

УДК 631.86/87

## СПРЯМОВАНІСТЬ ПРОЦЕСІВ БІОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АЗОТУ В РИЗОСФЕРНОМУ ҐРУНТІ РОСЛИН КАРТОПЛІ ЗА ДІЇ БІОТИЧНИХ ТА АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ УДОБРЕННЯ КУЛЬТУРИ

**В. В. Волкогон, О. М. Бердніков, Л. М. Токмакова, К. І. Волкогон,  
Л. В. Потапенко, М. А. Журба, Н. П. Штанько, Н. В. Луценко**

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

*У польовому стаціонарному досліді на дерново-підзолистому ґрунті за показниками спрямованості процесів азотфіксації та біологічної денітрифікації визначено екологічно доцільні рівні й види удобрення картоплі, у т. ч. за поєднання з мікробним препаратом Біограном. Екологічно доцільним при вирощуванні картоплі є внесення 40 т/га гною великої рогатої худоби (хоча і з певним застереженням, зважаючи на високий рівень емісії  $N_2O$ ), мінеральних добрив у нормах, що не перевищують  $N_{90}P_{60}K_{120}$ , та використання проміжної сидерації. Застосування високої норми туків ( $N_{135}P_{90}K_{180}$ ) та органо-мінерального удобрення (40 т/га гною +  $N_{90}P_{60}K_{120}$ ) пригнічує процес азотфіксації і призводить до значних втрат газоподібних сполук азоту. Біогран сприяє зростанню активності азотфіксації і зменшенню емісії  $N_2O$  за використання по екологічно доцільних фонах мінеральних добрив та за поєднання з сидератом. Ефективність препарату нівелюється за внесення гною.*

Ключові слова: азотфіксація, денітрифікація, картопля, екологічна доцільність удобрення, проміжні сидерати, гній.

Системи удобрення сільськогосподарських культур, як правило, передбачають застосування значної кількості мінеральних та органічних добрив для забезпечення повноцінного продукційного процесу рослин. Проте існуючі агрохімічні рішення спрямовані переважно на відновлення продуктивних (трофічних) функцій і недостатньо враховують екологічну роль ґрунтів, закономірності змін їх біологічних властивостей за впливу добрив. Повною мірою це стосується удобрення такої культури як картопля, яка характеризується високими вимогами до рівня удобрення.

У зв'язку з цим метою наших досліджень було дослідження екологічної доцільності різних рівнів і видів добрив та мікробного препарату при вирощуванні картоплі за використання методів біотестування.

**Матеріали і методи.** Дослідження про-

водили в 2011–2015 рр. на дерново-підзолистому ґрунті ( $pH_{\text{сол.}}$  — 4,9; вміст гумусу — 1,1 %, рухомих форм фосфатів (за Кірсановим) — 179 мг  $P_2O_5$  / кг, обмінного калію — 70–90 мг  $K_2O$  / кг ґрунту) дослідного поля Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН (с. Прогрес) при вирощуванні картоплі сорту Малич в умовах стаціонарного польового досліді (короткоротаційна сівоzmіна: картопля – овес – люпин жовтий – жито озиме). Схеми досліді передбачала два блоки — без бактеризації та з використанням мікробного препарату Біограну, у кожному з яких застосовували різні рівні і види добрив:

1. Без добрив, контроль;
2. 40 т/га гною;
3.  $N_{45}P_{30}K_{60}$ ;
4.  $N_{90}P_{60}K_{120}$ ;
5.  $N_{135}P_{90}K_{180}$ ;

6. 40 т/га гною + N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>;

7. Проміжний сидерат (редька олійна після жита озимого).

Мікробний препарат Біогран (ТУ У 24.1-00497360-006) на основі *Azospirillum brasilense* 410 та фізіологічно активних речовин біогумусу рекомендовано при вирощуванні картоплі як чинник, що активно впливає на урожайність культури і якість продукції [1].

Раніше нами [2] запропоновано методологічні принципи обґрунтування фізіологічно (екологічно) доцільних норм азотного удобрення сільськогосподарських культур за визначення спрямованості процесів біологічної трансформації азоту в кореневій зоні рослин. Розроблено відповідну методику [3]. Визначивши в динаміці активність азотфіксації в кореневій зоні культурних рослин за вегетаційний період залежно від норм застосованих азотних добрив та порівнявши з показниками контрольного варіанту, фізіологічно (екологічно) доцільними можна вважати такі норми, за використання яких показники процесу є не нижчими за контрольні.

Додатковим, крім активності азотфіксації, тестом з'ясування доцільності застосування норм азотних добрив у технологіях вирощування сільськогосподарських культур є визначення активності емісії N<sub>2</sub>O в кореневій зоні рослин. При цьому надлишкові кількості азотних добрив забезпечать найбільші

втрати газоподібних сполук азоту. Порівнявши в динаміці показники перебігу емісії азоту і зіставивши їх з результатами визначення активності азотфіксації, можемо вибрати екологічно оптимальні та доцільні норми азотних добрив. При цьому необхідну кількість фосфорних і калійних добрив можна розрахувати за відомим принципом збалансованості до азотних.

У зв'язку з цим у досліді в динаміці вивчали потенційну активність азотфіксації [4] та потенційну активність біологічної денітрифікації (за емісією N<sub>2</sub>O) у ризосферному ґрунті рослин картоплі [5].

Визначали вміст нітратів та аскорбінової кислоти у продукції [6].

Проводили облік урожайності культури. Отримані результати обробляли статистично за використання методу дисперсійного аналізу [7].

**Результати та їх обговорення.** У ході досліджень встановлено, що нітрогеназна активність зростає у варіантах із внесенням гною, а також за використання сидератів (рис. 1). Упродовж вегетаційного періоду активність процесу суттєво вища порівняно з показниками контролю у варіанті з найменшою нормою мінеральних добрив. За внесення середньої в досліді норми мінеральних добрив високі значення нітрогеназної активності спостерігаються, починаючи з фази

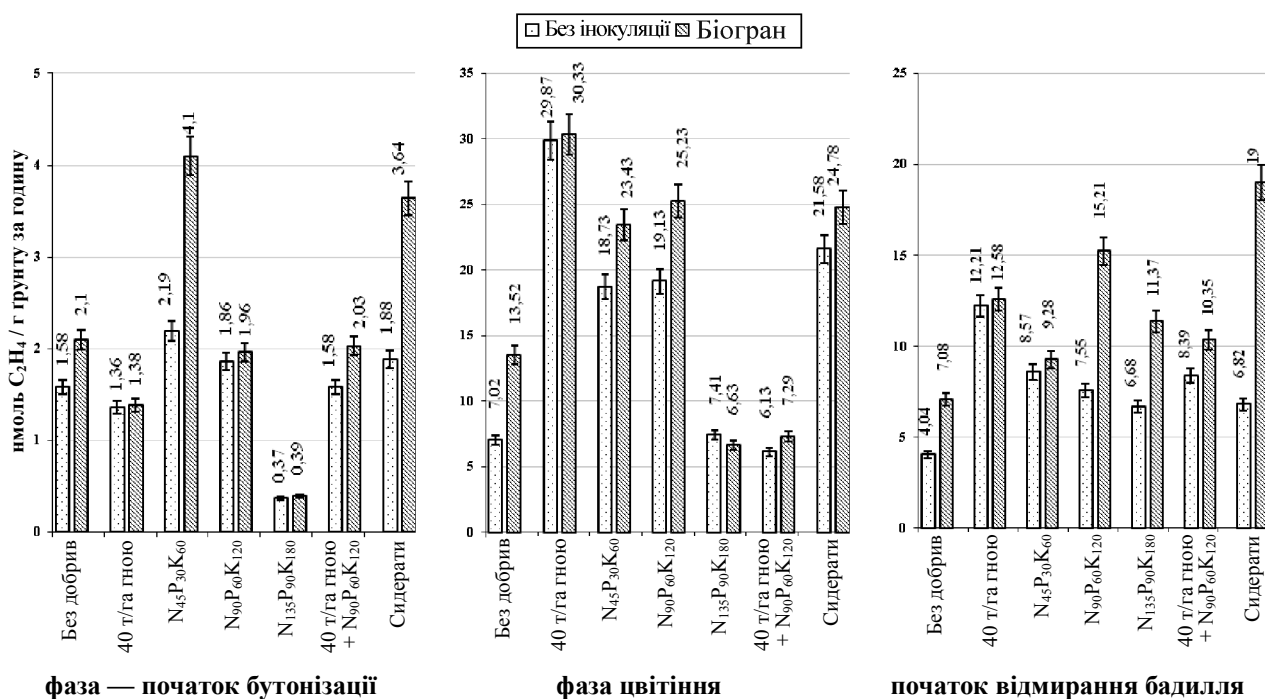


Рис. 1. Нітрогеназна активність ризосферного ґрунту рослин картоплі за впливу добрив та Біограну, 2014 р.

цвітіння. У варіанті з найвищою кількістю туків зростання активності відмічається лише наприкінці вегетаційного періоду. У варіантах з бактеризацією спостерігаються подібні залежності, проте абсолютні показники при цьому є значно вищими. Звертає на себе увагу активність азотфіксації у варіанті застосування зеленого добрива і Біограну. Показники при цьому є одними з найвищих у досліді.

На відміну від цього, поєднання гною з Біограном не забезпечує позитивного ефекту. Ми пояснюємо це тим, що з гном до ґрунту надходить величезна кількість мікроорганізмів, тобто здійснюється його своєрідна неспецифічна бактеризація. За цих умов інтродуковані в агроценоз мікроорганізми зустрічають спротив з боку бактерій і мікробіотів гною. На можливість своєрідної бактеризації ґрунту за внесення гною ще в 1896 р. вказував В. В. Докучаєв: «Несомненно, вместе с навозом вносятся в почву и бактерии, роль которых, по всей вероятности, не меньше вносимых удобрительных ве-

ществ» [8].

У той же час, сидеральна маса є слабо контамінованою мікроорганізмами, що вірогідно сприяє підсиленню вуглецевого забезпечення інтродукованих до агроценозу мікроорганізмів і підвищенню внаслідок цього активності процесу азотфіксації.

Визначення потенційної емісії  $N_2O$  з ризосферного ґрунту рослин картоплі демонструє її зростання по мірі збільшення норм мінеральних добрив. Найвищі показники газоподібних втрат азоту спостерігаються у варіанті з найбільшою нормою добрив. Високі показники спостерігаються також і за внесення гною та органо-мінерального удобрення (табл. 1).

Застосування мікробного препарату по-різному впливає на перебіг процесу біологічної денітрифікації. Так, по фоні невисоких агрофонів ( $N_{45}P_{30}K_{60}$  і  $N_{90}P_{60}K_{120}$ ) Біогран сприяє зменшенню газоподібних втрат азоту. Натомість, використання препарату по фоні найвищої в досліді норми мінеральних добрив призводить до збільшення активності

**Таблиця 1. Вплив добрив та Біограну на потенційну активність денітрифікації в ризосферному ґрунті рослин картоплі, нМоль  $N_2O$  / г ґрунту за 24 години, 2014 р.**

Варіанти удобрення	Фаза — початок бутонізації	Фаза цвітіння	Початок відмирання бадилля
<i>Без біопрепарату</i>			
Без добрив, контроль,	7,66±0,23	8,63±0,64	4,66±0,29
Гній, 40 т/га	13,35±1,30	15,89±0,75	12,23±0,97
$N_{45}P_{30}K_{60}$	10,32±0,74	10,49±0,32	6,80±0,52
$N_{90}P_{60}K_{120}$	13,24±0,25	11,59±0,95	8,63±0,49
$N_{135}P_{90}K_{180}$	15,03±0,83	13,43±0,71	11,06±1,43
40 т/га гною + $N_{90}P_{60}K_{120}$	14,75±1,07	17,15±1,17	15,83±1,91
Сидерати	10,94±0,42	10,31±0,55	9,09±1,45
<i>З Біограном</i>			
Без добрив	6,46±0,65	7,41±0,48	5,09±0,37
Гній, 40 т/га	13,43±0,99	15,93±2,00	11,95±0,96
$N_{45}P_{30}K_{60}$	8,54±0,70	9,34±0,61	5,52±0,84
$N_{90}P_{60}K_{120}$	13,99±0,59	10,31±0,24	6,46±1,05
$N_{135}P_{90}K_{180}$	16,19±1,24	14,18±0,66	15,79±0,67
40 т/га гною + $N_{90}P_{60}K_{120}$	16,00±1,33	18,32±0,90	13,14±0,32
Сидерати	9,60±0,56	7,93±0,92	7,49±0,40

емісії  $N_2O$ . Таку особливість ми пояснюємо специфікою функціонування інтродукованих в агроценоз діазотрофів (*A. brasilense*). Як відомо [9], азоспірили здатні здійснювати різні процеси трансформації сполук азоту, у т. ч. й денітрифікації. Оскільки природа є раціональною, за надлишку сполук азоту в ґрунті азотфіксувальна функція діазотрофів інгібується, натомість бактерії засвоюють азот із енергетично вигідніших субстратів — азотних неорганічних сполук, здійснюючи при цьому також і процес денітрифікації. Отже, додаткове забезпечення ґрунту азоспірилами за таких умов є небажаним. За внесення 40 т/га гною Біогран не впливав на перебіг процесу, а за органо-мінерального удобрення препарат сприяв деякому зростанню денітрифікаційної активності у перші фази органогенезу рослин.

За роками досліджень абсолютні показники спрямованості процесів біологічної трансформації відрізнялися, проте залежність активності від рівнів удобрення зберігалася.

Оскільки зростання активності азотфіксації порівняно з контрольними показниками є свідченням фізіологічного та екологічного благополуччя агроценозу (щодо рівня забезпеченості сполуками азоту), доцільними для вирощування картоплі агрофонами на дерново-підзолистому ґрунті є мінеральні добрива у нормах, що не перевищують  $N_{90}P_{60}K_{120}$ . Використання високої норми туків недоцільне з екологічних міркувань, оскільки нітрогеназна активність за цих умов відновлюється до показників контролю лише наприкінці вегетаційного періоду, а втрати газоподібних сполук азоту є одними з найвищих у досліді. Нераціональним при цьому є використання мікробного препарату. Недоцільним слід визнати також і органо-мінеральне удобрення, у т. ч. й за поєднання з Біограном, оскільки спрямованість мікробіологічних процесів за цих умов набуває небажаного характеру. Розуміючи привабливість органо-мінеральних агрофонів у сільськогосподарському виробництві (принаймні, з позицій збереження родючості ґрунтів), ми вважаємо, що норми азотних добрив при цьому повинні бути суттєво зменшеними.

Однозначно перспективним щодо опти-

мізації процесів біологічної трансформації азоту в ґрунті є використання зеленого добрива, особливо у поєднанні з Біограном.

Особливості удобрення картоплі мають суттєвий вплив на урожайність культури (табл. 2). Застосування гною сприяло зростанню продуктивності на 7,1 т/га (82,6%), зеленого добрива — на 6,1 т/га (70,9%). У той же час, поєднання сидерації з бактеризацією підвищує приріст урожаю до 105,8%.

Оптимальними агрофонами для взаємодії з інтродукованими в агроценоз мікроорганізмами є зелене добриво, невисока та середня в досліді норми мінеральних добрив. Біогран також сприяв суттєвому приросту урожаю у варіанті без добрив.

Найвищі прирости урожаю спостерігали за внесення найбільшої норми мінеральних добрив та за органо-мінерального удобрення. Проте ці самі агрофони не забезпечували високої ефективності біопрепарату.

Визначення вмісту крохмалю в продукції свідчить про зростання показників по всіх варіантах, за виключенням найвищої норми мінеральних добрив. Найбільший вміст крохмалю в бульбах відмічено по варіантах з використанням гною та органо-мінерального удобрення (табл. 3).

Біогран сприяє зростанню вмісту крохмалю при вирощуванні культури по мінеральних та сидеральному агрофонах.

Високий вміст нітратів у бульбах виявлено за вирощування культури по варіантах з гноєм та органо-мінеральним удобренням, найвищий — за внесення високої норми мінеральних добрив. Цікаво, що оптимальні з екологічних міркувань агрофони —  $N_{45}P_{30}K_{60}$  і  $N_{90}P_{60}K_{120}$  — не спричиняють надмірного накопичення нітратів — їх вміст навіть нижче контрольних значень. Цілком імовірно, що така ситуація складається як унаслідок оптимізації біологічних процесів за вказаних агрофонів, так і за рахунок своєрідного ефекту «розбавлення» через зростання урожайності культури. Біогран сприяє зниженню вмісту нітратів у продукції (за виключенням варіантів з гноєм).

Вміст аскорбінової кислоти збільшується по мірі інтенсифікації удобрення. Виключенням є варіант із сидератом. У продукції з цього варіанту показники суттєво більші за

Таблиця 2. Вплив добрив та бактеризації на урожайність картоплі сорту Малич

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га					Середня урожайність, т/га	Приріст			
	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.		від добрив		від бактеризації	
							т/га	%	т/га	%
<i>Без біопрепарату</i>										
Без добрив (контроль)	8,6	7,0	7,2	9,4	10,8	8,6	–	–	–	–
40 т/га гною	20,6	14,8	9,5	14,8	19,0	15,7	7,1	82,6	–	–
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	24,2	12,6	10,4	13,6	14,0	15,0	6,4	74,4	–	–
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	26,4	23,0	16,2	20,6	24,0	22,0	13,4	155,8	–	–
N <sub>135</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	34,0	30,4	22,0	23,6	24,6	26,9	20,2	234,9	–	–
40 т/га гною + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	30,2	29,0	24,6	30,2	26,0	28,0	19,4	225,6	–	–
Сидерати	–	15,2	9,1	15,6	18,7	14,7	6,1	70,9	–	–
<i>З Біограном</i>										
Без добрив	11,2	10,2	8,4	12,1	12,9	11,0	–	–	2,4	27,9
40 т/га гною	28,0	16,5	9,5	15,2	20,4	17,9	9,3*	108,1	2,2	14,0
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	26,8	17,0	12,4	16,4	16,0	17,7	9,1*	105,8	2,7	18,0
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	27,8	26,5	20,0	24,6	26,6	23,1	14,5*	168,6	1,1	5,0
N <sub>135</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	34,8	32,8	22,4	26,0	25,0	28,2	19,6*	227,9	1,3	4,8
40 т/га гною + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	33,4	31,0	25,2	31,8	27,5	29,8	21,2*	246,5	1,8	6,4
Сидерати	–	18,0	11,1	18,0	23,8	17,7	9,1*	105,8	3,0	20,4
НР <sub>05</sub> по досліді	2,50	1,42	1,52	2,35	1,81	1,92				
для агрофонів	1,20	0,80	1,09	1,20	1,10	1,08				
для інокуляції та взаємодії	1,30	0,50	1,24	1,34	1,16	1,11				

\*) у т. ч. від взаємодії з препаратом

відповідні значення контрольного варіанту. Застосування Біограну демонструє тенденцію до зростання вмісту вітаміну С практично по всіх варіантах дослідів.

Відомо, що шкідливість нітратів в організмі людини значною мірою може знешкодувати аскорбінова кислота. Тож зростання її вмісту за зменшення кількості нітратів у бульбах, що відмічається в наших дослідіах, є надзвичайно важливим показником.

Отже, за показниками прояву функціо-

нальної активності мікроорганізмів фізіологічно й екологічно доцільним на дерново-підзолистому ґрунті є вирощування картоплі за внесення 40 т/га гною, застосування сидератів та використання мінеральних добрив у нормах, що не перевищують N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>. Використання в технологіях вирощування картоплі мікробного препарату Біограну забезпечує приріст урожайності в межах від 16 % до 36 % залежно від агрофону, а також покращення якості продукції.

Таблиця 3. Вплив добрив та Біограну на якісні показники продукції картоплі

Варіанти удобрення	Вміст крохмалю, %	Вміст NO <sub>3</sub> , мг/кг	Вміст вітаміну С, мг %
<i>Без біопрепарату</i>			
Без добрив (контроль)	12,9	90,0	7,2
40 т/га гною	14,4	142,0	12,0
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	13,2	72,0	9,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	13,0	88,0	10,2
N <sub>135</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	12,4	216,0	14,0
40 т/га гною + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	14,0	142,0	12,6
Сидерат	13,2	74,0	12,0
<i>З Біограном</i>			
Без добрив	13,3	80,0	8,0
40 т/га гною	14,6	142,0	12,0
N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	14,0	72,0	10,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	14,2	88,0	11,0
N <sub>135</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	13,4	164,0	14,0
40 т/га гною + N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	14,5	120,0	12,6
Сидерат	14,0	70,0	12,8
НІР <sub>05</sub> по досліді	0,6	18	0,8
для агрофонів	0,3	10	0,5
для інокуляції і взаємодії	0,3	9	0,4

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

2. Волкогон В. В. Методологічні аспекти визначення екологічно доцільних доз мінерального азоту в землеробстві / В. В. Волкогон // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2006. — Спецвипуск, кн. 3. — С. 17–19.

3. Визначення фізіологічно (екологічно) доцільних доз мінерального азоту в технологіях вирощування сільськогосподарських культур (науково-методичні рекомендації) [І. В. Гриник, А. С. Заришняк, В. В. Волкогон та ін.]. — К., 2010. — 35 с.

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

5. Методы почвенной микробиологии и

биохимии : учебное пособие / [И. В. Асеева, И. П. Бабьева, Б. А. Бызов и др.] ; под ред. Д. Г. Звягинцева. — М. : Изд-во МГУ, 1991. — 304 с.

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

7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

8. Докучаев В. В. К вопросу об открытии при русских университетах кафедр почвоведения и учение о микроорганизмах / В. В. Докучаев // Избранные сочинения. — М. : Гос. изд. с.-х. литературы, 1948. — Т. 2. — С. 290–318.

9. Transformation of inorganic nitrogen by *Azospirillum spp.* / H. Bothe, B. Klein, M. P. Stephan, J. Dobereiner // Arch. Microbiol. — 1981. — Vol. 130, № 2. — P. 96–100.

## НАПРАВЛЕННОСТЬ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТА В РИЗОСФЕРНОЙ ПОЧВЕ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УДОБРЕНИЯ КУЛЬТУРЫ

**В. В. Волкогон, А. М. Бердников,  
Л. Н. Токмакова, Е. И. Волкогон,  
Л. В. Потапенко, М. А. Журба,  
Н. П. Штанько, Н. В. Луценко**

Институт сельскохозяйственной микробиологии  
и агропромышленного производства НААН,  
г. Чернигов

*В полевом стационарном опыте на дерново-подзолистой почве по показателям направленности процессов азотфиксации и биологической денитрификации определены экологически целесообразные уровни и виды удобрения картофеля, в т. ч. при использовании микробного препарата Биогран. Экологически целесообразным при выращивании картофеля является внесение 40 т/га навоза крупного рогатого скота (с определённым предостережением, учитывая высокий уровень эмиссии  $N_2O$ ), минеральных удобрений в нормах, не превышающих  $N_{90}P_{60}K_{120}$ , а также промежуточная сидерация. Применение высокой нормы туков ( $N_{135}P_{90}K_{180}$ ) и органоминерального удобрения (40 т/га навоза +  $N_{90}P_{60}K_{120}$ ) угнетает процесс азотфиксации и обеспечивает значительные потери газообразных соединений азота. Биогран способствует увеличению активности азотфиксации и уменьшению эмиссии  $N_2O$  при использовании по экологически целесообразным фонам минеральных удобрений и в сочетании с сидератом. Эффективность препарата нивелируется при внесении навоза.*

**Ключевые слова:** азотфиксация, денитрификация, картофель, экологическая целесообразность удобрения, промежуточные сидераты, навоз.

## TREND OF PROCESSES OF BIOLOGICAL TRANSFORMATION OF NITROGEN IN RHIZOSPHERIC SOIL OF POTATO PLANTS UNDER BIOTIC AND ABIOTIC FACTORS OF CULTURE FERTILIZATION

**V. V. Volkohon, O. M. Berdnikov,  
L. M. Tokmakova, K. I. Volkohon,  
L. V. Potapenko, M. A. Zhurba,  
N. P. Shtanko, N. V. Lutsenko**

Institute of Agricultural Microbiology and  
Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

*In the stationary field experiment on sod-podzolic soil in terms of the parameters of trend of processes of nitrogen fixation and biological denitrification, environmentally appropriate levels and types of fertilization of potatoes, including combination with microbiological drugs of microbial preparation Biogran were established. Placement of 40 t/ha of cattle manure (albeit with some cautions, given the high level of  $N_2O$  emission), mineral fertilizers normally not exceeding  $N_{90}P_{60}K_{120}$ , and using intermediate green manure is ecologically appropriate for potato cultivation. Use of a high rate of fertilizers ( $N_{135}P_{90}K_{180}$ ) and organic mineral fertilizer (40 t/ha of manure +  $N_{90}P_{60}K_{120}$ ) inhibits nitrogen fixation process and results in considerable losses of gaseous nitrogen compounds. Biogran contributes to increase in nitrogen fixation activity and reduction of  $N_2O$  emission under use in environmentally appropriate backgrounds of mineral fertilizers and under combination with green manure. Preparation efficacy is offset by manure.*

**Key words:** nitrogen fixation, denitrification, potato, ecological appropriateness of fertilization, intermediate green manure, manure.