

**С. І. Колісник, С. Я. Кобак**, кандидати сільськогосподарських наук  
*Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН*

**С. В. Дідович, М. П. Саєнко**, кандидати сільськогосподарських наук  
*Інститут сільського господарства Криму НААН*

## **БАКТЕРІАЛЬНІ ДОБРИВА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ АЗОТНОГО І ФОСФОРНОГО ЖИВЛЕННЯ СОЇ, НУТУ, ГОРОХУ, ЧИНИ І СОЧЕВИЦІ**

*Показана можливість підвищення симбіотичної азотфіксації й продуктивності бобових культур на 13—30% шляхом застосування сумісної передпосівної бактеризації насіння біопрепаратами на основі бульбочкових бактерій і фосфатмобілізуючих мікроорганізмів в агроценозах України.*

**Ключові слова:** мікробні препарати, бульбочкові бактерії, фосфатмобілізуючі бактерії, ефективність.

Дослідження продуктивності біологічної фіксації атмосферного азоту і її ролі в азотному балансі ґрунту відноситься до актуальних задач сільськогосподарського виробництва. Першорядна роль у накопиченні біологічного азоту належить бобовим рослинам у симбіозі з бульбочковими бактеріями [1, 2, 3]. Широке застосування мікробних препаратів на основі цих бактерій роду *Rhizobium* в технологіях вирощування бобових культур для збільшення урожайності і якості отриманої продукції без застосування мінеральних азотних добрив потребує вивчення питання щодо пошуку шляхів підвищення продуктивності азотфіксації в агроценозах, враховуючи конкретні ґрунтово-кліматичні і агротехнічні умови для ефективного функціонування бобово-ризобіального симбіозу.

Одним із факторів, що може обмежувати симбіотичну азотфіксацію і знижувати продуктивність бобових рослин, є дефіцит фосфорного живлення [4]. З цієї точки зору особливої уваги заслуговують ґрунтові мікроорганізми, що характеризуються потенційною здатністю перетворювати важкорозчинні фосфати в доступну для рослин форму, і їх застосування в технологіях вирощування бобових культур.

У зв'язку з цим метою роботи було оцінити ефективність сумісного застосування біопрепаратів на основі штамів азотфіксувальних бульбочкових і фосфатмобілізуючих бактерій в технологіях вирощування сої, нуту, гороху, чини і сочевиці в різних еколого-географічних зонах України.

**Матеріали і методика досліджень.** Дослідження проводили в зонах Лісостепу та Степу України в 2006—2011 рр. в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН та Інституті сільського господарства Криму НААН. Ґрунти сірі лісові середньосуглинкові, чорноземні, орний шар яких (0—20 см) відзначався середньою або високою забезпеченістю обмінним калієм і рухомим фосфором та низькою або середньою – азотом, що легко гідролізується.

У польових дослідах використовували насіння сортів вітчизняної селекції сої (Феміда і Берегиня), нуту (Тріумф і Розанна), гороху (Харківський вусатий), чини (Сподіванка) та сочевиці (Лінда), які вирощували за сучасними зональними технологіями без використання протруйників і гербіцидів, бур'яни знищували механізовано. Урожай збирали прямим комбайнуванням з наступним перерахунком маси насіння на 100 % чистоту та 14 % вологість. Повторність дослідів була чотири- та шестиразова, варіанти розміщувалися систематично. Площа облікової ділянки складала 10, 25, 40 та 180 м<sup>2</sup>.

У досліді використовували мікробні препарати з колекції Інституту сільського господарства Криму НААН, Інституту мікробіології і вірусології НАН та інших установ: Ризобіфіт (на основі азотфіксуючого селекційного штаму ризобій, специфічному певній бобовій культурі), Фосфоентерин (на основі фосфатмобілізуючих бактерій), розроблених в Південній дослідній станції ІСМАВ НААН, Альбобактерин, Поліміксобактерин (на основі фосфатмобілізуючих мікроорганізмів), розроблених в Інституті сільськогосподарської мікробіології і агропромислового виробництва НААН.

Насіння перед сівбою у варіантах обробляли мікробними препаратами у дозах відповідно рекомендацій застосування або водною суспензією на основі фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, у контрольному варіанті – еквівалентною кількістю води – 2 % від маси насіння [5]. Ефективність бактеризації фосфатмобілізуючих препаратів оцінювали порівняно до варіантів з монообробкою Ризобіфітом та без бактеризації насіння.

Ефективність бобово-ризобіального симбіозу оцінювали у фазі цвітіння рослин за кількістю, масою і нітрогеназною активністю азотфіксуючих бульбочок [6]. Нітрогеназну активність аналізували ацетиленовим методом на газовому хроматографі «Chrom» 5 [6, 7]. Визначення структури врожаю проводилось у фазі повної стиглості бобових культур. Статистичну обробку отриманих результатів проводили методом дисперсійного аналізу.

**Результати досліджень.** Проведені спостереження в польових дослідженнях протягом 2006—2010 рр. на сої при вирощуванні її в зоні Лісостепу дали змогу виявити в усіх варіантах дослідів формування на коріннях

рослин азотфіксувальних бульбочок. Урожайність насіння сорту Феміда на ділянках контрольного варіанта у середньому за п'ять років була на рівні 2,03 т/га (табл. 1). Нітрагінізація забезпечила підвищення урожайності насіння на 0,12 т/га (6%). Обробка насіння бактеріальними препаратами та їх композиціями забезпечила приріст урожайності насіння сої сорту Феміда в межах 0,16—0,39 т/га порівняно з контролем без обробки насіння.

Оцінка ефективності сумісного застосування бактеріальних препаратів і штамів фосфатмобілізуєчої дії показала можливість отримання приросту урожайності насіння сої на рівні 0,04—0,27 т/га (1,9—12,6%) в порівнянні з варіантом, де проводилась інокуляція лише Ризобофітом. За результатами цих багаторічних досліджень максимальна урожайність насіння сої (2,23—2,42 т/га) була отримана при сумісному застосуванні Ризобофіту з штамом ФМБ, Поліміксобактерином, Фосфоентерином та Альбобактерином, що більше на 0,20—0,39 т/га або 9,9—19,2% порівняно з контролем та на 0,08—0,27 т/га або 3,7—12,6% порівняно до варіанта з монообробкою Ризобофітом.

**1. Вплив бактеризації насіння мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* і фосфатмобілізуєчих мікроорганізмів на урожайність насіння сої сорту Феміда, т/га (польові досліди на сірих лісових середньосуглинкових ґрунтах, зона Лісостепу (2006—2010 рр.))**

Варіант досліджу	Роки досліджень					Середнє
	2006	2007	2008	2009	2010	
Контроль (вода)	1,95	1,73	2,27	1,91	2,30	2,03
Ризобофіт (R)	2,15	1,81	2,35	1,98	2,43	2,15
R + Альбобактерин	2,41	1,88	2,37	2,04	2,44	2,23
R + Поліміксобактерин	2,33	1,86	2,62	2,03	2,60	2,28
R + Фосфоентерин	-	-	2,42	2,01	2,36	2,26
R + ФМБ	2,39	2,00	2,66	-	2,64	2,42
R + Вm К	2,22	1,77	-	-	2,57	2,19
R + Bs 5	2,14	1,83	2,58	2,02	2,45	2,20
R + B meg 501	2,30	1,80	2,37	2,02	2,48	2,19
НІР <sub>05</sub> т/га	0,088	0,086	0,097	0,056	0,061	-

Аналогічна залежність відмічена щодо впливу фосфатмобілізуєчих бактерій на урожайність насіння сої і за роками досліджень, проте її рівень відрізнявся. Це свідчить про те, що на ефективність застосування бактеріальних препаратів впливають гідротермічні умови року, що склалися у період вегетації рослин. Так, у 2008 та 2010 роках урожайність насіння сої становила відповідно 2,37—2,66 т/га та 2,36—2,64 т/га, тоді як у 2006, 2007 та 2009 роках вона була значно нижча і складала – 2,14—2,41 т/га, 1,77—1,86 т/га та 2,01—2,04 т/га.

Поряд з тим, проведені дослідження показали, що обробка насіння сої Ризобофітом забезпечила підвищення вмісту сирого протеїну на 3,1%

порівняно з ділянками контрольного варіанта (34,19%) (табл. 2). Застосування комплексної бактеризації азотфіксувальними і фосфатмобілізувальними бактеріями насіння сприяло підвищенню вмісту сирого протеїну на всіх варіантах на 0,04—1,52% порівняно з ділянками, де проводилась лише інокуляція насіння Ризобофітом.

**2. Вплив бактеризації мікробними препаратами на вміст сирого протеїну в насінні сої сорту Феміда, % (польові дослідження на сірих лісових середньо-суглинкових ґрунтах, зона Лісостепу, у середньому за 2006—2019 рр.)**

Варіант дослідження	Вміст сирого протеїну, %
Контроль (вода)	34,19
Ризобофіт (R)	37,29
R + Поліміксобактерин	38,30
R + Альбобактерин	38,16
R + Фосфоентерин	38,28
R + ФМБ	38,81
R + Bm K	37,33
R + Bs 5	38,00
R + B meg 501	38,59
HIP <sub>05</sub> , %	0,067

Аналіз отриманих експериментальних даних польових досліджень у 2008—2010 роках при вирощуванні нуту в умовах суходолу зони Степу свідчить про суттєвий вплив погодно-кліматичних умов на ефективність формування і функціонування бобово-ризобіальної системи. Слід відмітити, що в 2008 році у сортів Тріумф і Розанна на усіх варіантах сформувалося від 4,3 до 19,1 одиниць азотфіксувальних бульбочок (табл. 3). У 2009—2010 роках посушливі умови, негативно вплинули на бульбочкоутворення, зокрема, спостерігали формування поодиноких кореневих бульбочок, азотфіксувальна активність яких у 2009 році була на один-два порядки нижче в порівнянні із активністю бульбочок у 2008 році.

При цьому урожайність насіння нуту у сорту Тріумф на ділянках контрольного варіанта складала в середньому за три роки – 0,56 т/га, у сорту Розанна – 0,67 т/га. Нітрагінізація забезпечила підвищення урожайності насіння досліджуваних сортів відповідно на 0,23 т/га (41,1%) і 0,35 т/га (52,2%). Максимальна урожайність нуту сорту Тріумф (0,92 т/га) сформувалась за обробки його насіння Ризобофітом у поєднанні з Фосфоентерином, що більше на 0,36 т/га (64,3 %) відносно контролю та на 0,13 т/га (16,5 %) відносно моно інокуляції. Обробка насіння сорту Розанна мікробними препаратами на основі фосфатмобілізувальних бактерій сумісно з Ризобофітом було на рівні моноінокуляції Ризобофітом.

**3. Ефективність сумісного застосування біопрепаратів на основі бульбочкових бактерій *Mesorhizobium ciceri* і фосфатмобілізуючих мікроорганізмів а агроценозах нуту (польові досліді на чорноземі південному, суходіл, зона Степу, 2008—2010 рр.)**

Варіант досліді	Кількість бульбочок, од./рослину			Маса бульбочок, мг/рослину			Нітрогеназна активність, нМоль етилену за годину/рослину		Урожайність насіння, т/га			
	Роки											
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2008	2009	2010	середнє
Сорт Тріумф												
Контроль (вода)	7,4	0,2	0,6	1645	9	332	31449	198	0,59	0,66	0,43	0,56
Ризобіфіт (R)	7,1	1,1	1,3	1817	143	1007	18497	201	1,08	0,71	0,57	0,79
R + Фосфоентерин	13,7	0,2	3,4	2737	57	1324	22854	123	1,21	0,98	0,58	0,92
R + Поліміксобактерин	16,1	1,2	1,9	3160	229	1385	8497	184	0,83	0,59	0,60	0,67
R + Альбобактерин	14,1	4,7	3,7	1933	129	1010	14650	205	1,06	0,58	0,59	0,74
Сорт Розанна												
Контроль (вода)	4,3	0,1	0,9	1274	24	279	9181	58	0,91	0,57	0,53	0,67
Ризобіфіт (R)	9,2	3,8	4,5	995	43	507	23733	215	1,76	0,69	0,60	1,02
R + Фосфоентерин	7,3	0,4	2,9	1650	248	743	15529	184	1,61	0,73	0,77	1,04
R + Поліміксобактерин	6,7	0,9	2,6	1569	410	961	8790	199	1,85	0,64	0,65	1,05
R + Альбобактерин	19,1	1,8	2,5	2720	138	1040	10255	138	1,71	0,70	0,68	1,03
НІР <sub>05</sub>	2,70	1,70	0,8	700,0	327,3	504,3	10404	118	0,29	0,21	0,05	-

Поряд з тим, проведені польові дослідження в умовах степової зони на зрошенні показали, що передпосівна обробка Ризобофітом на основі специфічних бульбочкових бактерій для певного виду бобових культур забезпечила урожайність насіння сої сорту Березиня – 1,98 т/га, гороху сорту Харківський вусатий – 2,52 т/га, чини сорту Сподіванка – 2,1 т/га, сочевиці сорту Лінда – 1,15 т/га (табл. 4).

**4. Ефективність сумісного застосування біопрепаратів на основі специфічних до певних видів бобових культур бульбочкових бактерій і фосфатмобілізуєчих мікроорганізмів на сучасних сортах бобових культур (польові досліди на чорноземі південному, зрошення, зона Степу, 2011 р.)**

Варіант досліджу	Кількість бульбочок, од./рослину	Маса бульбочок, мг/рослину	Кількість бобів, шт./рослину	Маса зерен, г/на рослину	Урожайність насіння, т/га
<b>Соя сорту Березиня</b>					
Ризобофіт (R <sub>1</sub> )	9,4	625	23,1	6,6	1,98
R <sub>1</sub> + Фосфоентерин	14,3	814	21,0	7,1	2,13
R <sub>1</sub> + Поліміксобактерин	17,2	931	23,3	8,2	2,46
R <sub>1</sub> + Альобактерин	11,8	780	25,4	8,0	2,40
НІР <sub>05</sub>	-	-	2,92	0,66	0,29
<b>Горох сорту Харківський вусатий</b>					
Ризобофіт (R <sub>2</sub> )	36,2	312	4,5	3,6	2,52
R <sub>2</sub> + Фосфоентерин	28,4	348	4,0	3,2	2,24
R <sub>2</sub> + Поліміксобактерин	31,6	276	4,8	4,1	2,87
R <sub>2</sub> + Альобактерин	44,1	384	4,1	3,6	2,94
НІР <sub>05</sub>	-	-	0,75	0,79	0,20
<b>Чина сорту Сподіванка</b>					
Ризобофіт (R <sub>2</sub> )	26,5	198	12,2	4,2	2,10
R <sub>2</sub> + Фосфоентерин	29,3	264	12,4	4,7	2,35
R <sub>2</sub> + Поліміксобактерин	32,7	311	12,8	5,2	2,69
R <sub>2</sub> + Альобактерин	28,4	220	12,3	4,5	2,20
НІР <sub>05</sub>	-	-	0,80	0,54	0,42
<b>Сочевиця сорту Лінда</b>					
Ризобофіт (R <sub>2</sub> )	11,0	836	5,2	1,0	1,15
R <sub>2</sub> + Фосфоентерин	9,1	1312	5,4	1,1	1,23
R <sub>2</sub> + Поліміксобактерин	7,3	738	5,3	0,8	0,96
R <sub>2</sub> + Альобактерин	13,8	1411	5,7	1,0	1,18
НІР <sub>05</sub>	-	-	0,44	0,37	0,25

Примітки: 1 – Ризобофіт на основі *Bradyrhizobium japonicum*,  
2 – Ризобофіт на основі *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae*.

Оскільки інтегрованим показником рослинно-мікробної взаємодії є продуктивність рослин, то за результатами проведених досліджень в Степу

необхідно відмітити, що найбільш ефективним за вирощування сої та гороху було сумісне застосування Ризобофіту з Поліміксобактерином та Ризобофіту з Альбобактерином, що забезпечило максимальну урожайність насіння сої відповідно 2,46 та 2,40 т/га, гороху – 2,87 та 2,94 т/га; за вирощування чини ефективним було застосування Ризобофіту з Поліміксобактерином, що сприяло формуванню урожайності насіння на рівні 2,69 т/га; за вирощування сочевиці кращим варіантом виявилася бактеризація насіння Ризобофітом з Фосфоентерином, де отримано максимальну урожайність насіння сочевиці – 1,23 т/га.

**Висновки.** Експериментально доведено можливість підвищення ефективності симбіотичної азотфіксації на 13 – 30% і формування високопродуктивних посівів бобових культур за рахунок сумісної бактеризації насіння перед посівом біоудобрювальними препаратами на основі специфічних видів ризобій і фосфатмобілізуючих бактерій, що відкриває перспективи створення екологічно безпечних технологій вирощування сої, нуту, гороху, чини і сочевиці.

Виявлено, що на ефективність даних агрозаходів впливають гідротермічні умови року, що складаються у період вегетації бобових рослин.

#### **Бібліографічний список.**

1. *Бабич А. О.* Світове виробництво зернобобових культур для вирішення проблеми білка і біологічного азоту / А. О. Бабич // Матер. Міжнародної науково-практичної конференції „Оптимізація агроландшафтів: раціональне використання, рекультивация, охорона. – Дніпропетровськ, 2003. – С. 8—12.
2. *Січкач В. І.* Роль зернобобових культур у вирішенні білкової проблеми в Україні / В. І. Січкач // Корми і кормовиробництво. Міжвідомчий тематичний наук. зб. – Вінниця: Друк ТОВ ПЦ „Енозіс”, 2004 – Вип. 53. – С. 110—115.
3. *Петриченко В. Ф.* Бобові культури і сталий розвиток агроєкосистем / В. Ф.Петриченко, В. Ф. Камінський, В. П. Патики // Корми і кормовиробництво. Міжвідомчий тематичний наук. зб. – Вінниця: Тезис, 2003. – Вип. 51.– С. 3—6.
4. *Aloush G. A.* Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhiza effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil / G. A. Aloush, S. K. Zeto, R. B. Clark // J. Plant Nutr. – 2000. – Vol. 23, № 9. – P. 1351—1369.
5. Рекомендації з ефективного застосування / [С. І. Мельник, В. А. Жилкін, М. М. Гаврилюк та ін.]. – К., 2007. – 54 с. мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур
6. *Волкогон В. В.* Експериментальна ґрунтова мікробіологія / В. В. Волкогон, О. В., Надкернична, Л. М. Токмакові та ін. – К.: Аграрна наука. – 2010. – 464 с.
7. *Алисова С. М.* Методические указания по использованию ацетиленового метода при селекции бобовых культур на повышение симбиотической азотфиксации / С. М. Алисова, А. И. Чундерова. – Л., 1982. – 12 с.

**Колесник С. И., Кобак С. Я., Дидович С. В., Саенко Н. П.** Бактериальные удобрения для оптимизации азотного и фосфорного питания сои, нута, гороха, чины и чечевицы // Корми і кормовиробництво. – 2012. – Вип. 73. – С. 145—151.

Показана возможность повышения симбиотической азотфиксации и продуктивности бобовых культур на 13—30% путем применения совместной предпосевной бактериализации семян биопрепаратами на основе клубеньковых бактерий и фосфатмобилизирующих микроорганизмов в агроценозах Украины.

**Kolisnyk S. I., Kobak S. Y., Didovych S. V., Saenko N. P.** Bacterial fertilizers for optimization of nitric and phosphoric feeding of soybean, chickpea, pea, vetchling and lentils // Feeds and Feed Production. – 2012. – Issue 73. – P. 145—151.

Possibility of increasing symbiotic nitrogen fixation and productivity of legumes by 13-30% under joint pre-sowing seeds bacterization by biopreparations on the basis of nodule bacteria and phosphate mobilizing microorganisms is shown in agrocenosis of Ukraine.