінець листопада). Водночас у відповідних варіантах вносили і заробляли в ґрунт підстилковий гній великої рогатої худоби з розрахунку 40 т/га.

Площа дослідної ділянки — 43,2 м², повторність досліду — 4-разова.

Чисельність амоніфікаторів визначали на м'ясо-пептонному агарі (МПА); мікроорганізми, які засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту — на крохмале-аміачному агарі (КАА); азотофіксаторів — на напіврідкому

середовищі Ешбі з використанням ацетиленового тесту; денітрифікаторів — на рідкому середовищі Гільтая за використання реактиву Грісса; целюлозоруйнівних бактерій — на рідкому середовищі Солнцевої; мікроскопічних грибів — на середовищі Чапека [6, 7].

Коефіцієнти мінералізації — іммобілізації сполук азоту розраховували за співвідношенням чисельності амілолітичних мікроорганізмів до протеолітичних (КАА/МПА) [8].

Потенційну активність азотофіксації ґрунту визначали ацетиленовим методом за М. Умаровим [9]. Уміст етилену в зразках аналізували на газовому хроматографі «Chrom-5» з полум'яно-іонізаційним детектором. Сорбційні колонки зі сталі заповнювали сорбентом Porapak Q 60–80 mesh. Температура термостата — 40°C. Витрата газів: водню — 15 см³/хв, азоту — 100, повітря — 500 см³/хв.

Потенційну активність денітрифікації в ґрунті визначали ацетиленовим методом з додаванням до наважки (5 г) розчину глюкози та нітрату калію [7]. Уміст N_2O досліджували на газовому хроматографі «Цвет-500 М» із детектором теплопровідності (струм мосту 200 мА) на колонці із сорбентом Porapak Q 60–80 mesh. Температура колонок — 25°C, детектора — 40°C, витрата газу (гелію) — 20 мл/хв.

Планування і проведення польових дослідів здійснювали за Б. Доспеховим [10]. Статистичну обробку експериментальних даних виконували методом дисперсійного аналізу з використанням комп'ютерної програми (Microsoft Office Excel 2003–2007).

Результати досліджень. Чисельність діазотрофів у ґрунті під картоплею за дії органічних і мінеральних добрив свідчить про їх різний вплив на формування популяцій. Так, застосування органічних добрив позитивно позначається на розвитку азотофіксаторів: їх кількість зростає у 4,5–6,0 разів. Унесення невисоких і середніх у досліді норм мінеральних добрив також сприяє зростанню чисельності діазотрофів у ґрунті і, особливо їх застосування по органічному фону. Висока норма туків призводить до гальмування розвитку азотофіксуювальних бактерій упродовж вегетаційного періоду рослин картоплі, що свідчить про її

надлишковість для агроценозу. Водночас унесення $N_{120}P_{120}K_{120}$ по фоні органічних добрив сприяє відновленню чисельності азотофіксаторів. Це свідчить про поліпшення екологічної ситуації за цих умов, оскільки розвиток і функції азотофіксаторів обмежуються за надлишкової кількості мінерального азоту в ґрунті. Ця теза підсилюється результатами визначення нітрогеназної активності в ґрунті досліджуваних варіантів (табл. 1). Активність азотофіксації у варіанті з використанням $N_{120}P_{120}K_{120}$ по фоні органічної речовини відновлюється, починаючи з фази цвітіння, а пізніше навіть істотно переважає показники контрольного варіанта.

За визначення чисельності денітрифікаторів з унесенням соломи не спостерігалося зростання кількості представників цієї еколого-трофічної групи мікроорганізмів. Незначне збільшення денітрифікувальних мікроорганізмів у ґрунті було у варіантах із використанням сидеральної маси та її поєднання із соломом. За дії гною відзначено інтенсивний розвиток денітрифікаторів. Це свідчить про активну мінералізацію органічної речовини і вивільнення мінеральних сполук азоту, частина з яких за певних обставин може бути використана денітрифікаторами як джерело кисню та

азоту для забезпечення асиміляційної і дисиміляційної нітратредукції.

За внесення мінеральних добрив чисельність денітрифікаторів у ґрунті зростає пропорційно використаним нормам. Проте застосування туків по фоні органічних добрив значною мірою нівелює ситуацію. За цих умов кількість представників досліджуваної групи бактерій зменшується, що, безперечно, свідчить про іммобілізацію представниками інших еколого-трофічних груп мікроорганізмів невикористаної рослинами частини добрив.

Це підтверджується результатами визначення потенційної денітрифікувальної активності в ґрунті (табл. 2). За поєднання органічного і мінерального удобрення картоплі активність процесу біологічної денітрифікації знижується порівняно з показниками варіантів, де вносили лише мінеральні добрива у відповідних нормах. Така ситуація, як зазначалося вище, може виникати за значної іммобілізації невикористаного мінерального азоту ґрунтовими мікроорганізмами.

За результатами обліку чисельності амоніфікувальних мікроорганізмів, їх значний розвиток зумовлюється наявністю органічної речовини в ґрунті. Так, чисельність

1. Вплив добрив на потенційну азотофіксувальну активність ґрунту в агроценозах картоплі, $nMоль C_2H_4/г$ ґрунту за годину

Варіант досліджу	Фаза		Початок відмирання бадилля
	сходів	цвітіння	
Без добрив (контроль)	117,4	146,2	247,6
Солома	161,5	243,7	395,2
Сидерат	147,7	224,0	419,6
Гній	271,6	298,1	565,9
Солома + сидерат	197,1	260,6	477,2
Гній + сидерат	321,7	397,4	589,5
$N_{40}P_{40}K_{40}$	148,5	203,8	377,0
Солома + сидерат + $N_{40}P_{40}K_{40}$	188,6	269,5	464,4
$N_{80}P_{80}K_{80}$	99,7	198,6	302,5
Солома + сидерат + $N_{80}P_{80}K_{80}$	162,8	229,7	392,6
$N_{120}P_{120}K_{120}$	43,6	115,3	210,7
Солома + сидерат + $N_{120}P_{120}K_{120}$	69,8	148,8	323,3
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$	212,6	365,2	508,2
Гній + сидерат + $N_{40}P_{40}K_{40}$	289,6	406,4	566,5
$ННP_{05}$	11,2	10,3	11,5

2. Потенційна активність денітрифікації ґрунту під картоплею за впливу добрив, нМоль N₂O/г ґрунту за добу

Варіант досліджу	Фаза		Початок відмирання бадилля
	сходів	цвітіння	
Без добрив (контроль)	28,20	22,54	20,06
Солома	29,15	23,05	20,87
Сидерат	37,58	28,25	23,43
Гній	78,30	66,07	49,20
Солома + сидерат	35,33	27,19	22,63
Гній + сидерат	61,74	56,89	38,34
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	43,77	37,39	32,96
Солома + сидерат + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	40,96	32,05	29,53
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	51,73	44,43	34,03
Солома + сидерат + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	47,79	39,99	30,21
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	63,76	58,78	40,12
Солома + сидерат + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	55,69	46,26	38,47
Гній + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	91,19	80,00	62,84
Гній + сидерат + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	88,92	73,76	56,51
НІР ₀₅	1,95	1,67	1,88

амоніфікаторів у варіантах, де поєднується дія мінеральних і органічних добрив, зростає порівняно з показниками відповідних

варіантів із застосуванням лише туків у 1,8–2,6 раза (табл. 3). Водночас зростання порівняно з контролем чисельності

3. Вплив удобрення картоплі на розвиток протеолітичних та амілолітичних мікроорганізмів (млн КУО/г сухого ґрунту) та коефіцієнти мінералізації — іммобілізації органічної речовини в ґрунті

Варіант досліджу	Фаза						Початок відмирання бадилля		
	сходів			цвітіння					
	МПА	КАА	Км-і*	МПА	КАА	Км-і*	МПА	КАА	Км-і*
Без добрив (контроль)	13,4	22,6	1,68	12,0	20,8	1,73	10,8	17,5	1,62
Солома	16,7	27,0	1,61	15,8	25,4	1,60	15,5	24,9	1,60
Сидерат	20,7	31,7	1,53	21,0	28,5	1,36	18,1	24,7	1,36
Гній	40,3	56,2	1,39	44,7	49,7	1,09	39,1	40,9	1,05
Солома + сидерат	29,6	45,8	1,55	32,4	41,5	1,28	27,7	35,3	1,27
Гній + сидерат	48,5	61,5	1,27	52,0	56,4	1,11	46,2	45,3	0,98
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	18,0	32,4	1,80	15,1	28,2	1,86	12,4	22,5	1,81
Солома + сидерат + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	34,0	50,0	1,47	37,7	45,6	1,21	31,6	39,0	1,23
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	19,3	40,7	2,10	16,8	33,6	2,00	14,2	26,6	1,87
Солома + сидерат + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	37,1	53,7	1,44	39,0	46,9	1,20	30,7	40,2	1,31
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	22,0	52,4	2,38	18,5	44,8	2,42	16,4	38,6	2,35
Солома + сидерат + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	40,0	62,3	1,56	40,6	50,2	1,23	28,6	37,2	1,30
Гній + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	52,7	78,1	1,48	60,3	69,6	1,15	48,4	50,3	1,04
Гній + сидерат + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	59,0	80,4	1,36	66,1	71,2	1,07	55,6	59,2	1,06
НІР ₀₅	2,2	2,8		2,1	2,5		2,0	2,4	

* Коефіцієнти мінералізації — іммобілізації (КАА/МПА).

амоніфікаторів у варіантах з використанням лише мінеральних добрив може свідчити про мінералізацію складних органічних сполук, зокрема гумусу, за дефіциту в ґрунті свіжої органічної речовини.

Визначення чисельності мікроорганізмів, які засвоюють переважно мінеральні сполуки азоту, свідчить про збільшення їх кількості в усіх досліджуваних варіантах, особливо за дії гною, застосованого окремо і в поєднанні із сидератом і мінеральними добривами (див. табл. 3).

Слід також відзначити велику чисельність мікроорганізмів згаданої еколого-трофічної групи у варіантах із поєднаним застосуванням соломи і сидерата на фоні мінерального удобрення.

У варіантах із мінеральними агрофонами (лише мінеральні добрива) зростання пулу іммобілізаторів мінерального азоту на фоні незначної кількості амоніфікаторів свідчить про посилення мінералізаційної функції мікробного ценозу, що підтверджується зростанням коефіцієнтів мінералізації — іммобілізації у фазі цвітіння з 1,86 за норми $N_{40}P_{40}K_{40}$ до 2,42 за норми $N_{120}P_{120}K_{120}$. Проте дія соломи і сидерата за внесення мінеральних добрив забезпечувала зниження негативних наслідків інтенсифікації азотного удобрення картоплі. За цих умов коефіцієнт мінералізації — іммобілізації становив 1,20 за норми $N_{40}P_{40}K_{40}$ та 1,23 з унесенням $N_{120}P_{120}K_{120}$.

За окремого використання соломи і сидерата збільшення кількості мікроорганізмів, що асимілюють мінеральні форми азоту, порівняно з іншими варіантами було незначним. Проте коефіцієнт мінералізації — іммобілізації був нижчим, ніж на контролі, і становив у фазі цвітіння 1,60 і 1,36 відповідно, що свідчить про інтенсифікацію процесів іммобілізації (синтезу).

В інших варіантах досліді спостерігалося значне зниження коефіцієнтів мінералізації — іммобілізації з 1,15 за поєданого застосування гною і мінеральних добрив до 1,07 у варіанті з поєднаним застосуванням гною, сидерата і невисокої норми мінеральних добрив.

Висновки про інтенсивний розвиток мікроорганізмів і оптимізацію перебігу процесів мінералізації — іммобілізації за

використання мінеральних добрив по фоні дії органічних підтверджуються результатами обліку целюлозолітичних мікроорганізмів. Так, за внесення лише мінеральних добрив відзначено відносно невисокі показники розвитку целюлозолітичних бактерій, які до того ж зменшуються зі зростанням норм туків. Проте застосування мінеральних добрив по фоні органічної речовини сприяє зростанню їх кількості у 2,4–4,1 раза залежно від варіанта.

Слід наголосити, що зазначене зменшення чисельності целюлозолітичних бактерій зі збільшенням норм мінеральних добрив компенсується зростанням чисельності мікроміцетів, більшість з яких мають високу целюлозолітичну активність. Одержані нами результати свідчать про те, що зі зростанням норм мінеральних добрив значно підвищується чисельність мікроміцетів.

З урахуванням зазначених вище результатів обліку чисельності мікроорганізмів та характеру перебігу процесів азотофікації і денітрифікації можна стверджувати про підсилення іммобілізаційних процесів за використанням орґано-мінерального удобрення. Тобто, за поєднання орґанічного і мінерального удобрення в результаті мінералізації складних орґанічних речовин утворюються простіші сполуки, частина яких здатна до засвоєння мікроорґанізмами та іммобілізується в біомасі бактерій та мікроміцетів. Це створює передумови активного розвитку інших синтетичних процесів, зокрема утворення гумусних сполук.

Отже, забезпечення чорнозему вилугуваного орґанічною речовиною (гноєм, соломою, люпиновим сидератом та їх поєднанням, зокрема з мінеральними добривами) за вирощування картоплі в сівозміні істотно впливає на склад угруповань ґрунтових мікроорґанізмів, що змінює спрямованість біологічних процесів. За таких умов мінералізація складних орґанічних сполук супроводжується оптимізацією інших біологічних функцій ґрунту: зростає інтенсивність азотофікації, обмежується денітрифікувальна активність, підсилюються синтетичні процеси. При цьому найбільша в досліді норма мінеральних добрив ($N_{120}P_{120}K_{120}$), застосування якої без додаткового забезпечення

4. Урожайність картоплі за різних систем удобрення

Варіант досліду	Урожайність, т/га	Приріст до контролю	
		т/га	%
Без добрив (контроль)	12,9	—	—
Солома	14,1	1,2	9,3
Сидерат	15,4	2,5	19,3
Гній	25,0	12,1	93,8
Солома + сидерат	18,6	5,7	44,2
Гній + сидерат	27,1	14,2	110,0
$N_{40}P_{40}K_{40}$	15,0	2,1	16,3
Солома + сидерат + $N_{40}P_{40}K_{40}$	23,8	10,9	84,5
$N_{80}P_{80}K_{80}$	25,2	12,3	95,3
Солома + сидерат + $N_{80}P_{80}K_{80}$	33,3	20,4	158,1
$N_{120}P_{120}K_{120}$	32,5	19,6	151,9
Солома + сидерат + $N_{120}P_{120}K_{120}$	39,1	26,2	203,1
Гній + $N_{40}P_{40}K_{40}$	30,0	17,1	132,5
Гній + сидерат + $N_{40}P_{40}K_{40}$	32,8	19,9	154,2
HP_{05}	0,98		

ґрунту органічною речовиною супроводжується негативними змінами біологічних процесів у ґрунті, стає екологічно прийнятною.

Вплив досліджуваних чинників позначився на врожайності картоплі (табл. 4).

Застосування всіх досліджуваних норм мінеральних добрив забезпечило достовірні прирости врожайності культури. Проте використання туків по фоні органічних добрив сприяло отриманню значно вищої врожайності. Так, за внесення $N_{40}P_{40}K_{40}$ приріст урожаю становив 16,3%, а використання цієї норми туків по фоні соломи і люпинового сидерата забезпечило отримання приросту на рівні 84,5%.

За середньої в досліді норми добрив ($N_{80}P_{80}K_{80}$) урожайність культури зросла на 95,3%, а за поєднання її з органічним агрофоном – на 158,1%. Такі самі особливості простежуються і для найбільшої в досліді норми туків. Використання лише мінеральних добрив сприяло отриманню 32,5 т/га врожаю картоплі, а за поєднання з органічним фоном урожайність додатково зросла ще на 6,6 т/га.

Унесення невисокої в досліді норми мінеральних добрив по фоні застосування гною і, особливо по фоні дії гною і проміжного сидерата, забезпечило приріст урожаю картоплі 17,1 і 19,9 т/га відповідно.

Висновки

За результатами досліджень, органічні добрива та їх поєднання з мінеральними сприяють оптимізації формування угруповань ґрунтових мікроорганізмів, перебігу біологічних процесів у чорноземі вилугуваному, що позитивно позначається на врожайності

картоплі. В екологічному аспекті застосування мінеральних добрив за дефіциту органічної речовини в ґрунті слід вважати небажаним, оскільки при цьому зростають газоподібні втрати азоту і підвищується активність мінералізаційних процесів.

Волкогон В.В.¹, Пирог О.В.², Британ Т.Ю.³

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, ул. Шевченко, 97, г. Чернигов, 14027, Украина; e-mail: ¹volkogon@ukr.net, ²altrockman1986@gmail.com, ³britan.tetiana@gmail.com

Направленность почвенно-микробиологических процессов под влиянием органических и минеральных удобрений

Цель. Исследовать влияние органических и минеральных удобрений на развитие микроорганизмов и динамику биологических

процессов в почве при выращивании картофеля. **Методы.** Микробиологические, полевые, статистические. **Результаты.** Установлено, что при внесении в почву органических удобрений в виде навоза, соломы, массы люпинового сидерата и их сочетания с минеральными удобрениями происходят существенные изменения в составе микробиоты, меняется направленность биологических процессов. **Выводы.** Органические удобрения и их сочетание с минеральными способствуют оптимизации формирования сообществ почвенных микроорганизмов, динамике биологических процессов в почве, что положительно сказывается на урожайности картофеля. В экологическом аспекте применение минеральных удобрений при дефиците органического вещества в почве следует считать нежелательным, поскольку при этом увеличиваются газообразные потери азота и повышается активность минерализационных процессов.

Ключевые слова: картофель, органические удобрения, минеральные удобрения, азотфиксация, денитрификация, минерализация, трансформация органического вещества, численность микроорганизмов.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-01>

Volkogon V.¹, Pyrig O.², Brytan T.³

Institute of agricultural microbiology and agroindustrial production of NAAS, Shevchenko Str., 97,

Chernigiv, 14027, Ukraine; e-mail: ¹ volkogon@ukr.net, ² altrockman1986@gmail.com, ³ britan.tetiana@gmail.com

Directedness of soil-microbiological processes under the influence of organic and mineral fertilizers

The purpose. To study the influence of organic and mineral fertilizers on the development of microorganisms and dynamics of biological processes in soil at growing potato. **Methods.** Microbiological, field, statistical. **Results.** At importation into soil of organic fertilizers in the form of dung, straw, mass of lupin green manure crop, and their combinations with mineral fertilizers they observed descend essential changes in structure of microbiota and directedness of biological processes. **Conclusions.** Organic fertilizers and their combination with mineral ones promote optimization of formation of communities of soil microorganisms, dynamics of biological processes in soil. That positively influences productivity of potato. In ecological aspect, deficiency of organic substance in soil should be considered as undesirable at application of fertilizers because of increased gaseous losses of nitrogen and activity mineralization processes.

Key words: potato, organic fertilizers, mineral fertilizers, nitrogen fixation, denitrification, mineralization, conversion of organic substance, numerosity of microorganisms.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201806-01>

Бібліографія

1. Матюк Н.С., Селицкая О.В., Солдатова С.С. Роль сидератов и соломы в стабилизации процессов трансформации органического вещества в дерново-подзолистой почве. *Известия ТСХА*. 2013. Вып. 3. С. 63–74.
2. Шапова Л.Н. Микробная сукцессия при трансформации органического вещества. *Почвоведение*. 2004. № 8. С. 967–975.
3. Зинченко М.К., Стоянова Л.Г. Бактерии азотного обмена как индикаторы процессов трансформации органического вещества в агроландшафтах серой лесной почвы. *Владимирский земледелец*. 2015. № 2. С. 8–11.
4. Ademir S.F.A., Luiz F.C. L, Valdinar B.S., Romero F.V. C. Soil microbial activity in conventional and organic agricultural systems. *Sustainability*. 2009. № 1. P. 268–276.
5. Mader P., Fliessbach A., Dubois D. et. al. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*.

2002. № 296. P. 1694–1697.

6. Волкогон В.В., Надкернична О.В., Токова Л.М. та ін. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія; за ред. В.В. Волкогона. Київ: Аграр. наука, 2010. 464 с.

7. Асеева И.В., Бабьева И.П., Бызов Б.А. и др. Методы почвенной микробиологии и биохимии; под ред. Д.Г. Звягинцева. Москва: МГУ, 1991. 304 с.

8. Мишустин Е.Н., Рунов Е.В. Успехи разработки принципов микробиологического диагностирования состояния почв. *Успехи современной биологии*. Москва: АН СССР, 1957. Т. 44. С. 256–267.

9. Умаров М.М. Ацетиленовый метод изучения азотфиксации в почвенно-микробиологических исследованиях. *Почвоведение*. 1976. № 11. С. 119–123.

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