

МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПРЕПАРАТИ РІЗНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДІЇ В АГРОТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ НУТУ

О. Л. Щигорцова, кандидат сільськогосподарських наук;

Кримський інститут агропромислового виробництва НААН України

С. В. Дідович, кандидат сільськогосподарських наук,

Південна дослідна станція інституту сільськогосподарської мікробіології НААН України

Г. Я. Віденська, ОП НУБ і П України „Кримський агропромисловий коледж”

Показана можливість вирощування нуту в агроценозах півдня України без пестицидів і мінеральних добрив шляхом застосування препаратів на основі селекційних штамів *M. ciceri*, фосфатмобілізуючих бактерій і мікроорганізмів – антагоністів фітопатогенів. Це може стати основою біологічної технології вирощування нуту для одержання екологічно безпечної продукції.

Ключові слова: нут, штами бактерій, симбіотична азотфіксація, бактеризація насіння, урожайність зерна.

Нут (*Cicer arietinum* L.) – одна з відомих культур світового землеробства, яка за площею посівів посідає третє місце в світі серед зернобобових після сої та квасолі. В Україні виробничі посіви нуту поки що незначні, але його посівні площі зростають з кожним роком, в зв'язку з певними біологічними особливостями цієї культури. Висока холодостійкість нуту поєднується із жаро- та посухостійкістю, рослини практично не вилягають, боби не осипаються, зерно не пошкоджується брухусом.

Зерно нуту характеризується низкою господарсько-корисних властивостей. Воно містить 19–30 % білка, 4–7 % жиру, 3,5–5 % клітковини, 2,8–3,7 % золи, багато вітамінів С, В, Д, Е і каротину. Білок нуту за амінокислотним складом близький до ідеального білка [1].

Рослини нуту в симбіозі з бульбочковими бактеріями утворюють бульбочки і здатні в умовах півдня України засвоїти за вегетацію до 80–150 кг/га молекулярного азоту та сформувати без застосування азотних добрив урожай зерна 20–25 ц/га.

Існують дані, що азотфіксуючий потенціал симбіозу бобових культур із присутніми у ґрунті ризобіями часто обмежується невисокою активністю бактерій або недостатньою їх кількістю у зоні пророслого насіння [2]. Тому обов'язковим агрозаходом у технологіях вирощування нуту має бути передпосівна обробка насіння біопрепаратами на основі селекційних штамів *Mezorhizobium ciceri*, що сприятиме інтродукції в ґрунті мікробіоценози високоефективних штамів ризобій нуту та підвищенню продуктивності рослин.

Доведено, що у процесі формування і функціонування бульбочково-ризобіального симбіозу рослини-живителі відіграють не менш активну роль, ніж бактерії [3]. Такі самі дані було одержано при вивченні господарської специфічності бульбочкових бактерій, тобто залежності від симбіотичної активності виду або сорту рослини. Отже, бобово-ризобіальний симбіоз слід розглядати як результат відповідності генотипів макро- і мікросимбіонта.

Нині в землеробстві широкого використання набувають препарати на основі корисних мікроорганізмів, які позитивно впливають на ріст, розвиток і мінеральне живлення рослин, здатні пригнічувати розвиток фітопатогенів, крім того, сприяють значному зниженню пестицидного навантаження на ґрунт [4]. У зв'язку з цим особливого значення набуває вивчення ефективності застосування даних мікроорганізмів з ризобіями для інтенсифікації симбіотичної азотфіксації і переходу до екологічно безпечних агротехнологій вирощування нуту.

Мета роботи – оцінити ефективність передпосівної бактеризації насіння бульбочковими бактеріями і мікроорганізмами різної функціональної дії в сучасних технологіях вирощування нуту на суходолі в зоні Степу України.

У дослідях використовували штами мікроорганізмів з колекцій Південної дослідної станції ІСГМ УААН, Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного, ВІСГМ РАСГН (Санкт-Петербург, Росія), ІТІ „Біотехніка”; сучасні сорти нуту селекції Селекційно-генетичного Інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення УААН.

Дослідні ділянки ПДС ІСГМ УААН, ОП НУБ і П України „Кримський агропромисловий коледж” розташовані в помірному передгірному агрокліматичному районі Криму, дослідні ділянки Кримського інституту АПВ – у центральній степовій зоні Криму.

Кількість бульбочкових бактерій в ґрунті визначали в шарі 0–15 см модифікованим методом Красільнікова-Кореняко на стерильних проростках нуту [5]. Ґрунт – чорнозем південний, орний шар якого (0–20 см) відзначається високою або середньою забезпеченістю обмінним калієм і рухомим фосфором (за Мачигінім); середньою – азотом, що легко гідролізується (за ГОСТом 26213-91). Агрохімічні рівні забезпечення ґрунтів азотом, фосфором і калієм визначали за І. Я. Половицьким та ін. [6].

У польових дослідах нут вирощували із застосуванням сучасної зональної технології [1]. За 1–2 години до висіву насіння контрольного варіанту зволожували водою (1–2 % від маси), в інших варіантах його обробляли водною суспензією семидобової культури штаму *M. ciceri* 065 із розрахунку 10^6 бактерій на насінину сумісно зі штамми в дозах відповідно до рекомендацій по їх застосуванню. Фунгіцид вітавакс 200 ФФ наносили на насіння одночасно з бульбочковими бактеріями із розрахунку 3 л/т.

Мінеральні азотні добрива, гербіциди не застосовували, бур'яни знищували механічними знаряддями і вручну. Облікова площа ділянок 4,2–60 м² у 4-х повтореннях із рендомізованим розміщенням варіантів.

Для визначення ефективності бобово-ризобіального симбіозу в період найбільшої фізіологічної активності рослин, у фазі цвітіння відбирали по 10 рослин у чотирьох повтореннях кожного варіанту досліду для визначення кількості, маси та нітрогеназної активності бульбочок. Нітрогеназну активність аналізували ацетиленовим методом на газовому хроматографі „Chrom” 5 [7].

Збирали урожай зерна прямим комбайнуванням або вручну в снопи. Отриману масу зерна перераховували на 100 % чистоту та 14 % вологість. Вміст сирого протеїну в зерні визначали за ГОСТом 13496.4-93. Статистичну обробку отриманих результатів проводили методом дисперсійного аналізу.

Вивчення ефективності симбіозу перспективних штамів *M. ciceri*, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов півдня України, з сортами нуту Тріумф та Розанна проводили у різних агрокліматичних районах південного Степу. Дослідження, проведені у 2005–2007 рр. на чорноземі південному у передгірному агрокліматичному районі, показали, що у контрольних варіантах були виявлені поодинокі бульбочки, сформувалися вони в результаті симбіозу рослин нуту з ризобіями епіфітної мікрофлори насіння (табл. 1).

Як свідчать дані, передпосівна інокуляція штамми *M. ciceri* насіння сорту Тріумф забезпечила утворення активних азотфіксуючих кореневих бульбочок – в середньому від 4-х до 10-ти одиниць і біомасою від 272 до 730 мг на рослину. Показники азотфіксуючої активності бульбочок суттєво не відрізнялися між собою. Застосування виробничого штаму *M. Ciceri* 527 забезпечило збільшення урожайності зерна цього сорту в середньому на 0,51 т/га (23,3%) порівняно з контролем. Високоєфективний симбіоз рослини формували зі штамми *M. ciceri* Н-12, НС-6 та 068, що дало можливість отримати більше зерна – в середньому на 0,26–0,33 т/га порівняно з варіантом використання виробничого штаму 527.

У 2008 р. дослідження проводили у центральній степовій зоні Криму на чорноземі південному на фоні інтродукованої раніше популяції ризобій нуту щільністю 10^2 бульбочкоутворюючих одиниць (БУОД)/г. Вперше було оцінено симбіотичну азотфіксацію чотирьох штамів *M. ciceri*, виділених з бульбочок нуту в 2005 р. За даними вегетаційних дослідів їх охарактеризували як високоєфективні в симбіозі з сортом Розанна порівняно з виробничим штамом *M. ciceri* 527.

В усіх варіантах досліду на коренях нуту формувалися азотфіксуючі бульбочки (табл. 2). При інокуляції виробничим штамом 527 кількість бульбочок, їх біомаса і нітрогеназна активність переважали контроль без інокуляції – в 1,5; 1,9 і 8,3 раза відповідно, що дало можливість збільшити на 17,9% масу зерна з рослини, підвищити вміст „сирого” протеїну на

1. Ефективність симбіотичної азотфіксації штамів *M. ciceri* з нутом сорту Триумф (середнє за 2005–2007 рр.)

Варіант досліджу	Кількість бульбочок, од./рослину				Маса бульбочок, мг/рослину				Н.А*, нМоль етилену на рослину за годину				Урожайність зерна, т/га			
	фаза цвітіння рослин															
	2005 р.	2006 р.	2007 р.	серед-не	2005 р.	2006 р.	2007 р.	серед-не	2005 р.	2006 р.	2007 р.	серед-не	2005 р.	2006 р.	2007 р.	серед-не
Контроль без інокуляції	0,6	0,1	0,1	0,3	90	8	6	35	341	0	0	114	3,03	1,90	1,66	2,19
527	4,6	8,9	1,0	4,8	720	730	49	450	5749	3758	664	3390	3,36	2,77	1,96	2,70
Н-12	6,4	2,6	2,0	3,7	440	250	125	272	1849	2301	598	1583	4,07	2,91	2,00	2,99
ПН-12	13,7	12,2	2,0	9,3	1160	891	139	730	4331	5171	500	3434	4,06	2,80	1,40	2,75
Н-14	2,6	10,3	4,0	5,6	370	741	247	453	3824	4341	435	2867	3,77	2,91	1,44	2,71
Н-18	6,7	11,1	6,1	8,0	560	695	537	597	6103	5157	468	3909	3,25	2,59	1,51	2,45
Н-22	3,3	9,6	7,6	6,8	770	616	569	652	6724	1704	544	2991	3,23	2,52	1,77	2,51
НС-6	9,4	12,1	6,9	9,5	910	528	287	575	3736	2972	566	2425	4,26	2,91	1,93	3,03
065	12,8	9,1	4,1	8,7	780	525	222	509	6028	2811	544	3128	3,41	2,73	1,83	2,66
068	1,4	9,6	9,5	6,8	200	705	390	432	1760	3292	594	1882	3,27	3,32	2,29	2,96
075	4,8	8,3	6,5	6,5	410	618	360	463	2089	2840	594	1841	3,53	2,63	2,21	2,79
НІР ₀₅	3,7	2,5	1,4		310	400	400		2470	2964	160		0,50	0,47	0,30	

* Н.А. – нітрогеназна активність.

1,4% і урожайність зерна на 0,65 т/га порівняно з варіантом без нітрагінізації.

За рахунок інокуляції насіння штамами *M. ciceri* 1305 і 1905 вдалося збільшити урожайність зерна нуту – на 0,13–0,47 т/га порівняно з контролем. Застосування штаму 1305 сприяло збільшенню кількості бобів на рослині – на 14,0%, маси зерна з рослини – на 6,1% і вмісту „сирого” протеїну – на 2,3%, проте цей варіант за урожайністю зерна поступався варіанту з виробничим штамом 527.

Забезпечивши взаємодію фіто- і ризобіосимбіонтів, необхідно створити сприятливі умови для реалізації генетичного азотфіксуючого потенціалу симбіотичної азотфіксації.

У 2008–2009 рр. у виробничих дослідах на чорноземі південному у зоні передгірного Криму вивчали ефективність сумісної передпосівної бактеризації насіння трьох сучасних сортів нуту високотехнологічним штамом *M. ciceri* 065 з біопрепаратами і мікроорганізмами різної функціональної дії на фоні ґрунтової популяції ризобій нуту щільністю 10^2 БУОД/г.

При вивченні трьох сортів нуту Тріумф, Розанна і Александрит ми виявили різницю щодо симбіотичних показників за роками.

Рослини сорту Тріумф в усіх варіантах сформували від 7,6 до 16,1 азотфіксуючих бульбочок (табл. 3), у 2009 р. посушливі умови негативно вплинули на бульбочкоутворення, зокрема, спостерігали формування поодиноких корневих бульбочок, азотфіксуюча активність яких була на один-два порядки нижче порівняно із активністю бульбочок у 2008 р. Щодо сортів нуту Розанна і Александрит, спостерігали аналогічну картину.

Урожайність насіння нуту сорту Тріумф у контролі становила в середньому за два роки 0,63 т/га, нітрагінізація забезпечила збільшення урожайності насіння – на 0,27 т/га. Передпосівна бактеризація насіння штамом *M. ciceri* 065 сумісно з фосфоентерином забезпечила максимальну урожайність насіння – 1,10 т/га, що більше на 0,47 т/га порівняно з контролем і на 0,20 т/га (22,2%), ніж при моноінокуляції.

Застосування хімічного фунгіциду вітавакс 200 ФФ суттєво не впливало на симбіоз нуту сорту Тріумф з ризобіями, але й підвищення продуктивності рослин не спостерігалось. При застосуванні біополіциду виявлено підвищення урожайності насіння в середньому за два роки на 0,38 т/га відносно контролю, на 0,16 т/га порівняно з моноінокуляцією і на 0,17 т/га порівняно з вітаваксом.

Застосування фосфоентерину і поліміксобактерину сумісно зі штамом *M. ciceri* 065 позитивно впливало на урожайність насіння нуту; вона у середньому за два роки була більше на 0,47–0,51 т/га відносно контролю. Одночасна обробка насіння ризобіями і біополіцидом забезпечила підвищення урожайності насіння цього сорту в середньому на 0,48 т/га відносно контролю і на 0,23 т/га відносно вітаваксу.

На сорті нуту Александрит застосування мікробних препаратів було ефективним у сприятливому за вологозабезпеченням для вегетації рослин 2008 р. Ефективність застосування фосфоентерину зі штамом *M. ciceri* 065 була на рівні моноінокуляції, а у варіанті із біополіцидом і ризобіями прибавка урожайності насіння дорівнювала 0,40 т/га порівняно з контролем і 0,17–0,20 т/га порівняно з моноінокуляцією і вітаваксом.

Аналогічні дослідження були проведені у центральній степовій зоні на чорноземі південному з фоновою ґрунтовою популяцією *M. ciceri* щільністю 10^2 БУОД/г ґрунту на двох сортах нуту Розанна і Александрит. Нітрагінізація насіння забезпечила підвищення урожайності зерна обох сортів – на 0,22–0,43 т/га порівняно з варіантом із ґрунтовою популяцією ризобій.

За даними структурного аналізу виявлено позитивний вплив сумісної бактеризації насіння штамом *M. ciceri* 065 з фосфатмобілізуючими мікроорганізмами і мікробами-антагоністами фітопатогенів на продуктивність обох сортів, зокрема, на такі показники, як висота рослин, висота прикріплення нижнього бобу, маса 1000 насінин, але підвищення урожайності зерна порівняно з моноінокуляцією не спостерігалось. Проте при сумісному застосуванні ризо плану зі штамом *M. ciceri* 065 нут сорту Розанна забезпечив прибавку урожайності зерна на рівні 0,21 т/га, а сорт Александрит – 0,30 т/га, порівняно з варіантом застосування вітаваксу.

Висновки. У польових умовах південного і центрального Степу України експери-

2. Вплив нітрагінізації насіння штами M. ciceri на продуктивність нуту сорту Розанна (2008 р.)

Варіант досліджу	Кількість буль- бочок, одиниць/ рослину	Біомаса буль- бочок, мг/ рослину	Нітрогеназна активність, нМоль етилену на рослину за годину	Кількість бобів, шт/ рослину	Маса насіння, г/рослину	Маса 1000 насінин, г	Вміст „сирого” протеїну, %	Урожай- ність, т/га
	фаза цвітіння рослин							
Контроль без інокуляції	6,9	410	268,33	21,7	5,6	186,5	21,0	0,87
527	10,2	777	2213,33	23,6	6,6	182,9	21,3	1,52
105	6,6	901	1022,33	21,9	5,3	188,8	22,2	0,79
805	10,7	317	2075,67	23,0	5,8	188,4	22,0	0,99
1305	6,7	860	2736,33	26,9	7,0	179,9	22,5	1,34
1905	6,8	625	2362,67	23,4	6,1	194,7	21,5	1,00
НІР ₀₅	1,2	35,1	1115,21	1,3	0,4	9,6	—	0,12

3. Ефективність передпосівної бактеризації насіння нуту сорту Тріумф штамом M. ciceri 065 сумісно з біопрепаратами і мікроорганізмами різної функціональної дії (виробничі дослідження, 2008–2009 рр.)

Варіант досліджу	Кількість бульбочок, од/рослину		Маса бульбочок, мг/рослину		Нітрогеназна активність, нМоль етилену за годину на рослину		Урожайність, т/га		
	фаза цвітіння рослин								
	2008 р.	2009 р.	2008 р.	2009 р.	2008 р.	2009 р.	2008 р.	2009 р.	середнє
Контроль без інокуляції	7,4	0,2	1645	9	31449	198	0,59	0,66	0,63
Штам <i>M. ciceri</i> 065 (I)	7,1	1,1	1817	143	183271	201	1,08	0,71	0,90
препарати на основі фосфатмобілізуєчих мікроорганізмів									
I + фосфоентерин	13,7	0,2	2737	57	22854	123	1,21	0,98	1,10
I + поліміксобактерин	16,1	1,2	3160	229	8497	184	0,83	0,59	0,71
I + альбобактерин	14,1	4,7	1933	1228	14650	205	1,06	0,58	0,82
препарати і мікроорганізми антифунгінальної дії									
I + вітавакс 200 ФФ	15,9	0,5	1865	33	18752	227	0,90	0,78	0,84
I + біополіцид	7,6	0,2	2178	14	15431	197	1,24	0,77	1,01
I + <i>vacillus sp.</i> 12501	11,0	0,6	2545	76	6153	161	0,99	0,76	0,88
I + <i>vacillus sp.</i> 01–1	14,8	0,2	2125	29	18264	176	0,94	0,66	0,80
НІР ₀₅	2,70	1,70	700,0	327,3	10404	118		0,21	

ментально доведено, що є резерви підвищення ефективності симбіотичної азотфіксації і продуктивності нуту сортів Розанна, Тріумф, Александрит шляхом передпосівної бактеризації насіння препаратами на основі селекційних штамів *M. ciceri*, фосфатмобілізуючих мікроорганізмів та мікробів – антагоністів фітопатогенів.

Показана можливість заміни фунгіциду вітавакс 200 ФФ близькими йому за ефективністю антифунгіальної дії мікробними препаратами – біополіцидом і ризопланом. Сумісне застосування біополіциду з штамом бульбочкових бактерій *M. ciceri* 065 на нуті сорту Тріумф забезпечило прибавку урожайності зерна в середньому за два роки 1,7 ц/га (20,2%), у сорту Розанна вона становила 2,3 ц/га (23,2 %) відносно вітаваксу 200 ФФ. При застосуванні ризоплану зі штамом *M. ciceri* 065 на нуті сорту Розанна урожайність зерна збільшувалася на 2,1 ц/га (15,2 %), а щодо сорту Александрит, то вона зростала на 3,0 ц/га (21,0 %) порівняно з використанням вітаваксу.

Бібліографічний список

1. Сичкарь В.И. Нут. Биологические особенности, технология выращивания и новые сорта / В.И. Сичкарь, О.В. Бушулян, Н.З. Толкачев. – Одесса: СГИ-НАЦ СЕИС, 2004. – 19 с.
2. Бутвина О.Ю. Высококонкурентные штаммы клубеньковых бактерий – основа эффективности биопрепаратов / О.Ю. Бутвина, Н.З. Толкачев, А.В. Князев // Мікробіологічний журн. – 1997. – Т. 59. – № 4. – С. 123–131.
3. Адамень Ф.Ф. Азотфіксація та основні напрями поліпшення азотного балансу ґрунтів / Ф.Ф. Адамень // Вісн. аграр. науки. – Аграр. наука. – 1999. – № 2. – С. 9–17.
4. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Т.М. Ковалевська [та ін.]. – К.: Аграр. наука, 2006. – 312 с.
5. Толкачев Н.З. Модифицированный метод определения количества клубеньковых бактерий сои в почве / Н.З. Толкачев. – Л., 1990. – С. 37–43. – (Тр. ВНИИСХМ).
6. Половицкий И.Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия / И.Я. Половицкий, П.Г. Гусев. – Симферополь: Таврия, 1987. – 151 с.
7. Методические указания по использованию ацетиленового метода при селекции бобовых культур на повышение симбиотической азотфиксации. – Л., 1982. – 12 с.