

УДК 579.64/631.8

НАПРАВЛЕНІСТЬ БІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КОРЕНЕВІЙ ЗОНІ РОСЛИН КАРТОПЛІ ЗА ДІЇ ДОБРИВ ТА БІОПРЕПАРАТУ

**В. В. Волкогон¹, М. А. Журба¹, С. Б. Дімова¹, Л. М. Токмакова¹,
К. І. Волкогон¹, О. І. Проценко²**

¹Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна; e-mail: rifam@ukrpost.ua

²Чернігівська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»
вул. Малиновського, 41; м. Чернігів, 14020, Україна

У польовому стаціонарному досліді на чорноземі вилугуваному досліджено направленість біологічних процесів (азотфіксації, емісії N_2O та CO_2) у кореневій зоні рослин картоплі за різних систем удобрення. Екологічно сприятливим (хоча і з певним застереженням, зважаючи на високий рівень емісії N_2O) є застосування 40 т/га гною ВРХ; доза мінеральних добрив $N_{40}P_{40}K_{40}$ є оптимальною, проте компроміс між екологічними вимогами і продуктивністю культури свідчить про доцільність внесення $N_{80}P_{80}K_{80}$. Високі дози мінеральних добрив ($N_{120}P_{120}K_{120}$), а також органо-мінеральне удобрення (40 т/га гною + $N_{80}P_{80}K_{80}$) призводять до високих рівнів емісії N_2O і CO_2 та зводять до мінімуму активність азотфіксації. З метою оптимізації екологічного стану ґрунтів агроценозів, підвищення продуктивності картоплі та покращення якості продукції в технологіях вирощування культури доцільне використання мікробного препарату Біоґрану.

Ключові слова: мікробіологічні процеси, добрива, азотфіксація, емісія N_2O і CO_2 , картопля.

Існуючі системи удобрення сільськогосподарських культур, як правило, не враховують екологічних вимог до охорони довкілля, оскільки необхідні дози мінеральних добрив розраховуються за показниками виносу біогенних елементів (НРК) із запланованим урожаєм, а ступені використання діючої речовини з добрив є доволі низькими. Так, за усередненими даними, коефіцієнти засвоєння азоту перебувають у межах 0,35–0,50, фосфору — не перевищують 0,2 %, калію — 0,25–0,60 у залежності від типу ґрунту [1]. Методи розрахунку необхідної кількості добрив були б ідеальними, якби засвоюваність добрив знаходилася на рівні 100 %. Оскільки це неможливо, використання подібних розрахунків призводить до свідомого забруднення довкілля залишками невикористаних добрив. Особливо в цьому відношенні турбує мінеральний азот як найбільший забруд-

нювач агроценозів.

Теоретично азотні добрива слід застосовувати у межах фізіологічної доцільності. Лише за цієї умови можна звести до мінімуму ризик забруднення довкілля небезпечними для життя людини сполуками азоту. Але критерій істини — яка ж кількість мінерального азоту може вважатися фізіологічно доцільною для рослини — невідомий. Така можливість з'явилася з розвитком біологічних методів тестування, зокрема за використання показників функціональної активності азотфіксувальних бактерій, асоційованих з корінням культурних рослин. Оскільки азотфіксатори здатні фіксувати азот із атмосфери лише за відсутності надлишкових кількостей сполук азоту в середовищі, а просторово вони тісно зв'язані з корінням рослини, визначивши в динаміці нітрогеназну активність бактерій кореневої зони рослин, вирощува-

них по різних агрофонах, можемо відібрати таку дозу, яка не буде зменшувати активність процесу порівняно з контрольним (без внесення азоту) варіантом. З іншого боку, відомо, що діазотрофи за надлишку азотних добрив перестають фіксувати азот з атмосфери й починають використовувати зв'язаний його форми, оскільки це енергетично вигідніше для бактеріальної клітини. При цьому, крім засвоєння азоту для конструктивного метаболізму, бактерії здійснюють процес денітрифікації. Тож, прослідкувавши активність емісії N_2O за різних доз мінерального азоту, можемо відібрати таку, що не спричиняє значних втрат газоподібних сполук азоту з ґрунту. Зіставивши особливості перебігу процесів азотфіксації і денітрифікації в агроценозах, можемо вибрати оптимальну у фізіологічному відношенні дозу мінерального азоту [2].

Додатковим тестом доцільності удобрення сільськогосподарських культур є визначення інтенсивності процесів мінералізації в ґрунтах агроценозів, у т. ч. за показниками емісії вуглекислого газу.

У зв'язку з вищевикладеним метою дослідження було визначення направленості біологічних процесів у кореневій зоні рослин картоплі за дії різних систем удобрення.

Матеріали й методи. Дослідження проводили впродовж 2011–2013 рр. у польовому стаціонарному досліді на чорноземі вилугуваному ($pH_{\text{сол.}}$ 5,2; вміст гумусу — 3,01 %; легкогідролізованого азоту — 109 мг/кг; рухомих форм фосфатів (P_2O_5) — 168 мг/кг; обмінного калію (K_2O) — 58 мг/кг ґрунту) Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Картоплю сорту Белароза вирощували у сівозміні: картопля – ячмінь ярий – горох – пшениця озима. Визначали доцільність таких систем удобрення: органічної, мінеральної невисокої, мінеральної середньої, мінеральної високої та органо-мінеральної.

За органічної системи удобрення у сівозміні один раз за ротацію під осінню оранку (для картоплі) вносили гній з розрахунку 40 т/га. Мінеральне удобрення картоплі передбачало застосування $N_{40}P_{40}K_{40}$, $N_{80}P_{80}K_{80}$ і $N_{120}P_{120}K_{120}$. Органо-мінеральна система передбачала внесення 40 т/га гною та мінеральних добрив ($N_{80}P_{80}K_{80}$).

Схема досліді включала також блок ва-

ріантів, де по вищезазначених агрофонах застосовували мікробний препарат Біогран (ТУ У 24.1-00497360-006:2009).

Площа дослідної ділянки — 86,4 м² (7,2 × 12,0 м), повторність досліді чотирьохразова. Розміщення ділянок рендомізоване.

Потенційну активність азотфіксації в ризосферному ґрунті рослин картоплі визначали за методом М. М. Умарова [3]. Для оцінки емісії закису азоту в системі «ґрунт–рослина» використовували метод закритих камер [4; 5]. Камери об'ємом 10 л, з гумовою мембраною для відбору газів врізали в ґрунт на глибину 10 см, ґрунт навколо камер зволожували для створення водяного затвору. У камери поміщали бюкс з карбідом кальцію, зволожений водою для утворення ацетилену, який інгібує редуктазу оксиду азоту і призупиняє процес дисиміляції NO_3^- і NO_2^- на стадії відновлення оксиду азоту, що дозволяє визначити інтенсивність емісії N_2O . Експозицію проводили впродовж трьох годин, після чого відбирали газові проби і поміщали в попередньо вакуумовані посудини. Повторність відбору зразків трьохразова.

Відібрані газові проби аналізували газохроматографічно. Нітрогеназну активність визначали на газовому хроматографі «Chrom-4» з полум'яно-іонізаційним детектором (сталева колонка довжиною 3 м, заповнена сорбентом Parapak Q 60–80 mesh; температура термостату 40 °С; витрати газів: водню — 15 см³/хв., азоту — 100 см³/хв., повітря — 500 см³/хв.).

Пряму емісію N_2O визначали на газовому хроматографі «Цвет-500 М» з детектором по захвату електронів. Температура колонок 40 °С, температура випаровувача 120 °С, детектора — 330 °С. Витрати газу-носія (аргон з метаном 95/5) — 35 см³/хв. Сорбційна колонка зі сталі довжиною 3 м заповнена сорбентом Parapak Q 60–80 mesh.

Концентрацію CO_2 визначали на газовому хроматографі «Цвет-500 М» з детектором теплопровідності (струм мосту 130 мА). Температура колонок 25 °С, детектора — 40 °С. Витрати газу-носія (гелію) — 20 см³/хв. [3]. Сорбційні колонки зі сталі заповнювали сорбентом сорбентом Parapak Q 60–80 mesh.

Ведення досліді, облік урожаю і статистичну обробку отриманих результатів проводили за Б. Доспеховим [6]. Вміст крохма-

лю, нітратів та аскорбінової кислоти визначали згідно методик [7].

Результати та їх обговорення. Перебіг досліджуваних біологічних процесів був однотипним у всі роки проведення досліджень, тож у таблицях наведено результати аналізів, проведених у 2013 р. Визначення в динаміці потенційної активності азотфіксації в ризосферному ґрунті рослин картоплі свідчить про оптимізацію перебігу процесу у варіанті з внесенням 40 т/га гною. Застосування органо-мінерального удобрення тривалий час знижує активність (рис. 1). Мінеральні добрива в невеликій дозі стимулюють активність досліджуваного процесу, в середній — не змінюють показників у перший строк і стимулюють у фазі цвітіння і початку відмирання бадилля. Застосування високої дози мінеральних добрив призводить до пригнічення азотфіксації впродовж тривалого проміжку часу.

Мікробний препарат Біогран сприяє оптимізації екологічної ситуації в агроценозах з картоплею, що виявляється у зростанні азотфіксувальної активності. Проте це стосується лише варіантів з невисокою і середньою дозами мінеральних добрив. Використання Біограну по фоні 40 т/га гною практично не змінює показників. Ми пояснюємо це тим, що разом із гноєм до ґрунту надходить величезна кількість мікроорганізмів, які

створюють потужне конкурентне середовище для азотфіксувальних бактерій біопрепарату. За цих обставин позитивний ефект від інокуляції нівелюється. Застосування Біограну по фоні органо-мінерального удобрення хоча і сприяє деякому підвищенню активності азотфіксації в другий і третій строки проведення аналізів, все ж не дозволяє досягти показників, відмічених в інших варіантах. Отже, орієнтуючись на показники динаміки процесу азотфіксації можемо визнати екологічно несприятливими варіанти з найвищою дозою мінеральних добрив та органо-мінеральне удобрення. Вочевидь, висока концентрація сполук азоту в ґрунті зазначених варіантів репресує синтез ферментного азотфіксувального комплексу нітрогенази. Інші варіанти удобрення є екологічно доцільними.

Інтенсивність емісії закису азоту також є своєрідним показником благополуччя (чи неблагополуччя) агроценозів. Підвищення рівня газоподібних втрат азоту свідчить про надлишкову кількість азотних сполук у ґрунті. У досліді всі види і дози добрив призводять до збільшення втрат азоту (рис. 2).

Внесення 40 т/га гною призводить до значних втрат азоту практично впродовж усього вегетаційного періоду. За використання органо-мінерального удобрення ці втрати збільшуються. Мінеральні добрива

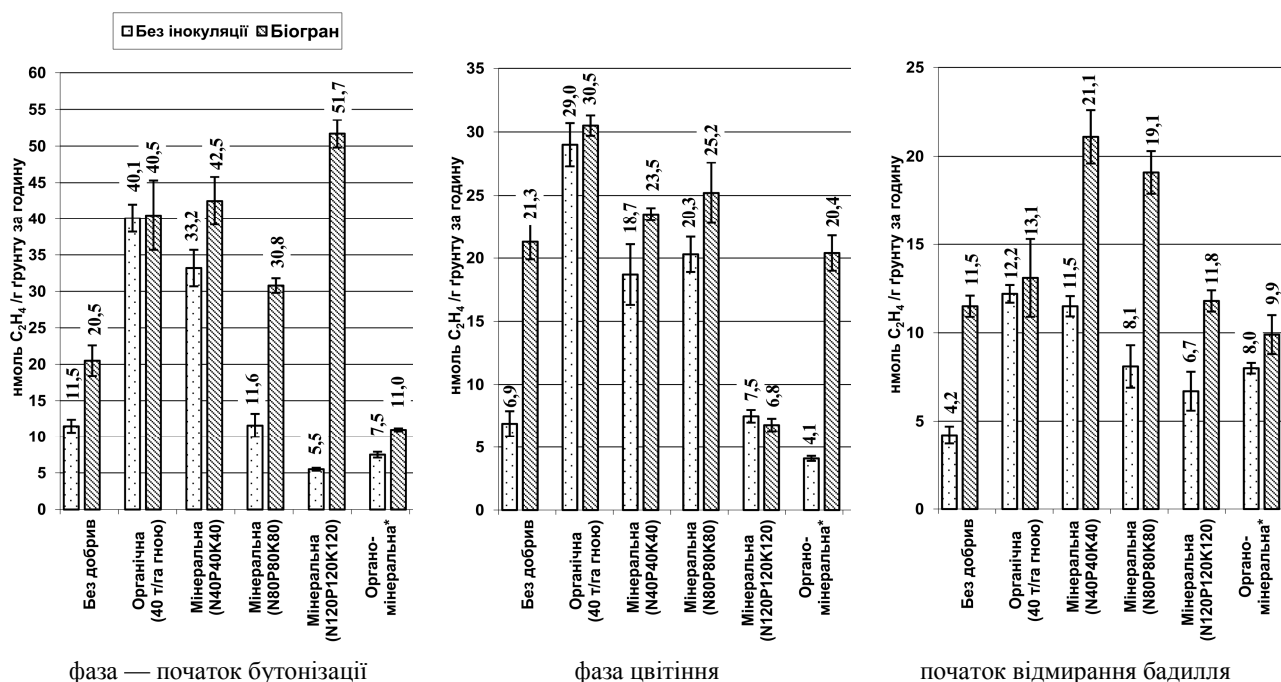


Рис. 1. Вплив бактеризації та добрив на нітрогеназну активність ризосферного ґрунту рослин картоплі сорту Белароза, 2013 р.

*Примітка: тут і далі — 40 т/га гною і N₈₀P₈₀K₈₀.

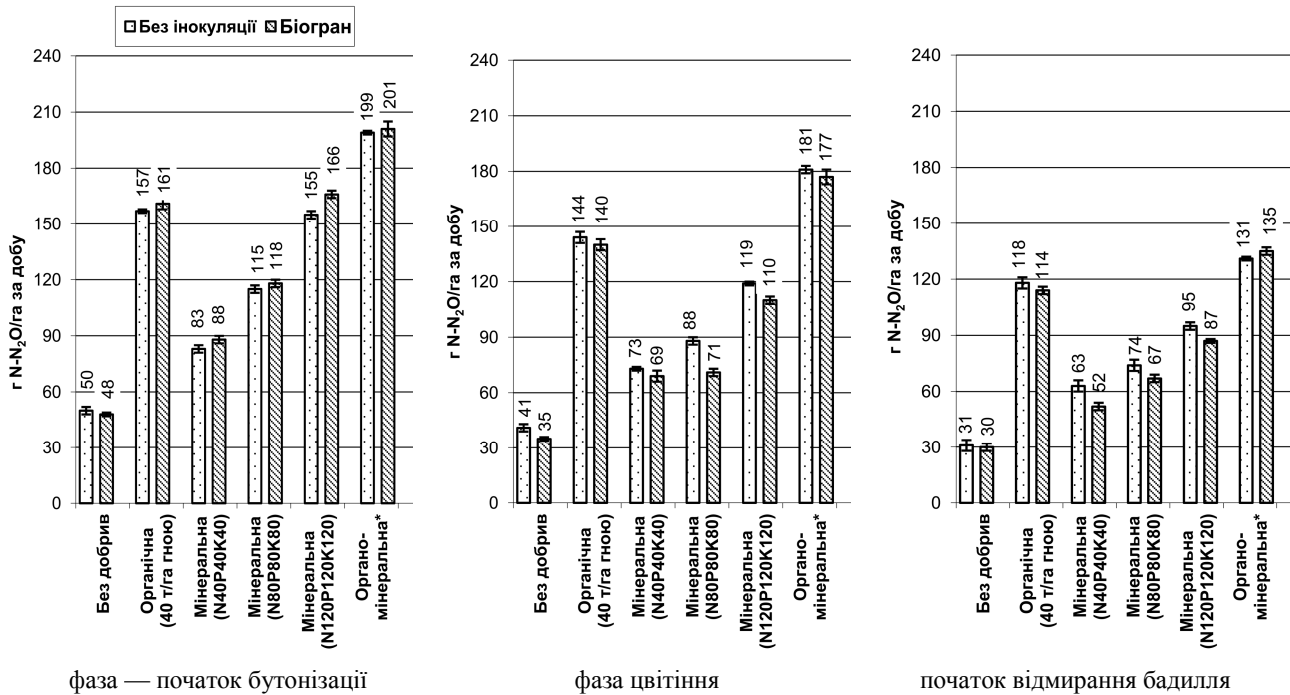


Рис. 2. Емісія N₂O з ґрунту під картоплею за впливу добрив та інокуляції, 2013 р.

стимулюють емісію N₂O пропорційно застосованим дозам.

Цікавим є вплив мікробного препарату на перебіг біологічної денітрифікації. Як бачимо з рис. 2, бактеризація дещо підвищує втрати газоподібних сполук азоту у всіх варіантах з добривами у перший строк відбору зразків. Починаючи з фази цвітіння, спостерігається зменшення емісії N₂O у варіантах з невисокою і середньою дозами мінеральних добрив.

Наприкінці вегетаційного періоду інтенсивність емісії газоподібних сполук азоту зменшується і у варіанті з підвищеною дозою туків. Цю особливість ми пояснюємо змінами концентрацій сполук азоту в ризосфері рослин у часі. Оскільки природа регулює вміст азоту в ґрунті, на початку вегетаційного періоду до процесу зменшення надлишкової кількості азоту в ґрунті «підключаються» інтродуковані в агроценоз мікроорганізми. Після оптимізації концентрації добрив ініційовані бактеризацією рослини картоплі, використавши для конструктивного метаболізму більшу кількість сполук азоту, створюють умови для прояву азотфіксуючої функції бактерій.

Сумарні показники втрат азоту внаслідок емісії N₂O наведено в табл. 1.

Отже, орієнтуючись на показники біологічної трансформації сполук азоту в ризосферному ґрунті рослин картоплі, перспек-

тивними є дози мінеральних добрив, що не перевищують N₈₀P₈₀K₈₀ у поєднанні з дією мікробного препарату.

Таблиця 1. Сумарні втрати азоту за вегетаційний період картоплі залежно від добрив та інокуляції, 2013 р.

Варіанти дослідів	N-N ₂ O, кг/га	
	без інокуляції	з інокуляцією
Без добрив, контроль	4,39	4,07
40 т гною	14,9	14,93
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	7,78	6,84
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	9,97	9,26
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	13,28	13,06
40 т гною + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	18,37	18,46

Визначення емісії CO₂ в динаміці демонструє високі показники у варіантах з внесенням гною — перевищення більше, ніж у два рази порівняно до контролю. Це спостерігається з деякими змінами впродовж усього вегетаційного періоду (рис. 3).

Висока активність емісії CO₂ на початку вегетаційного періоду відмічається у варіантах з мінеральними добривами. Надалі вона суттєво знижується, особливо за поєднання з бактеризацією.

Сумарні показники емісії вуглекислого

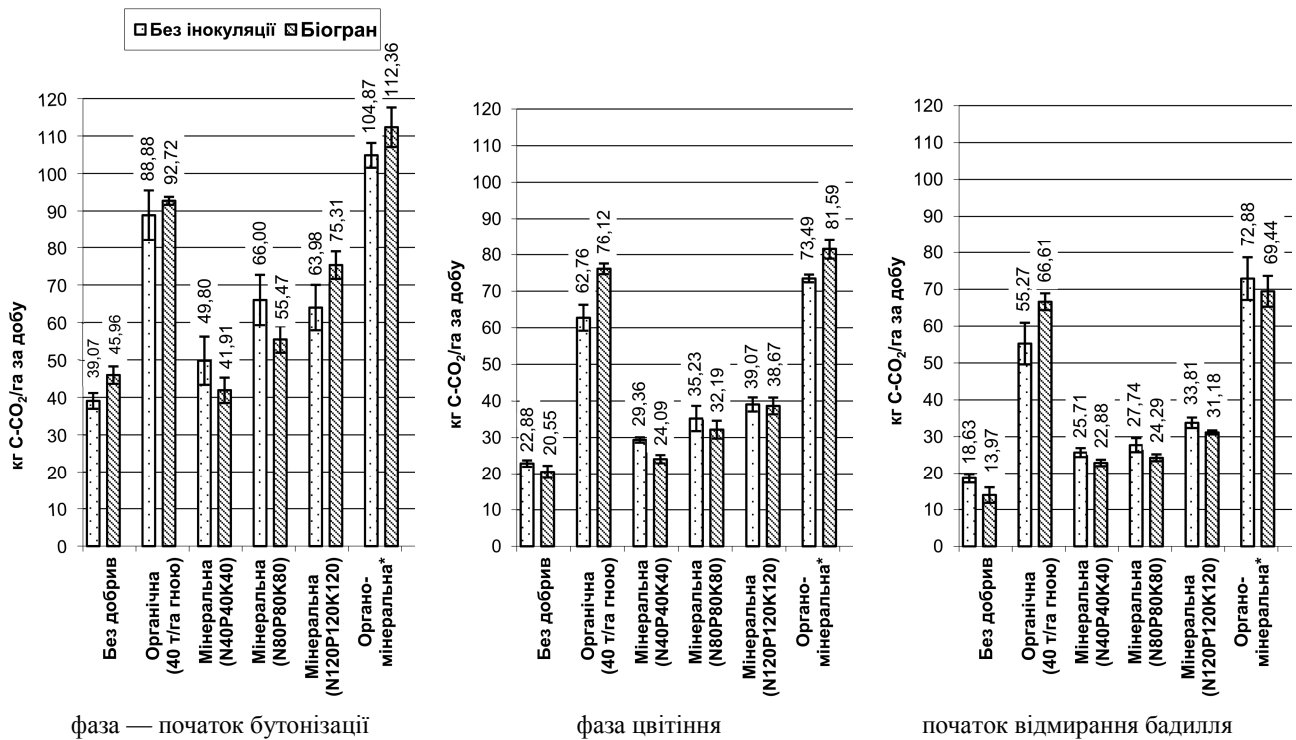


Рис. 3. Емісія CO₂ з ґрунту під картоплю за дії добрив та інокуляції, 2013 р.

газу за впливу добрив та інокуляції наведено в табл. 2. Можемо бачити зменшення показників за дії Біограну у варіантах з невисокою і середньою в досліді дозами мінеральних добрив. За внесення 40 т/га гною, орґано-мінерального удобрення та найбільшої дози мінеральних добрив інокуляція зумовлює зростання емісії вуглекислого газу.

Таблиця 2. Сумарна емісія CO₂ за вегетаційний період картоплі залежно від добрив та інокуляції

Варіанти досліді	Емісія С-СО ₂ , т/га	
	без інокуляції	з інокуляцією
Без добрив, контроль	8,62	8,6
40 т гною	22,13	25,19
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	11,22	9,51
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	13,79	11,97
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	14,64	15,53
40 т гною + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	26,88	28,18

Зменшення емісії CO₂ при застосуванні Біограну по відповідних агрофонах ми пояснюємо оптимізацією азотного живлення картоплі, що сприяє поглинанню вуглецю рослинами. Зростання показників у варіанті з найвищою в досліді дозою мінеральних добрив, на нашу думку, обумовлене інтенсив-

ними деструктивними процесами в агроценозі, у т. ч. можливо й мінералізацією гумусу. Як відомо, такі умови можуть складатися в ґрунті за надлишку зв'язаних сполук азоту і дефіциту органічної речовини. Збільшення емісії CO₂ при застосуванні інокулянту по фоні 40 т/га та за орґано-мінерального удобрення також може свідчити про підсилення мінералізаційних процесів.

Облік урожайності картоплі залежно від особливостей удобрення демонструє найбільше зростання показників по фоні органічного, орґано-мінерального удобрення та мінеральних добрив у дозі N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀. Внесення під картоплю N₄₀P₄₀K₄₀ забезпечує зростання урожайності культури на 34 %, N₈₀P₈₀K₈₀ — 50 %. Водночас, застосування Біограну на зазначених агрофонах є найефективнішим у досліді (табл. 3).

Інокуляція по фоні найбільшої в досліді дози мінеральних добрив забезпечує достовірне зростання показників, але приріст є значно нижчим порівняно з варіантами з меншими рівнями агрохімічного навантаження. Біогран при взаємодії з гноєм практично не змінює показників продуктивності культури. Підвищення урожайності від інокуляції при цьому є найнижчим у досліді. Вірогідно, інтродукція агрономічно корисних бактерій за цих умов зустрічає спротив мікроорганізмів, привнесених із гноєм.

Таблиця 3. Урожайність картоплі за дії добрив та біопрепарату

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га				Приріст від добрив*		Приріст від Біограну	
	2011 р.	2012 р.	2013 р.	середнє	т/га	%	т/га	%
<i>Без інокуляції</i>								
Без добрив (контроль)	17,4	18,3	12,9	16,2	–	–	–	–
40 т/га гною	31,3	32,0	20,7	28,0	11,8	72,8	–	–
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	23,4	24,3	17,3	21,7	5,5	34,0	–	–
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	24,7	27,3	20,9	24,3	8,1	50,0	–	–
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	31,4	33,3	24,3	29,7	13,5	83,3	–	–
40 т/га гною + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	33,8	34,3	24,4	30,8	14,6	90,1	–	–
<i>Інокуляція Біограном</i>								
Без добрив	18,9	20,1	13,4	17,5	1,3	8,0	1,3	8,0
40 т/га гною	31,7	32,9	20,8	28,5	12,3	75,9	0,5	1,8
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	25,8	27,6	19,7	24,4	8,2	50,6	2,7	12,4
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	27,7	29,9	22,6	26,7	10,5	64,8	2,4	9,9
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	32,9	35,0	25,9	31,3	15,1	93,2	1,6	5,4
40 т/га гною + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	34,6	35,7	25,5	31,9	15,7	96,9	1,1	3,6
НІР ₀₅ по досліді	1,87	1,08	2,82					
для агрофонів	1,08	0,76	1,99					
для інокуляції та взаємодії	0,76	20,1	1,00					

*Примітка: у т. ч. за поєднання з Біограном.

У той же час, інокуляція впливає на якісні показники отриманої продукції (табл. 4). Так, зокрема, зростає вміст крохмалю у бульбах картоплі. При цьому спостерігається зни-

ження вмісту нітратів у продукції. Ці особливості просліджуються у всі роки проведення досліджень.

Цікаві дані отримано по вмісту аскорбі-

Таблиця 4. Вплив удобрення та бактеризації картоплі на якісні показники продукції

Варіанти дослідів	Вміст крохмалю, %	Вміст NO ₃ ⁻ , мг/кг	Вміст аскорбінової кислоти, мг%
<i>Без інокуляції</i>			
Без добрив (контроль)	13,41±0,05	37,0±2,7	13,8±0,57
40 т/га гною	13,19±0,04	53,2±1,4	12,8±0,31
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	14,19±0,04	63,0±0,5	13,9±0,58
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	14,23±0,05	76,6±3,0	14,3±0,00
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	14,04±0,03	105,0±5,5	14,7±0,33
40 т/га гною + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	13,69±0,0	110,7±4,4	14,1±0,35
<i>Інокуляція Біограном</i>			
Без добрив (контроль)	13,46±0,03	36,8±0,5	14,8±0,18
40 т/га гною	13,25±0,03	51,7±2,8	14,7±0,35
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	14,34±0,0	59,7±0,8	14,6±0,70
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	14,47±0,0	67,5±1,0	15,7±0,33
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	14,17±0,01	83,2±3,6	16,2±0,07
40 т/га гною + N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	13,85±0,03	97,0±1,2	15,0±0,24

нової кислоти у продукції. Невисокий рівень її відмічено по фоні органічного удобрення. Показники суттєво зростають у варіантах з внесенням середньої і високої доз мінеральних добрив та за органо-мінерального удобрення. Особливою мірою це просліджується при застосуванні мікробного препарату.

Зростання вмісту вітаміну С цікаве не само по собі. Відомо, що шкідливість нітратів в організмі людини значною мірою може знешкоджувати аскорбінова кислота. Тож зростання її вмісту за зменшення кількості нітратів у бульбах, що відмічається в наших дослідях, є надзвичайно важливим показником.

Отже, згідно отриманих результатів, найменша доза мінеральних добрив є оптимальною з екологічних позицій, проте компроміс між екологічною доцільністю і продуктивністю культури свідчить про перспективність вибору $N_{80}P_{80}K_{80}$. Доцільним (хоча і з певним застереженням) є внесення 40 т/га гною під картоплю.

Для оптимізації екологічного стану агроценозів, підвищення продуктивності картоплі та покращення якості продукції перспективним у технологіях вирощування культури є використання мікробного препарату Біограну.

НАПРАВЛЕННОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОРНЕВОЙ ЗОНЕ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТА

**В. В. Волкогон¹, М. А. Журба¹,
С. Б. Димова¹, Л. Н. Токмакова¹,
Е. И. Волкогон¹, А. И. Проценко²**

¹Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

²Черниговский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»

В полевом стационарном опыте на черноземе выщелоченном исследована направленность биологических процессов (азот-

1. Кореньков Д. А. Вопросы агрохимии азота и экология / Д. А. Кореньков // Агрохимия. — 1990. — № 11. — С. 28–37.

2. Волкогон В. Биологическая трансформация азота. Направленность процессов при различных уровнях удобрения сельскохозяйственных культур / В. Волкогон. — Palmarium academic publishing, 2013. — 116 с.

3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / [И. В. Асеева, И. П. Бабьева, Б. А. Бызов и др.] ; под. ред. Д. Г. Звягинцева. — М. : МГУ, 1991. — 304 с.

4. Chamber measurement of surface-atmosphere trace gas exchange: numerical evaluation of dependence on soil, interfacial layer, and source/sink properties / Hutchinson G. L., Livingston G. P., Healy R. W., Striegl R. G. // Journal of geophysical research. — 2000. — Vol. 105, № 7. — P. 8865–8875.

5. Comparison of the closed-chamber and gas concentration gradient methods for measurement of CO₂ and N₂O fluxes in two upland field soils / Kusa K., Sawamoto T., Hu R., Hatano R. // Soil science and plant nutrition. — 2008. — Vol. 54, № 5. — P. 777–785.

6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. — [5-е изд., доп. и перераб.]. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

7. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. — Л. : Колос, 1972. — 456 с.

ORIENTATION OF BIOLOGICAL PROCESSES IN THE ROOT ZONE OF POTATO PLANTS UNDER THE INFLUENCE OF FERTILIZERS AND BIOLOGICAL PREPARATION

**V. V. Volkogon¹, M. A. Zhurba¹,
S. B. Dimova¹, L. M. Tokmakova¹,
K. I. Volkogon¹, O. I. Protsenko²**

¹Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

²Chernihiv branch of State Institution «Soil Protection Institute of Ukraine»

The paper covers the results of the orientation of different biological processes (nitrogen fixation, N₂O and CO₂ emissions) in the root

фиксации, эмиссии N_2O и CO_2) в корневой зоне растений картофеля при различных системах удобрения. Экологически целесообразным (хоть и с некоторым предостережением, учитывая высокий уровень эмиссии N_2O) является применение 40 т/га навоза КРС; доза минеральных удобрений $N_{40}P_{40}K_{40}$ оптимальна среди изученных, однако компромисс между экологическими требованиями и продуктивностью культуры свидетельствует о предпочтении внесения $N_{80}P_{80}K_{80}$. Высокие дозы минеральных удобрений ($N_{120}P_{120}K_{120}$), а также органо-минеральное удобрение (40 т/га навоза + $N_{80}P_{80}K_{80}$) приводят к высоким уровням эмиссии N_2O и CO_2 , а также сводят к минимуму активность азотфиксации. Для оптимизации экологического состояния почв агроценозов, увеличения продуктивности картофеля и улучшения качества продукции в технологиях выращивания культуры целесообразно использовать микробный препарат Биогран.

Ключевые слова: микробиологические процессы, удобрения, азотфиксация, эмиссия N_2O и CO_2 , картофель.

zone of potato plants under the different fertilization systems in a field experiment in stationary experiment on leached black soils. The application of 40 t/ha of cattle manure was shown to be more environmentally beneficial (although with some caution, due to the high level of N_2O emissions). The $N_{40}P_{40}K_{40}$ dose of fertilizers was shown to be optimal, while the balance between environmental requirements and crop productivity shows the practicability of application of $N_{80}P_{80}K_{80}$. High doses of fertilizers ($N_{120}P_{120}K_{120}$) and organic mineral fertilization (40 t/ha manure + $N_{80}P_{80}K_{80}$) had resulted in high levels of N_2O and CO_2 emissions and reduced nitrogen fixation activity. Application of biological preparation Biogran was shown to be efficient in the potato growing technology due to its proved ability to optimize the ecological condition of soils in agrocoenoses, increase productivity and improve the quality of potatoes.

Key words: microbiological processes, fertilizers, nitrogen fixation, N_2O emission, CO_2 emission, potatoes.