

УДК 579:631.461

ВПЛИВ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* І *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* НА ВЕРТИКАЛЬНУ МІГРАЦІЮ СПОЛУК БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

С. Ф. Козар, І. М. Пищур, В. М. Нестеренко

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

Представлено результати досліджень щодо втрат вологи, водорозчинного гумусу та сполук біогенних елементів за впливу передпосівної інокуляції насіння сої діазотрофами *Bradyrhizobium japonicum* і *Azospirillum brasilense*. Виявлено, що бактеризація сприяє зменшенню інтенсивності вимивання нітратів, сполук фосфору, калію, кальцію і магнію. При цьому найменші втрати біогенних елементів спостерігали у варіанті з сумісним застосуванням азотфіксувальних мікроорганізмів.

Відмічено, що за дії бактерій *B. japonicum* і *A. brasilense* збільшується вміст хлорофілів у листках рослин сої. Найвищу урожайність відмічено у варіанті з використанням змішаної культури бульбочкових бактерій і азоспірил.

Ключові слова: *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense*, соя, інокуляція, лізиметри, біогенні елементи.

Азотфіксувальні бактерії, розвиваючись у кореневій зоні рослин, здатні покращувати їхнє живлення, а також стимулювати ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Особливо ефективними є бульбочкові бактерії, які утворюють симбіотичні системи з різними бобовими культурами, у т. ч. з соєю [1]. Максимальну реалізацію потенціалу ризобіально-рослинних систем можливо досягти за врахування дії всіх абіотичних і біотичних факторів навколишнього середовища, одним із яких є вплив на симбіотичні діазотрофи асоціативних або вільноживучих азотфіксувальних бактерій.

Відомі результати досліджень окремих авторів, які свідчать про можливість стимулювання росту коренів і утворення бульбочок на рослинах сої за використання азоспірил спільно з інокуляцією різними штамми бульбочкових бактерій [2–4]. При цьому показано, що інтродуковані в агроценоз мікроорганізми можуть сприяти збільшенню довжини і сухої маси коренів, а також росту кореневих волосків. Посилений розвиток кореневої системи при застосуванні змішаної культури мікроорганізмів, на нашу думку, повинен забезпечувати зменшення втрат біо-

генних елементів з вертикальним током води по ґрунтовому профілю, що спостерігається за умов промивного типу водного режиму.

Метою нашої роботи було вивчення впливу передпосівної бактеризації насіння сої діазотрофами *Bradyrhizobium japonicum* і *Azospirillum brasilense* на інтенсивність вертикальної міграції поживних речовин за межі кореневмісного шару ґрунту.

Матеріали й методи. Вплив передпосівної бактеризації сої на вертикальну міграцію сполук біогенних елементів вивчали в умовах лізиметричної установки Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, яка має 48 секцій-лізиметрів, розміщених двома паралельними рядами по 24 лізиметри в кожному. Під ними встановлено посудини-приймачі для збирання інфільтрату. За конструкцією лізиметри — бетонні, насипного типу. Лізиметричні чарунки заповнені ґрунтом послідовно, починаючи з материнської породи з урахуванням потужності генетичного горизонту. Посівна площа лізиметричної чарунки 3,8 м². Шар ґрунту — 155 см, його маса — 10,5 т. Ґрунт у лізиметрах — дерново-підзолистий супіщаний з такою агрохімічною ха-

рактистикою орного шару (0–23 см): вміст гумусу за Тюрнім — 1,1 %; рН сольової витяжки — 5,5; гідролітична кислотність (за Каппеном) — 2,5 мг-екв. на 100 г; вміст P₂O₅ (за Кірсановим) — 170,0 мг; K₂O (за Масловою) — 62,0 мг на 1 кг ґрунту. Дослід із соєю сорту Легенда проводили в 2014 р. Повторність у досліді — чотирихразова. Схема досліді наведена в таблицях.

Вміст нітратів визначали дисульфифеноловим методом, амонійного азоту — з реактивом Неслера, водорозчинного P₂O₅ — за Кірсановим, K₂O — полум'яно-фотометричним методом, СаО і MgO — комплексометричним методом, водорозчинний гумус — за Тюрнім [5].

Збирання та облік урожаю здійснювали прямим методом. Статистичну обробку отриманих результатів проводили за Доспеховим [6]. Вміст хлорофілів *a* та *b* визначали спектрофотометричним методом [7].

У досліді використовували штами бактерій *B. japonicum* М-8 [8] і *A. brasilense* 410 [9]. Мікроорганізми отримано з Національної колекції корисних ґрунтових мікроорганізмів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН.

Досліджувані мікроорганізми вирощували в умовах періодичного культивування на мікробіологічній качалці при 220 об./хвилину та 28 °С. Посівну культуру *A. brasilense* вирощували у рідкому живильному середовищі такого складу (г/дм³): кукурудзяний екстракт — 30,0; меляса — 30,0; (NH₄)₂SO₄ — 0,10; KH₂PO₄ — 0,25; K₂HPO₄·3H₂O — 0,25; MgSO₄·7H₂O — 0,20; СаСО₃ — 0,30. Посівну культуру *B. japonicum* вирощували у рідкому живильному середовищі такого складу (г/дм³): відвар насіння гороху — 100; глюкоза — 10;

сахароза — 5; (NH₄)₂SO₄ — 1,0; KH₂PO₄ — 0,5; K₂HPO₄·3H₂O — 0,5; MgSO₄·7H₂O — 0,2; СаСО₃ — 0,3. Сумісне культивування бактерій *A. brasilense* та *B. japonicum* здійснювали, використовуючи живильне середовище для змішаного культивування бульбочкових бактерій і азоспірил [10].

Висловлюємо щирі вдячності авторам за люб'язно надані штами, а також співробітникам лабораторії агрохімії і родючості ґрунтів Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН за надану допомогу при проведенні досліджень.

Результати та їх обговорення. Проведені лізиметричні дослідження показали, що найбільші втрати вологи були у варіанті з вирощуванням сої без передпосівної бактеризації насіння. У варіантах з чистими культурами бульбочкових бактерій сої і азоспірил цей показник був меншим на 16 % (табл. 1). При застосуванні змішаної культури *B. japonicum* і *A. brasilense* втрати вологи були найменшими і склали 64,2 мм.

За результатами досліді встановлено, що як чисті, так і змішані культури діазотрофів сприяли зменшенню на 4,3–6,4 кг/га втрат водорозчинного гумусу порівняно з контролем. Найменші втрати азоту у вигляді нітратів відмічено у варіантах із сумісним використанням бульбочкових бактерій сої і азоспірил.

Бактеризація сприяла значному зменшенню втрат P₂O₅, K₂O і MgO. При цьому не виявлено значної різниці між варіантами з діазотрофами, які застосовували в чистій культурі та сумісно. Відмічено також зменшення інтенсивності міграції СаО за бактеризації сої у порівнянні з варіантом без бактеризації.

Таблиця 1. Втрати вологи, водорозчинного гумусу та біогенних елементів за варіантами досліді за гідрологічний рік, лізиметричний дослід з соєю

Варіанти досліді	Волога, мм	Втрати, кг/га					
		гумус водорозч.	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	СаО
Контроль (без бактеризації)	84,0	16,4	34,2	3,2	4,8	18,0	64,0
<i>B. japonicum</i> М-8	70,2	12,0	27,0	2,0	3,1	11,3	42,0
<i>A. brasilense</i> 410	70,4	10,0	27,6	2,4	3,0	11,4	42,0
<i>B. japonicum</i> М-8 + <i>A. brasilense</i> 410	64,2	12,1	25,0	2,2	3,0	11,5	42,0
НІР ₀₅	2,1	1,3	1,1	0,1	0,1	0,9	2,2

У цілому найменші втрати вологи, водорозчинного гумусу та біогенних елементів відмічено у варіанті з *B. japonicum* М-8 і *A. brasilense* 410. Це може свідчити про те, що застосування змішаної культури бульбочкових бактерій сої і азоспірил сприяє інтенсивнішому у порівнянні з використанням чистої культури бактерій залученню азоту та інших біогенних елементів до метаболічних процесів рослини.

Зменшення втрат біогенних елементів (зокрема, азоту) за дії бактеризації, вочевидь, впливає на якість живлення рослин, та завдяки цьому на перебіг метаболічних процесів у рослинному організмі. Нами вивчався вплив бактеризації на інтенсивність утворення у листках рослин сої хлорофілів, за участі яких відбувається процес фотосинтезу. Цей процес є ключовим в утворенні рослинами органічних речовин за дієнергії світла. Крім того, загальновідомим є той факт, що продук-

тивність сільськогосподарських культур значною мірою залежить від інтенсивності фотосинтезу.

Вплив передпосівної бактеризації насіння сої на загальний вміст хлорофілів *a* і *b* в листках сої визначали у фазі цвітіння. З даних, наведених на рис. 1, видно, що вміст пігментів збільшувався у варіантах з бактеризацією. Найбільший вплив мікроорганізмів на вміст хлорофілів *a* і *b* виявлено у варіантах зі змішаною культурою *Bradyrhizobium japonicum* М-8 і *Azospirillum brasilense* 410.

Облік урожайності сої засвідчив, що передпосівна інокуляція насіння бульбочковими бактеріями сприяла підвищенню продуктивності культури. Не виявлено істотного впливу *A. brasilense* 410 на урожайність. Найвищий приріст урожаю насіння сої щодо контролю відмічено у варіанті зі спільним застосуванням *B. japonicum* М-8 і *A. brasilense* 410 (табл. 2). При цьому сумісне застосу-

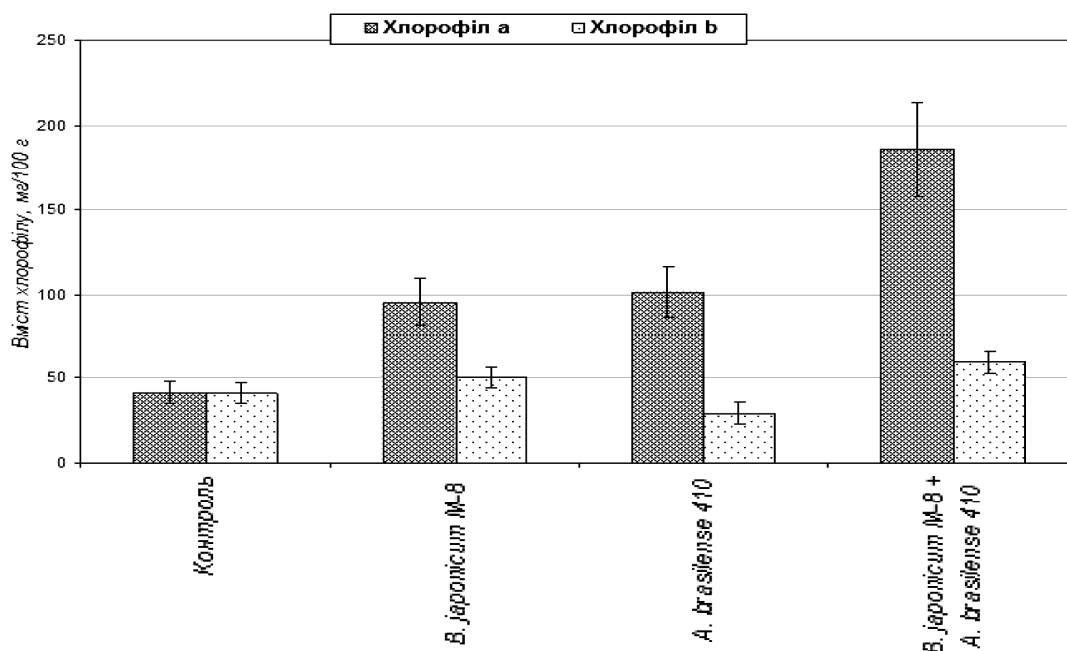


Рис. 1. Вплив передпосівної обробки насіння сої бульбочковими бактеріями та азоспірilläми на вміст хлорофілів у листках (лізиметричний дослід).

Таблиця 2. Вплив передпосівної бактеризації на урожайність зерна сої сорту Легенда, лізиметрична установка

Варіанти дослідження	Урожайність, т/га	Приріст урожайності	
		т/га	%
Контроль (без бактеризації)	1,94		
<i>A. brasilense</i> 410	2,07	0,13	6,8
<i>B. japonicum</i> М-8	2,29	0,35	18,1
<i>B. japonicum</i> М-8 + <i>A. brasilense</i> 410	2,73	0,79	40,7
НІР ₀₅	0,12		

вання бульбочкових бактерій і азоспірил сприяло підвищенню врожайності на 19,2 % порівняно з використанням чистої культури *B. japonicum*.

Таким чином, за використання *B. japonicum* і *A. brasilense* у технології вирощування сої відбувається істотне зменшення втрат вологи, водорозчинного гумусу та сполук біогенних елементів, а також підвищення вмісту хлорофілів *a* і *b* у листках рослин сої. При сумісному застосуванні бульбочкових бактерій і азоспірил спостерігається синергічний ефект щодо підвищення врожайності цієї зернобобової культури.

1. Микробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / [Волкогон В. В., Надкержична О. В., Ковалевська Т. М. та ін.] ; за ред. В. В. Волкогона. — К. : Аграрна наука, 2006. — 312 с.

2. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean coinoculated with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory systems / [Molla A. H., Shamsuddin Z. H., Halimi M. S. et al.] // *Soil Biology & Biochemistry*. — 2001. — Vol. 33. — P. 457–463.

3. Comparacion entre coinoculacion con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculacion simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulacion, crecimiento y acumulacion de N en el cultivo de soja / [Benintende S., Uhrich W., Herrera M. et al.] // *AgriScientia*. — 2010. — Vol. 27, № 2. — P. 71–77.

4. Enhanced soybean biomass by co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and plant growth promoting rhizobacteria and its effects on microbial community structures / [Thi Thi Aung, Banha

Buranabanyat, Pongdet Piromyou et al.] // *Afr. J. Microbiol. Res.* — 2013. — Vol. 7, № 29. — P. 3858–3873.

5. Аринушкина Э. В. Руководство по химическому анализу почв / Э. В. Аринушкина. — М. : Изд-во Московского ун-та, 1970. — 488 с.

6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — 5-е изд., доп. и перераб. — М. : Агропромиздат, 1985. — 351 с.

7. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. — К. : Наук. думка, 1976. — 334 с.

8. Пат. 39545 А Україна МПК6 С 12 N 1/20, С 12 R 1/41, С 05 F 11/08, А 01 N 63/00, А 01 P 21/00, А 01 C 1/06. Штам бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* М-8 Kirchner, який використовують для приготування бактеріального препарату, що підвищує урожайність сої / М. З. Толкачов, В. П. Патица, І. О. Каменева, Л. Ю. Грітчина ; заявник і патентовласник: Південний філіал Інституту сільськогосподарської мікробіології Української академії аграрних наук. — № 2000105680, заявл. 06.10.2000 ; опубл. 15.06.2001, бюл. № 5.

9. А. с. 1796603 СССР, МКИ С 05 F 11/08, С 12 N 1/12. Штамм бактерій *Azospirillum brasilense* для производства бактеріального удобрения под кострец безостый / [В. В. Волкогон, Н. Н. Мальцева, Л. И. Онищенко и др.]. — опубл. 23.02.93, бюл. № 7.

10. Пат. 103966 Україна, МПК С 05 F 11/08 (2006.01), С 12 N 1/20 (2006.01). Спосіб виготовлення бактеріального препарату для бактеризації сої / Козар С. Ф., Усманова Т. О., Євтушенко Т. А. ; заявник та патентовласник Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. — № а201209859, заявл. 15.08.2012 ; опубл. 10.12.2013, бюл. № 23.

ВЛИЯНИЕ *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* И *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ МИГРАЦИЮ СОЕДИНЕНИЙ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ

С. Ф. Козар, И. Н. Пищур, В. Н. Нестеренко

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

Представлены результаты исследований по потерям влаги, водорастворимого гумуса и биогенных элементов под влиянием предпосевной инокуляции семян сои диазо-

THE INFLUENCE OF *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* AND *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* ON THE VERTICAL MIGRATION OF NUTRIENTS AT SOYBEAN CULTIVATION

S. F. Kozar, I. M. Pyschur, V. M. Nesterenko

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

*The paper presents the research results of pre-sowing seeds bacterization with nitrogen fixing bacteria *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* influence on the loss of*

трофами *Bradyrhizobium japonicum* и *Azospirillum brasilense*. Выявлено, что бактеризация способствует уменьшению интенсивности вымывания нитратов, соединений фосфора, калия, кальция и магния. При этом наименьшие потери биогенных элементов наблюдали в вариантах с совместным применением азотфиксирующих микроорганизмов.

Отмечено, что под влиянием бактерий *B. japonicum* и *A. brasilense* увеличивается содержание хлорофиллов в листьях сои. Наивысшую урожайность отмечено в варианте с использованием смешанной культуры клубеньковых бактерий и азоспирил.

Ключевые слова: *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense*, соя, инокуляция, лизиметры, биогенные элементы.

moisture, water soluble humus and nutrients. It was shown that seeds bacterization reduces the leaching intensity of nitrates, phosphorus, potassium, calcium and magnesium. Moreover, the least losses of nutrients were observed in a variants with joint application of both studied nitrogen fixing microorganisms.

It was noted that seeds bacterization with *B. japonicum* and *A. brasilense* had promoted increase of chlorophyll content in the leaves of soybean plants. The highest yield was observed in the variant with the joint use of rhizobia and azospirillum.

Key words: *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense*, soybean inoculation, lysimeter, nutrients.