

УДК 635.657:631.8

## СИМБІОТИЧНА АЗОТФІКСУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ НУТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ КУЛЬТУРИЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ

Г. М. Господаренко, І. В. Прокопчук, С. В. Прокопчук

Уманський національний університет садівництва  
вул. Інститутська, 1; м. Умань, Черкаська обл., 20305, Україна; e-mail: pivotbi@ukr.net

*Наведено результати досліджень впливу мінеральних добрив у поєднанні з інокуляцією азотфіксувальними бактеріями на симбіотичну азотфіксувальну здатність та продуктивність нуту на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України. Передпосівна бактеризація сприяла активному формуванню і функціонуванню симбіотичного апарату за умови, що фон азотних добрив не перевищував 60 кг/га. За дії мінеральних добрив як окремо, так і в поєднанні з інокуляцією насіння врожайність нуту підвищувалася на 10,8–15,2 ц/га порівняно з варіантом без добрив і без інокуляції.*

*Встановлено, що для отримання високих і стабільних урожаїв зерна нуту на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України з низьким вмістом азоту лужногідролізованих сполук і підвищеним вмістом рухомих сполук фосфору та калію, система його удобрення повинна передбачати застосування фосфорних і калійних добрив у дозі по 60 кг/га д. р. під основний обробіток ґрунту, а азотних — під передпосівну культивуацію. Насіння перед сівбою слід обробляти суспензією молібдату амонію та Ризобофіту.*

*Ключові слова: азотфіксувальні бактерії, нут, чорнозем опідзолений, мінеральні добрива, врожайність.*

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва важливого значення набувають технології отримання якісної продукції рослинництва з мінімальним застосуванням синтетичних препаратів і накопичення елементів живлення в ґрунті, насамперед азотовмісних органічних сполук. Тому актуальним є обґрунтування шляхів збільшення продуктивності симбіотичної азотфіксації та надходження біологічного азоту в рослини [1; 2].

Симбіотичній азотфіксації належить провідна роль у забезпеченні агроценозів біологічним азотом. Розширення її масштабів дозволить покращити родючість ґрунту, знизити енергетичні витрати у землеробстві та зменшити техногенне навантаження на довкілля [3; 4].

У ґрунтах України немає аборигенних бульбочкових бактерій нуту і рослини зазвичай не утворюють азотфіксувальних бульбочок, формуючи врожай завдяки автотрофному живленню азотом мінеральних сполук ґрунту та добрив. Іноді рослини утворюють поодинокі великі бульбочки за рахунок бактерій, які заносяться з насінням. Для збільшення продуктивності культури та родючості

ґрунту за рахунок азотфіксації насіння нуту перед сівбою слід обробляти біопрепаратами селекційних високоефективних штамів [5].

Розвиток азотфіксувальних бактерій на кореневих системах бобових культур стимулює молібден, який підвищує їх продуктивність на 15–35 % залежно від ґрунтово-кліматичних умов [6].

Інокуляція насіння зернобобових культур зменшує потреби у внесенні азотних добрив. За рахунок цього поліпшується азотне живлення і підвищується імунітет рослин до низки грибкових захворювань [7]. Продуктивність азотфіксації в агроценозах з нутом складає близько 100–120 кг/га [8; 9].

Внесення азотних добрив знижує ефективність симбіозу, зменшує кількість азотфіксувальних бульбочок та їхню масу [10]. У той же час, одним із головних чинників, що забезпечують стабільне живлення рослин і поліпшують агрохімічні показники ґрунту в агроценозах, є раціональна система удобрення. Для формування високого врожаю рослини нуту повинні бути забезпечені в усі фази розвитку, особливо в критичні періоди, врівноваженим складом елементів живлення

[11]. У зв'язку з цим мета досліджень полягала у визначенні впливу зростаючих доз азотних добрив на азотфіксувальну здатність та продуктивність нуту на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України, насіння якого було інокульоване азотфіксувальними бактеріями.

**Матеріали й методи.** Дослідження проводили впродовж 2011–2013 рр. на дослідному полі навчально-науково-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва. Ґрунт дослідних ділянок — чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. У шарі 0–20 см він має підвищений вміст гумусу (3,4 %), рухомих сполук фосфору (131 мг/кг) і калію (113 мг/кг), низький вміст азоту лужногідролізованих сполук (108 мг/кг), рухомих сполук сірки (8,7 мг/кг) і молібдену (0,15 мг/кг), реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН<sub>сол</sub> 5,4) (визначення за ДСТУ 4362:2004).

У досліді вирощували нут сорту Розанна. Площа дослідної ділянки складала 54 м<sup>2</sup>, облікової — 30 м<sup>2</sup>, повторення досліду триразове з рендомізованим розміщенням варіантів. Технологія вирощування нуту в досліді відповідала загальноприйнятій для Лісостепу України. Попередник — пшениця озима.

Добрива в досліді застосовували у ви-

гляді аміачної селітри, карбаміду, сульфату амонію, суперфосфату подвійного, калію хлористого та молібдату амонію. Як вапнувальний матеріал використовували дефекат дворічної витримки з умістом СаСО<sub>3</sub> 70 %, дозу внесення якого розраховували за гідролітичною кислотністю. Вивчали дію та взаємодію двох чинників: А — удобрення, В — інокуляція. Фосфорні, калійні добрива та дефекат вносили під зяблеву оранку, азотні добрива — під передпосівну культивуацію та позакоренево — у фазу утворення бобів нуту у вигляді 20 %-го розчину карбаміду. Обробку насіння суспензією Ризобофіту (на основі *Mesorhizobium ciceri* Н-12) із розрахунку 10<sup>6</sup> бактерій на насінину проводили за дві години до сівби.

Кількість та масу бульбочкових утворень на кореневій системі нуту визначали за методикою Г. С. Посипанова [12]; симбіотичну азотфіксацію розраховували за накопиченням азоту масою інокульованих рослин нуту [13]. Статистичну обробку даних проводили методом дисперсійного аналізу [14].

**Результати та обговорення.** Встановлено, що формування бульбочок на коренях рослин нуту істотно залежало від азотного живлення, а також від застосування бактеріального препарату (табл. 1).

Таблиця 1. Вплив мінеральних добрив та інокуляції на формування симбіотичного апарату рослин нуту у фазу цвітіння, 2011–2013 рр.

Варіанти досліді	Кількість бульбочок, од./рослину		Маса бульбочок, г/рослину	
	1	2	1	2
Без добрив (контроль)	3	6	0,07	0,18
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3	8	0,06	0,20
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	3	9	0,07	0,21
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> — фон	3	8	0,09	0,22
Фон + N <sub>30</sub>	3	10	0,07	0,25
Фон + N <sub>30</sub> S <sub>35</sub>	4	11	0,09	0,25
Фон + N <sub>60</sub>	4	10	0,09	0,24
Фон + N <sub>90</sub>	3	8	0,08	0,24
Фон + Мо + N <sub>30</sub>	4	13	0,08	0,30
СаСО <sub>3</sub> + фон + N <sub>30</sub>	4	15	0,08	0,32
СаСО <sub>3</sub> + фон + Мо + N <sub>30</sub>	4	16	0,08	0,33
СаСО <sub>3</sub> + фон + Мо + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	3	16	0,07	0,35

Примітка: 1 — без інокуляції; 2 — з інокуляцією.

Визначення загальної кількості та маси бульбочок дає змогу оцінити потенційні можливості симбіотичної фіксації азоту рослин нуту. У фазу цвітіння у варіантах з інокуляцією спостерігали суттєве збільшення кількості сформованих бульбочок на коренях рослин нуту. Найбільша кількість їх утворилась у варіантах з використанням Ризобофіту, зокрема на фосфорно-калійному фоні зі стартовими дозами азотних добрив і вапнуванням ґрунту.

У варіантах з інокуляцією насіння на фосфорно-калійному фоні кількість бульбочок збільшилась на 5 од./рослину, а їх маса на 0,15 г порівняно до контрольного варіанту. За внесення на фосфорно-калійному фоні азотних добрив у дозі 60 кг/га д. р. перевищення до контролю становило відповідно 7 од./рослину та за масою бульбочок — 0,17 г.

Внесення максимальної дози мінеральних добрив  $P_{60}K_{60} + N_{90}$  призводило до зменшення нодуляційної активності. При цьому маса бульбочок була на рівні варіанту  $P_{60}K_{60} + N_{60}$ . За внесення стартових доз азотних (30 кг/га д. р.), фосфорних і калійних добрив (по 60 кг/га д. р.), молібдату амонію та проведення вапнування ґрунту кількість бульбо-

чок збільшувалась на 13 од./рослину, а їхня маса зростала на 0,28 г порівняно з показниками контрольного варіанту (без проведення інокуляції).

Щодо інокуляції насіння нуту, то цей агрозахід був досить ефективним. Вона сприяла збільшенню кількості бульбочок та їх маси в усіх варіантах дослідження порівняно до контрольного варіанту. Мінеральні добрива меншою мірою впливали на формування бульбочок та їхню масу, порівняно з інокуляцією та їх сумісним застосуванням, проте серед видів добрив необхідно відмітити позитивний вплив азотних добрив, за умови, що їх доза не повинна перевищувати 60 кг/га д. р.

Для врахування ролі культури як накопичувача азоту в ґрунті важливим є визначення його вмісту в кореневих рештках рослин. Аналізуючи дані табл. 2 необхідно відмітити, що найбільшу частку азоту в кореневих рештках (від загального його вмісту в біомасі рослин) відмічено у варіанті без внесення мінеральних добрив — 77,7 кг/га або 43 %. За внесення лише фосфорних і калійних добрив накопичення азоту в кореневих рештках становило 74,0 кг/га, а частка від загального вмісту в біомасі зменшувалась на 6 % у порівнянні з контролем.

*Таблиця 2. Вплив удобрення та інокуляції на накопичення азоту в кореневих рештках нуту в шарі ґрунту 0–40 см (2011–2013 рр.)*

Варіанти дослідження	Азот в кореневих рештках, кг/га		Частка азоту кореневих решток від загального вмісту в біомасі, %	
	без інокуляції	з інокуляцією	без інокуляції	з інокуляцією
Без добрив (контроль)	77,7	102,7	43	45
$N_{60}K_{60}$	74,1	106,4	33	37
$N_{60}P_{60}$	76,5	113,7	32	37
$P_{60}K_{60}$ — фон	74,0	104,7	37	41
Фон + $N_{30}$	75,8	103,9	33	36
Фон + $N_{30}S_{35}$	78,4	118,7	32	37
Фон + $N_{60}$	73,6	105,7	30	34
Фон + $N_{90}$	77,1	113,8	30	36
Фон + $Mo + N_{30}$	73,4	110,4	30	35
$CaCO_3$ + фон + $N_{30}$	75,0	113,9	29	34
$CaCO_3$ + фон + $Mo + N_{30}$	75,1	114,4	29	34
$CaCO_3$ + фон + $Mo + N_{30} + N_{30}$	79,6	104,3	29	31

Поліпшення умов мінерального живлення за рахунок застосування стартових доз азотних добрив (30 кг/га д. р.) не впливало на накопичення азоту в кореневих рештках порівняно з контролем. За дози азотних добрив 60–90 кг/га д. р. в кореневих рештках накопичувалося 73,6–77,1 кг/га азоту, а частка його від загального вмісту в біомасі рослин нуту була меншою на 13 % порівняно з контрольним варіантом.

Найбільше накопичення азоту в кореневих рештках нуту відмічено у варіантах досліді фон + N<sub>30</sub>S<sub>35</sub> (78,4 кг/га) і CaCO<sub>3</sub> + фон + Mo + N<sub>30</sub> + N<sub>30</sub> (79,6 кг/га), та відповідно його частка становила 32 і 29 % від загального вмісту в біомасі.

Інокуляція насіння азотфіксувальними бактеріями та поєднання з досліджуваними дозами мінеральних добрив сприяла збільшенню накопичення азоту в кореневих рештках рослин нуту. У варіанті з проведенням лише інокуляції насіння цей показник зростає на 26,0 кг/га, а частка його була на 2 %

більшою порівняно з контрольним варіантом. Найменшу кількість накопиченого азоту виявлено у варіанті з внесенням стартової дози азотних добрив (30 кг/га д. р.) на фосфорно-калійному фоні — 25,6 кг/га, а частка його в загальному винесенні зменшувалась до 36 % (за показника на контролі 45 %).

У варіантах із вапнуванням ґрунту, внесенням фосфорних і калійних та стартових доз азотних (30 кг/га д. р.) добрив і молібдату амонію коренева система рослин нуту накопичувала від 104,3 до 114,4 кг/га азоту з часткою 31–34 % від загального вмісту в біомасі.

Отже, зі збільшенням дози внесення мінеральних добрив і проведення інокуляції насіння, частка накопиченого азоту в кореневих рештках рослин нуту зменшується.

Встановлено, що мінеральні добрива, а також інокуляція сприяли кращому формуванню врожаю зерна нуту. Як видно з даних табл. 3, в середньому за роки досліджень у варіанті без внесення добрив урожайність

Таблиця 3. Урожайність зерна нуту залежно від мінерального удобрення та інокуляції, ц/га

Варіанти досліді (чинник А)	Без інокуляції				З інокуляцією (чинник В)			
	2011 р.	2012 р.	2013 р.	середнє	2011 р.	2012 р.	2013 р.	середнє
Без добрив (контроль)	21,7	20,1	22,7	21,5	25,2	22,9	24,8	24,3
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	27,0	23,5	27,9	26,1	32,3	27,9	29,8	30,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	28,5	25,0	30,9	28,1	34,1	29,9	32,9	32,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> — фон	24,4	21,7	26,4	24,2	28,7	25,8	28,1	27,5
Фон + N <sub>30</sub>	27,5	24,6	30,5	27,5	33,1	29,6	31,9	31,5
Фон + N <sub>30</sub> S <sub>35</sub>	29,2	25,6	31,5	28,8	35,9	31,5	33,5	33,6
Фон + N <sub>60</sub>	29,3	26,5	32,9	29,6	35,1	31,3	35,5	34,0
Фон + N <sub>90</sub>	30,9	27,5	33,9	30,8	35,6	31,7	34,6	34,0
Фон + Mo + N <sub>30</sub>	29,7	26,6	31,5	29,3	35,7	32,0	34,0	33,9
CaCO <sub>3</sub> + фон + N <sub>30</sub>	30,1	27,5	34,9	30,8	37,1	32,0	37,6	35,6
CaCO <sub>3</sub> +фон+ + Mo + N <sub>30</sub>	30,4	27,4	35,2	31,0	37,5	32,4	38,0	36,0
CaCO <sub>3</sub> + фон + + Mo + N <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	31,8	28,4	36,7	32,3	38,0	32,6	39,5	36,7
НІР <sub>05</sub>	2011 р.	Чинник А — 0,7; В — 0,3; АВ — 1,0						
	2012 р.	Чинник А — 1,1; В — 0,4; АВ — 1,5						
	2013 р.	Чинник А — 0,9; В — 0,4; АВ — 1,3						

становила 21,5 ц/га, а за внесення  $P_{60}K_{60}$  підвищувалася на 2,7 ц/га. За використання азотних добрив у дозі 30–90 кг/га д. р. вона зроста на 5,8–9,2 ц/га до контролю. Найбільша врожайність була у варіантах із внесенням стартових доз азотних добрив і молібдату амонію на фосфорно-калійному фоні з вапнуванням ґрунту — без інокуляції 32,3 ц/га, а з її проведенням — на 4,4 ц/га вища.

Проведення передпосівної інокуляції сприяло підвищенню врожайності на 2,8 ц/га в контрольному варіанті без добрив. За поєднання внесення мінеральних добрив з інокуляцією врожайність зростала на 6,0–15,2 ц/га залежно від варіантів досліду.

Дослідженнями встановлено, що за поєднання передпосівної інокуляції насіння та різних доз мінеральних добрив приріст урожаю від інокуляції зі зростанням дози азотних добрив зменшувався. Так, у варіантах фон +  $N_{30}$  і фон +  $N_{60}$  приріст від інокуляції Ризобіфітом склав 15 %, тоді як у варіанті фон +  $N_{90}$  — лише 10 %. У варіантах із внесенням стартових доз азотних добрив і молібдату амонію на фосфорно-калійному фоні з проведенням вапнування ґрунту ( $CaCO_3$  + фон +  $N_{30}$ ,  $CaCO_3$  + фон +  $Mo$  +  $N_{30}$ ,  $CaCO_3$  + фон +  $Mo$  +  $N_{30}$  +  $N_{30}$ ) він склав 15, 16 і 14 % порівняно з контролем відповідно. Найбільшу прибавку врожайності одержано за використання азотфіксувальних бактерій у варіанті фон +  $N_{30}S_{35}$  — 17 %.

1. Розвадовський А. М. Інтенсивна технологія вирощування овочевого гороху / Розвадовський А. М. — К. : Урожай, 2000. — 40 с.

2. Ушкаренко В. О. Зрошуване землеробство / Ушкаренко В. О. — К. : Урожай, 1994. — 325 с.

3. Комок М. С. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої в залежності від виду біопрепарату / М. С. Комок, В. В. Волкогон, Л. В. Косенко // Сільськогосподарська мікробіологія. — 2010. — Вип. 11. — С. 7–19.

4. Нагорний В. І. Агротехнічне значення та роль сої в екологізації сільськогосподарського виробництва / В. І. Нагорний, Ю. А. Романько // Вісник Сумського НАУ. — 2009. — Вип. 11(18). — С. 79–83.

5. Бушулян О. В. Рекомендації з вирощування нуту в південному Степу України / О. В. Бушулян // Посібник Українського хлібороба. Науково-практичний щорічник. — К., 2012. — Т. 2. — С. 304–307.

6. Бабич А. О. Зернобобовые культуры / Бабич А. О. — К. : Урожай, 1984. — 96 с.

7. Господаренко Г. Особливості удобрення зернобобових / Господаренко Г. — The Ukrainian Farmer. — 2013. — № 2. — С. 66–68.

8. Січкарь В. Технологія вирощування нуту в Україні / В. Січкарь, О. Бушулян // Пропозиція. — 2001. — № 10. — С. 42–43.

9. Патыка В. Ф. Эффективность применения ризоторфина и азотных удобрений под сою на орошаемых землях юга Украины / В. Ф. Патыка // Агрохимия. — 1987. — № 12. — С. 37.

10. Дробышева Н. И. Влияние удобрений на образование клубеньков и урожай сои / Н. И. Дробышева // Агрохимия. — 2000. — № 2. — С. 59–61.

11. Михайлов В. Г. Реакция сортов и селекционных номерів сої на зміну умов середовища / В. Г. Михайлов, О. З. Щербина, Л. С. Романяк // Корми і кормовиробництво. — 2001. — № 47. — С. 27–29.

12. Посыпанов Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Посыпанов Г. С. — М. : Агропромиздат, 1991. — 299 с.

13. Пат. 2195104 Российская Федерация, А 01 G 7/00. Способ оценки азотфиксирующей способности бобовых культур / Сидорова К. К., Назарюк В. М., Кленова М. И. ; заявители патентообладатели Институт цитологи и генетики СО РАН, Институт почвоведения и агрохимии СО РАН. — № 2001109176/13, заявл. 05.04.2001 ; опубл. 27.12.2002.

14. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навчальний посібник / [В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікіщенко, С. П. Голубородько, С. В. Коковіхін]. — Херсон : Айлант, 2008. — 272 с.

## СИМБИОТИЧЕСКАЯ АЗОТФИКСИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ НУТА И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРЫ ПРИ РАЗНОМ УДОБРЕНИИ

Г. Н. Господаренко, И. В. Прокопчук,  
С. В. Прокопчук

Уманский национальный университет  
садоводства, г. Умань

*Приведены результаты исследований влияния минеральных удобрений в сочетании с инокуляцией азотфиксирующими бактериями на ассоциативную азотфиксирующую способность и продуктивность нута на чернозёме оподзоленном Правобережной Лесостепи Украины. Предпосевная бактериализация способствовала активному формированию и функционированию симбиотического аппарата при условии, что фон азотных удобрений не превышал 60 кг/га. Под действием минеральных удобрений как отдельно, так и в сочетании с инокуляцией семян урожайность нута повышалась на 10,8–15,2 ц/га по сравнению с вариантом без удобрений и без инокуляции.*

*Установлено, что для получения высоких и стабильных урожаев зерна нута на чернозёме оподзоленном Правобережной Лесостепи Украины с низким содержанием азота щёлочногидролизированных соединений и повышенным подвижных фосфора и калия, система его удобрения должна предусматривать применение фосфорных и калийных удобрений в дозе 60 кг/га д. в. под основную обработку почвы, а азотных — под предпосевную культивацию. Семена перед посевом следует обрабатывать суспензией молибдата аммония и Ризобофита.*

**Ключевые слова:** азотфиксирующие бактерии, нут, чернозём оподзоленный, минеральные удобрения, урожайность.

## SYMBIOTIC NITROGEN-FIXING ABILITY OF CHICKPEA AND PRODUCTIVITY OF CROP AT DIFFERENT FERTILIZATION

H. M. Hospodarenko, I. V. Prokopchuk,  
S. V. Prokopchuk

Uman National University of Horticulture, Uman

*Results of studying effect of mineral fertilizers in combination with inoculation with nitrogen-fixing bacteria on symbiotic nitrogen-fixing ability and chickpea productivity in podzolic black soil of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine have been shown. Pre-sowing bacterization contributed to the active formation and functioning of the symbiosis, provided that the background of nitrogen fertilizers did not exceed 60 kg/ha. Under the influence of mineral fertilizers both separately and in combination with seed inoculation, chickpea yield increased by 10.8–15.2 hwt/ha compared to the variant without fertilizers and without inoculation.*

*It was established that in order to obtain high and stable yields of chickpea seed in podzolic black soil of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine with low content of nitrogen of alkalihydrolyzing compounds and high content of mobile phosphorus and potassium, its fertilization system should include application of phosphate and potash fertilizers in the dose of 60 kg/ha during primary tillage, and nitrogen fertilizers — for presowing cultivation. Before sowing, seeds should be processed with the suspension of ammonium molybdate and Ryzobofit.*

**Key words:** nitrogen-fixing bacteria, chickpea, podzolic black soil, mineral fertilizers, productivity.