

О. М. Венедіктов, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут кормів НААН

ВПЛИВ РІЗНИХ ШТАМІВ БАКТЕРІАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ НА АКТИВНІСТЬ СИМБІОЗУ ТА УРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ СОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Викладено результати п'ятирічних досліджень з вивчення впливу різних штамів бактеріальних препаратів на симбіотичну продуктивність та урожайність насіння сої. Розкрито шляхи оптимізації активності симбіозу та підвищення продуктивності сої.

Ключові слова: *штами бульбочкових бактерій, інокуляція, удобрення, симбіотична продуктивність, соя, урожайність.*

Формування високої урожайності сої, як і більшості сільськогосподарських культур, в значній мірі обумовлюється наявністю в ґрунті доступних для рослин поживних речовин, особливо сполук азоту. Проте, через складну економічну і екологічну ситуацію в Україні, використання мінеральних добрив є обмеженим, що вимагає пошуку альтернативних шляхів вирішення цієї проблеми. Вже відомо про важливу особливість бобових рослин, зокрема сої, – біологічно фіксувати азот з повітря за допомогою бульбочкових бактерій. За оптимальних умов азотфіксації рослини сої можуть засвоювати до 70—280 кг/га азоту, причому 20—35 % із цієї кількості залишається в ґрунті з поживними рештками [1]. Тому, для зменшення обсягів використання мінерального азоту, підвищення симбіотичної продуктивності сої та збільшення урожайності і якості одержаної продукції важливе значення має передпосівна обробка насіння високоефективними, конкурентоздатними штамми бактеріальних препаратів. Нехтування прийомом бактеризації насіння призводить до того, що соя перетворюється у споживача азоту, а не азотфіксатора, особливо на тих ґрунтах, де її висівають вперше [2].

Поряд з цим, слід враховувати й те, що раціональне використання біологічного потенціалу ґрунту, оптимізація бобово-ризобіального симбіозу знаходяться в прямій залежності від умов вирощування культури [3, 4]. Тому пошук шляхів, направлених на активізацію мікробіологічних процесів та інтенсифікацію біологічної азотфіксації, спрямованих на максимальну реалізацію потенційних можливостей азотфіксуючих мікроорганізмів, залишається актуальним і потребує вивчення та наукового обґрунтування для умов регіону.

Методика та умови проведення досліджень. Дослідження з вивчення впливу різних штамів бульбочкових бактерій та удобрення на симбіотичну продуктивність сої і її урожайність проводилися упродовж 2006—2010 рр. в умовах правобережного Лісостепу України на полях лабораторії технології вирощування зернобобових культур Інституту кормів НААН.

Ґрунт дослідної ділянки сірий лісовий середньосуглинковий на лесі з такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 1,94 %, легкогідролізованого азоту – 8,9 мг/кг, рухомого фосфору (за Чіриковим) – 129,0 мг/кг, обмінного калію (за Чіриковим) – 97,0 мг/кг, рН – 5,0—5,5, сума ввібраних основ – 20,0 мг-екв./100 г ґрунту.

Схема досліду передбачала вивчення дії та взаємодії двох факторів: А – штами бактеріальних препаратів; В – добрива. Добрива вносили восени, під зяблеву оранку згідно схеми досліду.

Сівбу сої проводили у строк, який встановлено за рівнем термічного режиму 12 °С в ґрунті на глибині 10 см. Предметом досліджень був середньо ранньостиглий сорт сої Феміда. В період вегетації проводили два міжрядних рихлення. Дослідження супроводжувалися спостереженнями, вимірами, обліками та аналізами відповідно до загальноприйнятих та широко апробованих методик.

Результати досліджень. У процесі наших досліджень встановлено, що утворення бульбочок на коренях рослин сої починається з фази другого трійчастого листка, або орієнтовно через 10—13 діб після з'явлення повних сходів, а поява леггемоглобіну (червоного пігменту) відмічена на 3—4 добу з початку формування симбіотичного апарату. Крім цього вивчення процесу утворення симбіотичного апарату показало, що на певному етапі органогенезу поряд з подальшим утворенням бульбочок проходило їх відмирання. При цьому виявлено, що найбільша кількість бульбочок та їх маса формувалась у період повного цвітіння (табл. 1, 2). У подальшому спостерігали зменшення кількості та маси бульбочок і відповідно їх руйнацію, що обумовлено біологічними особливостями розвитку рослин сої.

Спостереження за розвитком симбіотичного апарату у рослин сої показало, що кількість і маса бульбочок інтенсивно збільшуються в перші 3—4 тижні після їх утворення. Максимальний ж розвиток бульбочок відмічено в період повного цвітіння – початку наливання насіння. В цей період формувалось від 28,1 до 42,5 бульбочок/рослину з масою від 460 до 829 мг/рослину, причому саме в цей період відмічено найвищий відсоток активних бульбочок. Однак, слід зазначити, що характер формування симбіотичного апарату у рослин сої залежали, як від погодних умов року, так і від факторів, що були поставлені на вивчення.

1. Динаміка кількості бульбочок у рослин сої залежно від штаму бульбочкових бактерій та добрив, шт./ рослину* (у середньому за 2006—2010 рр.)

№ з/п	Штами бульбочкових бактерій	Фази росту і розвитку рослин					
		Третій трійчастий листок		Повне цвітіння		Повне наливання насіння	
		Р ₆₀ К ₆₀ + емістим-С (фон)	Фон + вапно (1/2 н. за г.к.)	Р ₆₀ К ₆₀ + емістим-С (фон)	Фон + вапно (1/2 н. за г.к.)	Р ₆₀ К ₆₀ + емістим-С (фон)	Фон + вапно (1/2 н. за г.к.)
1	Контроль	0	0	0	0	0	0
2	634 б	21,4/15,8	23,9/18,5	37,5/33,4	38,8/35,7	23,7/16,6	24,8/17,4
3	М-8	20,4/16,2	23,5/18,6	37,7/34,3	38,9/35,9	25,5/16,4	26,4/17,5
4	Х – 2	19,9/14,9	22,3/17,3	36,9/33,7	38,2/35,4	23,9/16,6	24,4/17,2
5	71-Т	20,5/15,3	24,1/17,4	39,3/35,2	41,3/36,7	27,2/19,1	28,6/20,4
6	640 б	24,6/17,6	26,8/20,1	40,9/35,3	42,5/37,1	27,2/17,5	28,4/18,6
7	36	19,0/14,1	20,3/15,6	29,7/27,3	30,5/29,3	18,2/11,0	19,8/12,7
8	19	19,1/14,2	20,9/16,0	37,7/34,4	39,5/35,8	22,9/15,7	24,3/16,7
9	33	17,9/13,0	19,9/14,5	40,1/30,5	40,6/33,8	21,3/13,7	22,6/15,0
10	30	16,6/13,2	19,4/15,6	36,3/34,3	37,9/35,4	20,4/14,6	21,7/15,5
11	КН – 10	20,4/14,8	23,7/17,1	38,9/35,4	40,4/36,8	26,7/18,7	28,3/20,1
12	С – 11	15,6/12,8	18,2/15,0	29,7/26,8	30,8/28,2	17,8/11,1	19,8/12,1
13	СК – 5	22,4/13,9	24,0/15,2	37,5/32,0	38,7/34,4	24,1/16,9	25,3/18,8
14	С – 8	17,5/12,4	19,8/14,0	35,5/31,7	37,2/34,0	20,1/14,6	21,2/15,8
15	СК – 20	19,2/14,1	21,3/16,1	35,8/32,4	36,9/34,4	23,0/14,2	24,1/15,0
16	С -2	12,5/11,0	15,1/12,7	28,1/28,2	29,4/29,1	17,1/11,2	18,6/12,0
17	Х-9	20,2/14,8	22,0/17,8	34,9/32,8	36,9/34,2	21,8/14,8	23,2/16,0
18	КМ – 10 Т	22,7/15,7	25,2/18,4	31,6/29,2	33,0/30,1	20,4/13,3	21,1/14,2
19	35	17,7/12,8	19,7/14,4	30,4/28,3	31,8/29,3	18,8/11,0	20,1/12,4

*Примітка** У чисельнику – загальна кількість бульбочок, знаменнику – кількість активних бульбочок.

Попередніми дослідженнями вже встановлено, що кисла реакція ґрунтового розчину (рН 4,5—5,0) та рН більше 8,0 згубно впливають на біологічну фіксацію азоту соєю [5]. Тому внесення вапнякових добрив на кислих ґрунтах є обов'язковим прийомом технології вирощування з метою нейтралізації кислотності ґрунту та підвищення симбіотичної діяльності мікроорганізмів, і в подальшому урожайності культури [6].

Так, проведені нами дослідження упродовж 2006—2010 рр. свідчать про те, що внесення вапнякових добрив в ґрунт (1/2 н. за г.к.) на фоні мінеральних добрив Р₆₀К₆₀ сприяло активізації діяльності мікроорганізмів, незалежно від штаму бактеріального препарату. При цьому найбільша кількість бульбочок 42,5; 41,3; 40,6; 40,4, шт./рослину формувалась у фазі повного цвітіння на ділянках, де насіння перед посівом обробляли такими штамами бактеріальних препаратів як 640 б, 71-Т, КН – 10 та № 33 в поєднанні із стимулятором росту Емістим С, що на 5-12 % більше ніж на ділянках, де не проводили вапнування.

2. Динаміка сирої маси бульбочок у рослин сої залежно від штаму бульбочкових бактерій та добрив, мг/ рослину* (у середньому за 2006-2010 рр.)

№ з/п	Штами бульбочкових бактерій	Фази росту і розвитку рослин					
		Третій трійчастий листок		Повне цвітіння		Повне наливання насіння	
		P ₆₀ K ₆₀ + емістим-С (фон)	Фон + вапно (1/2 н. за г.к.)	P ₆₀ K ₆₀ + емістим-С (фон)	Фон + вапно (1/2 н. за г.к.)	P ₆₀ K ₆₀ + емістим-С (фон)	Фон + вапно (1/2 н. за г.к.)
1	Контроль	0	0	0	0	0	0
2	634 б	242/180	288/210	768/747	808/787	391/282	420/309
3	М-8	159/128	186/155	539/509	563/524	293/207	313/205
4	Х – 2	263/191	270/211	731/697	760/732	379/237	410/277
5	71-Т	267/198	268/227	788/742	822/778	386/267	429/286
6	640 б	240/179	269/191	721/673	775/743	384/246	406/267
7	36	142/117	173/146	508/463	541/499	288/181	321/228
8	19	249/178	274/221	697/673	748/717	356/247	376/268
9	33	194/136	219/168	587/517	649/580	302/230	322/237
10	30	133/107	156/133	508/486	543/517	274/198	296/217
11	КН – 10	284/211	322/256	797/747	829/795	417/293	432/311
12	С – 11	144/114	167/138	503/459	537/497	286/182	317/222
13	СК – 5	125/89	138/107	460/398	476/422	259/153	271/164
14	С – 8	179/126	207/149	564/511	628/578	307/227	331/256
15	СК – 20	139/115	165/138	512/489	547/524	277/201	305/227
16	С -2	118/94	134/108	471/426	497/471	246/156	283/174
17	Х-9	208/148	239/179	604/571	673/616	321/198	345/219
18	КМ – 10 Т	188/128	213/165	571/547	592/563	319/205	325/221
19	35	124/89	138/107	460/398	476/422	258/153	271/166

*Примітка** У чисельнику – загальна маса бульбочок, знаменнику – маса активних бульбочок.

Дослідженнями багатьох вчених встановлено, що ваговим критерієм комплементарної взаємодії макро – і мікросимбіонтів є маса утворених на кореневій системі сої бульбочок, яка корелює з інтенсивністю фіксації молекулярного азоту [7]. Наші дослідження показали, що позитивної залежності між масою і кількістю бульбочок, а відповідно і азотфіксувальною здатністю не виявлено. При порівнянні можна бачити, що кількість бульбочок не завжди узгоджується з їх масою. Так, наприклад, при обробці посівного матеріалу штамом 640 б у період максимального наростання утворилося 42,5 бульбочки з масою 775 мг, тоді як при обробці насіння такими штамми бульбочкових бактерій як 71-Т, КН-10, 634 б утворилася менша їх кількість (41,3; 40,4; 38,8 шт.), однак вони характеризувалися більшою масою, яка склала відповідно – 822, 829 та 808 мг/рослину. Тобто, ці штамми бульбочкових бактерій виявилися найбільш комплементарними.

Відомо, що фіксація біологічного азоту з атмосфери відбувається лише за рахунок тих бульбочок, які містять леггемоглобін [8]. Тому досить важливо враховувати масу бульбочок з червоним пігментом, а загальну масу – для характеристики ступеня активності симбіотичного апарату. Наші дослідження показали, що максимальні значення маси активних бульбочок зафіксовано у період повного цвітіння – початок наливання насіння, після чого ризобіальна активність затухає. При цьому виявлено позитивний вплив вапнування на кількість активних бульбочок. У цілому, незалежно від штаму ризобій, кількість активних бульбочок зросла на 4,5—10,8 %. У фазі повного наливання насіння маса бульбочок зменшувалася наполовину. Таке суттєве зниження активності симбіотичного апарату вже у фазі повного наливання насіння пояснюється тим, що в цей період сповільнюється процес фотосинтезу, притік пластичних речовин до кореневої системи. В утворених бобах сої вже достатньо накопичено пластичних речовин, ще й до того в самій рослині міститься значний запас азоту і вільних амінокислот, які в подальшому при необхідності можуть реалізуватися в боби. Тому продовження активної роботи симбіотичного апарату не так важливе. Виходячи з цього, можна стверджувати, що ризобіальний азотфіксуючий комплекс – досить високоорганізована система, в якій всі процеси узгоджено в часі, проходять в оптимальному режимі, хоча в значній мірі залежать від умов вирощування.

Вплив досліджуваних факторів на симбіотичну продуктивність відобразилося й на рівні урожайності культури. Так, нами встановлено, що упродовж п'яти років інокуляція насіння сої сприяла підвищенню рівня її урожайності майже на всіх ділянках дослідів (табл. 3). При цьому зазначаємо, що за різних погодних умов бактеріальні препарати по-різному себе проявляли незалежно від фону удобрення. Зокрема, в умовах 2006 року на фоні фосфорно-калійних добрив $P_{60}K_{60}$ найбільш ефективними виявились штами 71-Т (2,29 т/га); 634 б (2,25 т/га); С-11 (2,17 т/га); Х-2 (2,15 т/га), що забезпечили вищу урожайність на 0,20-0,34 т/га порівняно з ділянками контрольного варіанта (без інокуляції). В умовах 2007 року найвищу урожайність насіння сої (1,89 т/га) одержали при інокуляції насіння такими штамами бульбочкових бактерій як 634 б, 71 – Т та КН – 10, що на 0,15 т/га більше ніж на контролі (1,74 т/га). На відміну від попередніх років у 2008 році найвищий рівень урожайності насіння сої сорту Феміда одержали на ділянках, де насіння обробляли штамами № 19 (2,64 т/га), № 33 (2,61 т/га), КН – 10 (2,60 т/га), 71- Т, 634 б і 640 б (2,58 т/га). У цілому приріст урожаю склав 0,32-0,38 т/га. В умовах 2009 року найефективнішими виявились такі штами мікроорганізмів як СК – 20, 640 б, Х-2 і КН – 10, які забезпечили приріст врожаю 0,18—0,32 т/га. У 2010 році найкраще себе проявили 71-Т (2,69 т/га), М-8 (2,65 т/га) та Х-2 (2,64 т/га). Таким чином, виходячи із одержаних за п'ять років даних, можна стверджувати, що най-

більш комплементарними та стабільними штамми бульбочкових бактерій, які забезпечують найбільший приріст урожаю (0,17—0,26 т/га) є такі штами мікроорганізмів як 71-Т, 634 б, 640 б, Х-2 та КН-10. Інші штами бульбочкових бактерій забезпечили дещо меншу прибавку урожаю, яка коливалася в межах 0,08—0,16 т/га.

3. Урожайність насіння сорту Феміда залежно від штаму бульбочкових бактерій та удобрення, т/га

№ з/п	Штами бульбочкових бактерій	Урожайність, т/га					
		Роки					
		2006	2007	2008	2009	2010	Середнє
1	Контроль	1,95/2,07	1,74/1,77	2,26/2,40	1,92/1,99	2,30/2,45	2,03/2,14
2	634 б	2,25/2,39	1,89/2,02	2,58/2,73	2,03/2,12	2,63/2,79	2,28/2,41
3	М-8	1,97/2,09	1,81/1,90	2,33/2,48	1,95/2,02	2,65/2,83	2,14/2,26
4	Х – 2	2,15/2,25	1,78/1,84	2,34/2,49	2,17/2,29	2,64/2,81	2,22/2,38
5	71-Т	2,29/2,45	1,89/2,02	2,58/2,73	1,99/2,07	2,69/2,87	2,29/2,43
6	640 б	2,00/2,12	1,78/1,84	2,58/2,74	2,18/2,30	2,62/2,79	2,23/2,36
7	36	1,99/2,10	1,75/1,80	2,39/2,56	2,02/2,11	2,42/2,58	2,11/2,23
8	19	1,98/2,08	1,78/1,83	2,64/2,83	2,04/2,13	2,52/2,68	2,19/2,31
9	33	1,97/2,06	1,76/1,81	2,61/2,78	2,06/2,16	2,55/2,72	2,19/2,31
10	30	1,97/2,08	1,78/1,84	2,33/2,49	-	-	-
11	КН – 10	-	1,89/2,03	2,60/2,76	2,10/2,20	-	2,20/2,33
12	С – 11	2,17/2,30	1,81/1,89	-	-	-	-
13	СК – 5	2,07/2,18	1,75/1,79	-	-	-	-
14	С – 8	-	-	2,32/2,46	1,98/2,06	-	-
15	СК – 20	-	-	2,52/2,67	2,24/2,36	-	-
16	С -2	2,04/2,17	-	-	-	-	-
17	Х-9	2,11/2,22	-	-	-	-	-
18	КМ – 10 Т	2,07/2,17	-	-	-	-	-
19	35	-	-	-	1,95/2,03	-	-

Примітка: * У чисельнику – $P_{60}K_{60}$ + емістим-С (фон); у знаменнику – фон + вапно (1/2 н. за г.к.)

А – штами бульбочкових бактерій; В – фон мінеральних добрив

$HP_{0,05}$ т/га 2006 р. А – 0,037; В – 0,014; АВ – 0,052; 2007 р. А – 0,028; В – 0,011; АВ – 0,041;

2008 р. А – 0,039; В – 0,019; АВ – 0,061; 2009 р. А – 0,031; В – 0,018; АВ – 0,049;

2010 р. А – 0,042; В – 0,024; АВ – 0,067.

Поряд з цим, проведені нами дослідження показали, що застосування вапнякових добрив, 1/2 норми вапна за гідролітичною кислотністю, на фоні мінеральних добрив $P_{60}K_{60}$ + Емістим-С сприяло підвищенню рівня урожайності насіння сої на 0,11—0,14 т/га порівняно з ділянками, на яких вносили лише $P_{60}K_{60}$ + Емістим – С без вапнування ґрунту.

Нами встановлено, що в умовах 2006 року максимальну урожайність насіння сої забезпечили ті ж самі штами бактеріальних препаратів, що і на фоні без вапнування (71-Т, 634 б та С-11), однак приріст урожаю був ви-

шим, і склав 0,35-0,44 т/га. В умовах 2007 року найефективнішими штамми на фоні вапнування виявились КН-10 (2,03 т/га), 71-Т та 634 б (2,02 т/га). Прибавка врожаю порівняно з контролем (без вапнування та інокуляції) склала 0,28—0,29 т/га.

Одержані результати досліджень у 2008 році показали, що на фоні вапнування найвища урожайність насіння формувалась на ділянках досліду, де насіння перед сівбою обробляли такими штамми бульбочкових бактерій як № 19 (2,83 т/га), № 33 (2,78 т/га) та штамом КН-10 (2,76 т/га), що на 0,50—0,57 т/га більше ніж на ділянках контрольного варіанту. В 2009 році найбільш комплементарними штамми бульбочкових бактерій виявились СК-20 (2,36 т/га), 640 б (2,30 т/га), Х-2 (2,29 т/га) і КН-10 (2,20 т/га). В умовах 2010 року найкраще себе проявили такі бактеріальні препарати як 71-Т (2,87 т/га), М-8 (2,83 т/га) та Х-2 (2,81 т/га). Приріст урожаю до контролю склав 0,36-0,42 т/га.

Висновки. Таким чином, в умовах правобережного Лісостепу України передпосівна обробка комплементарними та адаптивними штамми бульбочкових бактерій (71-Т, 634 б, 640 б, Х-2 та КН-10) на фоні внесення мінеральних добрив $P_{60}K_{60} + \frac{1}{2}$ норми вапна за гідролітичною кислотністю забезпечують найкращі умови для симбіотичної діяльності та формування найвищої урожайності насіння сої сорту Феміда.

Бібліографічний список

1. *Бабич А. О.* Проблема фотосинтезу і біологічної фіксації азоту бобовими культурами / Бабич А. О., Петриченко В. Ф., Адамень Ф. Ф. // Вісник аграрної науки. – 1996. – №2. – С. 34—39.
2. *Андреева Г. Ф.* Фотосинтез и азотный обмен растений / Андреева Г. Ф. // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 89—104.
3. *Патика В. П.* Біологічний азот / Патика В. П., Коць С. Я., Волкогон В. В., Шерстобаєва О. В., Мельничук Т. М., Калініченко А. В., Гриник І. В. – К.: Світ, 2003. – 424 с.
4. *Петриченко В. Ф.* Бобові культури і сталий розвиток агроєкосистем / Петриченко В. Ф., Камінський В. Ф., Патика В. П. // Корми і кормовиробництво. – Вінниця: „Тезис”. – Вип. 51. – 2003. – С. 3—6
5. *Мишустин Е. Н.* Микробиология / Мишустин Е. Н., Емцев В. Т. – М.: Агропромиздат, 1987. – 368 с.
6. *Петриченко В. Ф.* Агробіологічне обґрунтування і розробка технологічних прийомів підвищення урожайності та якості насіння сої в Лісостепу України // Автореф. дис. докт. с.-г. наук. – Київ. – 1995. – 36 с.
7. *Марьюшкин В. Ф.* Эффективность внутрисортного отбора у сои по азотфиксирующей активности / Марьюшкин В. Ф., Даценко В. К., Курочкина Л. Л., Зарицкая-Бузденюк С. Д. // Физиология и биохимия культурных растений. – 1995. – 27, № 3. – С. 165—169.

8. *Посыпанов Г. С.* Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях / *Посыпанов Г. С.* // Известия ТСХА, 1983. – № 5. – С. 17—26.

Венедиктов О. М. Влияние разных штаммов бактериальных препаратов на активность симбиоза и урожайность семян сои в условиях правобережной Лесостепи Украины // Корми і кормовиробництво. – 2011. – Вип. 70. – С. 93—100.

Изложены результаты пятилетних исследований с изучения влияния разных штаммов бактериальных препаратов на симбиотическую продуктивность и урожайность семян сои. Раскрыты пути оптимизации активности симбиоза и повышения продуктивности сои.

Venediktov O. M. Influence of different strains of bacteria preparations on the activity of symbiosis and soybean seed yield in conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine // Feeds and Feed Production. – 2011. – Issue 70. – P. 93—100.

Results of five-year researches studying the influence of different strains of bacteria preparations on the symbiotic activity and soybean seed yield are stated. Ways of symbiosis activity optimization and increase of soybean productivity are revealed.