

УДК 635.655.036(075.8)

© 2011

*Шевніков М.Я., доктор сільськогосподарських наук*  
Полтавська державна аграрна академія

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ТА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО ЗВОЛОЖЕННЯ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

*Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор П.В. Писаренко*

*Актуальність досліджень обумовлена пошуком нових підходів до розробки технологічних прийомів вирощування сої з урахуванням умов нестійкого зволоження Лісостепу. Застосування інокуляції ризоторфіном сприяло отриманню 1,4 т/га, або 7,8 % прибавки врожаю. Внесення фосфорних добрив в дозі  $P_{60}$  було малоєфективним. При сумісному застосуванні  $P_{60}$  з азотними добривами та ризоторфіном спостерігалось підвищення врожайності насіння сої на 14,5–19 %. Найбільш раціональним було застосування ризоторфіну на фоні внесення азотно-фосфорних добрив: урожайність сої була максимальною на ділянці з внесенням добрив у дозі  $N_{30}P_{60}$  – 2,62 т/га. Подальше збільшення дози азоту було малоєфективним.*

**Ключові слова:** соя, технологія вирощування, біологічні та хімічні засоби, мікроелементи.

**Постановка проблеми.** Для ефективного використання біокліматичного потенціалу природно-кліматичних умов нестійкого зволоження Лісостепу України важливе значення має розробка і впровадження у виробництво сучасних конкурентоспроможних технологій вирощування культур, які сприяють максимальній реалізації їх продуктивного потенціалу. У зв'язку з цим набувають особливої актуальності дослідження щодо розробки агроекологічних основ застосування біологічних та хімічних засобів у сучасних технологіях вирощування сої.

Враховуючи провідне місце сої у світовому землеробстві, азотфіксуючу здатність, унікальні біологічні особливості, універсальність використання, стабільно високі темпи росту виробництва, значення в ліквідації дефіциту рослинного білка і олії, використання в промисловості, посіви сої будуть збільшуватись. Актуальність досліджень обумовлена пошуком нових підходів до розробки технологічних прийомів вирощування сої з урахуванням конкретних умов нестійкого зволоження Лісостепу, де розміщені значні посівні площі цієї культури.

**Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.**

Соя дуже вимоглива культура до поживного режиму ґрунту. На утворення 1 ц зерна соя виносить з ґрунту 7,5–10 кг азоту, 3–4,5 кг калію, 1,7–2,5 кг фосфору, тому вона добре реагує на органічні і мінеральні добрива у легкодоступній формі [6]. З урожаєм 25 ц/га соя виносить із ґрунту близько 200 кг азоту, 60 кг фосфору, 60–90 кг калію. Потреба в азоті до 60 % задовольняється за рахунок його біологічної фіксації з повітря [5].

Як зернобобова культура вона здатна до симбіозу з бульбочковими бактеріями. Завдяки цьому у біологічний кругообіг вводиться величезна кількість атмосферного азоту. Біологічно зв'язаний азот може становити до 60–70 % загального азоту врожаю, крім того значна його кількість залишається в ґрунті, що робить сою цінним попередником для наступних культур сівозміни [10].

В результаті симбіозу між бактеріями і соєю підвищується не тільки врожайність зерна, але й поліпшується якість врожаю – збільшується вміст білка, жиру, вітамінів тощо [2]. Ріст і розвиток цієї культури може проходити без внесення азотних добрив, так як симбіоз рослин з азотфіксуючими бактеріями забезпечує їх нормальне живлення та високу врожайність.

Для зернобобових культур велике значення для формування врожаю мають умови ґрунтового живлення рослин азотом. Потреба сої в поживних речовинах визначається її біологічними особливостями. На початку вегетації вона розвивається дуже повільно, від сходів до цвітіння використовує незначну кількість поживних речовин. Найбільша потреба сої в елементах живлення спостерігалася в період цвітіння – наливання бобів, поглинаючи в цей час близько 65–70 % азоту, фосфору і калію [9].

Питання азотного живлення сої є найбільш складним і дискусійним. Як ми уже відмічали, за сприятливих умов симбіозу мінеральні добрива при великому діапазоні доз не підвищують врожайність сої, а, інколи, навіть її знижують [10–12]. На Армавірській дослідній станції ВНДІОК прибавка врожайності сої від інокуляції насіння за п'ять років дослідження склала 0,24 т/га, від

внесення мінеральних добрив – 0,07–0,08 т/га. Сумісна дія інокуляції і мінеральних добрив спричинила отримання прибавки врожайності сої в межах впливу однієї інокуляції і склала 0,23–0,25 т/га [14].

Проблема біологічного азоту була і залишається актуальною в землеробстві. Особливо велика його роль в умовах погіршення екологічної ситуації та недостатнього забезпечення сільськогосподарства азотними добривами. Екологічна доцільність використання процесу біологічної азотфіксації в господарських цілях сьогодні являється одним із основних напрямів сучасного землеробства. Такий підхід знаходить своє технологічне застосування при вирощуванні зернобобових культур, і в тому числі сої [8].

Використання мінеральних добрив, особливо азотних, під сою є суперечливим, оскільки ця культура спроможна за сприятливих умов засвоювати значну кількість азоту з повітря завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Молекулярний азот вони фіксують у симбіозі з бобовими рослинами. З цього приводу К.А. Тімірязєв писав, що відкриття факту можливості живлення рослин вільним азотом повітря – одне з найвидатніших надбань науки дев'ятнадцятого століття [216]. Суперечності з питання азотного живлення пов'язані з особливостями біології сої, а також з тих причин, що досліди проводилися на ґрунтах різної окультуреності, з неоднаковим їх фізико-хімічним складом та ґрунтово-кліматичними умовами різних зон вирощування [1, 3, 4, 7].

Отже, соя формує підвищений урожай в основному за рахунок симбіотичного азоту при ранньому утворенні бульбочок і високоефективному симбіозі. Кількість азоту, яка необхідна для підтримання росту і розвитку рослин до включення в процес азотфіксації, невелика і може бути забезпечена його ґрунтовими запасами. Не виключена роль стартових доз азотних добрив, особливо на бідних ґрунтах, для страхування рослин від можливої нестачі азоту на випадок затримки появи бульбочкових, повільного їх розвитку за несприятливих умов. Враховуючи те, що наявність азоту аміачної форми в рослинах пов'язана з азотфіксацією і споживанням азоту з ґрунту, а вміст нітратного азоту – виключно з мінерального живлення, зниження відношення аміачного азоту до нітратного вказує на зменшення частки симбіотичного азоту в живленні сої при внесенні азотних добрив.

**Мета дослідження та методика його проведення.** Вивчали вплив мінеральних добрив та інокуляції на формування врожаю сої. Місце дослі-

дження – темно-сірий опідзолений ґрунт дослідного господарства Полтавської державної аграрної академії. Ризоторфіном насіння обробляли в день посіву. Сорт сої – Білосніжка. Технологія вирощування сої – загальноприйнята для зони лісостепу. Повторність у досліді чотириразова. Метеорологічні умови в роки проведення досліджень були близькими до середніх багаторічних. Попередник – пшениця озима. Площа посівної ділянки – 25 м<sup>2</sup>, облікова – 20 м<sup>2</sup>. Норма висіву склала 700 тис/га схожих насінин. Спосіб посіву – широкорядний із міжряддями 45 см. Збирання врожаю здійснювали прямим комбайнуванням.

**Результати досліджень.** Ми проаналізували експериментальні дані впливу азотних добрив на кількість та масу бульбочок у сої в процесі росту і розвитку. Притримуємось тієї точки зору, що протягом перших трьох-чотирьох тижнів вегетації соя активно використовує азот із мінеральних добрив. Навіть у фазі галушення відмічена більша кількість бульбочок на одну рослину на ділянках із внесенням добрив – 3,5–4,0 (без добрив – 3,0), маса бульбочок на одну рослину складала відповідно, 28–34 г (без добрив – 23 г). У фазі цвітіння відбулося збільшення кількості бульбочок на ділянках без добрив (7,2 шт.), а також менша їх кількість при внесенні N<sub>30</sub> – 6,3, N<sub>60</sub> – 6,1. Маса бульбочок теж була більшою на неудобренних ділянках – 91 г проти 63 і 50 г на удобрених. Максимальна кількість і маса бульбочок була характерною у фазі формування бобів і складала на ділянках без внесення добрив, відповідно, 12,8 і 287 г, на удобрених відмічене зменшення цих показників: N<sub>30</sub> – відповідно 10,3 і 201 г, N<sub>60</sub> – 8,1 і 153 г на одній рослині (табл. 1).

Відомо, що наявність аміачної форми азоту в рослинах, в першу чергу, пов'язана з азотфіксацією, а вміст нітратного азоту – з ґрунтовим засвоєнням. Для виявлення цієї залежності проводили агрохімічний аналіз на вміст нітратного і аміачного азоту ґрунту в розрізі основних фаз росту й розвитку сої протягом вегетаційного періоду. В усі періоди обліку вміст нітратного азоту був вищим на удобрених ділянках: фаза галушення – 17,5–20,2 мг/кг ґрунту (без внесення мінерального азоту – 10,8), фаза цвітіння – 19,7–21,1 (без внесення мінерального азоту – 9,4), фаза формування бобів – 6,7–7,2 (8,0 мг/кг ґрунту). Вміст аміачного азоту на удобрених ділянках також був дещо вищим.

Вплив мінеральних добрив та інокуляції на особливості росту і розвитку сої не виявив значних відмінностей у проходженні фаз росту і розвитку сої залежно від умов живлення. Характерною осо-

бливістю являлось незначне затягування фази дозрівання насіння сої при внесенні азотних добрив. Інтенсивне цвітіння сої приходилося на початок липня, наливання насіння – на кінець липня й початок серпня. Додаткове підвищення рівня азотно-го живлення сої за рахунок азотфіксації сприяло збільшенню вегетативної маси рослин, що в більшій або меншій мірі затягувало вегетаційний період, відтягуючи формування репродуктивних органів на більш пізній строк.

Не дивлячись на високу енергоємність процесу симбіотичної азотфіксації, величезну потребу генеративних органів в елементах живлення і конкуренцію їх з бульбочками за основні фактори життя, соя має властивість підтримувати активне функціонування азот фіксуючої симбіотичної системи навіть у період активного плодоутворення. Підвищена потреба рослин в азоті є важливим фактором, який визначає на рівні цілої рослини високі темпи азотфіксації в репродуктивний період. При ранньому утворенні бульбочок і високоєфективному симбіозі соя формує підвищений врожай, в основному, за рахунок симбіотичного азоту.

Кількість азоту, яка необхідна для підтримання росту і розвитку рослин до включення в процес азотфіксації, невелика і може бути, в значній мірі, забезпеченою ґрунтовими запасами. Не виключена роль стартових доз азотних добрив, особливо на бідних ґрунтах, для страхування рослин від можливої нестачі азоту на випадок затримки появи бульбочкових бактерій і повільного їх розвитку при несприятливих умовах. Відносна ефективність використання фіксованого азоту й азоту з мінеральних добрив суттєво залежала також від умов зовнішнього середовища, але збільшення врожаю сої від інокуляції в багатьох випадках було

вищим, аніж від внесення азотних добрив. Застосування інокуляції ризоторфіном сприяло отриманню 8 % приросту врожаю. Внесення одних фосфорних добрив у дозі P<sub>60</sub> було малоефективним. При сумісному застосуванні P<sub>60</sub> з азотними добривами та ризоторфіном спостерігалось підвищення врожайності насіння сої на 14,5–19 % у порівнянні з ділянками без удобрення (табл. 2).

Найбільш раціональним було застосування ризоторфіну на фоні внесення азотно-фосфорних добрив: урожайність насіння складала 2,26 т/га, що на 0,47 т/га більше, ніж на неудобрених ділянках. У середньому за три роки досліджень збір білка складав 0,84 т/га, жиру – 0,46 т/га, що на 35–53 % вище, ніж без застосування добрив.

Соя здатна тривалий період підтримувати активне функціонування фіксуючої азот симбіотичної системи. За інокуляції насіння ризоторфіном та внесенні добрив у дозі N<sub>30</sub>P<sub>60</sub> у період цвітіння, плодоутворення та наливання насіння підтримувався нормальний хід формування бобів й інтенсивне накопичення в них білка. Підвищена потреба рослин в азоті у період росту та формування є важливим фактором, який визначає на рівні цілої рослини високі темпи азотфіксації в бульбочках сої в репродуктивний період.

Під впливом мікроелементів спостерігаються кращі умови для формування генеративних органів (бор), активізація росту рослин завдяки кращому засвоєнню азотистих сполук (кобальт), збільшення кількості та наростання маси бульбочок (молібден). Вони поліпшували умови росту і розвитку рослин сої, обмежуючи негативну дію несприятливих зовнішніх умов. Особлива фізіологічна роль при цьому належала бору і кобальту. Середня кількість бульбочок на одній рослині складала при обробці насіння молібденом –

**1. Вплив азотних добрив на кількість і масу бульбочок у сої та вміст мінеральних форм азоту в ґрунті (середнє за 2001–2003 рр.)**

Показники	Фази росту і розвитку сої								
	галуження			цвітіння			формування бобів		
	без добрив	N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub>	без добрив	N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub>	без добрив	N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub>
Кількість бульбочок на 1 рослину	3,0	3,5	4,0	7,2	6,3	6,1	12,8	10,3	8,1
Маса бульбочок на 1 рослину, мг	23	28	34	91	63	50	287	201	153
Вміст азоту в ґрунті (мг/кг ґрунту)									
N–NO <sub>3</sub>	10,8	17,5	20,2	9,4	19,7	21,1	4,1	6,7	7,2
N–NH <sub>4</sub>	6,8	8,6	10,3	14,8	15,7	15,9	8,0	9,2	9,7
N–NO <sub>3</sub> ; N–NH <sub>4</sub>	1,59	2,03	1,96	0,64	1,25	1,32	0,51	0,73	0,74

2. Урожайність насіння сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції

Варіанти	2001 р.			2002 р.			2003 р.			Середнє		
	уро- жай- ність, т/га	прибавка		уро- жай- ність, т/га	прибавка		уро- жай- ність, т/га	прибавка		уро- жай- ність, т/га	прибавка	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%		т/га	%
1. Без добрив	1,75	–	–	1,86	–	–	1,76	–	–	1,79	–	–
2. Ризоторфін	1,94	0,19	10,9	1,96	0,10	5,4	1,89	0,13	7,3	1,93	0,14	7,8
3. N <sub>30</sub>	1,82	0,17	4,0	1,86	–	–	1,91	0,15	8,5	1,86	0,07	4,0
4. N <sub>60</sub>	1,87	0,12	6,2	1,91	0,05	2,2	1,96	0,20	11,3	1,91	0,12	6,7
5. P <sub>60</sub>	1,84	0,09	10,9	1,84	–	1,1	1,83	0,07	4,0	1,84	0,05	2,8
6. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	1,94	0,19	17,6	2,14	0,28	15,1	2,09	0,33	18,7	2,05	0,26	14,5
7. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	2,01	0,26	14,9	2,25	0,39	21,0	2,14	0,38	21,5	2,13	0,34	19,0
8. P <sub>60</sub> + ризоторфін	1,90	0,15	8,6	2,25	0,39	21,0	2,23	0,47	26,7	2,12	0,33	18,4
9. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> + ризоторфін	2,24	0,49	28,0	2,26	0,40	21,5	2,29	0,53	30,1	2,26	0,47	26,2
10. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> + ризоторфін	2,16	0,41	23,4	2,26	0,70	21,5	2,18	0,42	23,9	2,20	0,41	23,0
НР <sub>0,5</sub> , т/га	0,12			0,17			0,19					

3. Урожайність насіння сої залежно від впливу мікроелементів

Варіант	Урожайність насіння, т/га				Прибавка	
	2001 р.	2002 р.	2003 р.	середнє	т/га	%
Сорт Білосніжка						
Без мікроелементів	1,75	1,86	1,76	1,79	–	–
Молибден	1,99	2,02	1,96	1,99	+0,20	11,2
Бор	2,03	2,11	2,01	2,05	+0,26	14,5
Кобальт	1,87	2,05	2,02	1,98	+0,19	11,1
Сорт Київська 27						
Без мікроелементів	1,84	1,92	1,79	1,85	–	–
Молибден	1,88	2,11	1,87	1,95	+0,10	5,4
Бор	1,97	2,22	1,93	2,04	+0,19	10,3
Кобальт	1,86	2,08	1,89	1,94	+0,09	5,4
НР <sub>0,5</sub>	0,12	0,12	0,08			

16,3–18,7, бором – 16,8–18,4, кобальтом – 17,0–17,7 (табл. 3). Молибден входить в склад ферментів, приймає участь у вуглеводному, азотному і фосфорному обмінах, синтезі хлорофілу і вітамінів, підвищує інтенсивність фотосинтезу тощо. Обробка насіння цим мікроелементом сприяла збільшенню кількості бульбочок на коренях сої в середньому на 70–80 %. Вони сприяли поліпшенню формування бульбочок через активізацію проникнення бульбочкових бактерій у тканини кореня, а також у наступному прискоренні процесу наростання листової поверхні рослин та більш активному фотосинтезу і формуванню врожаю. Бульбочки на контрольному варіанті мали жовте або сіре забарвлення, тоді як при обробці насіння молибденом вони були нормального червоного кольору.

Застосування мікроелементів при вирощуван-

ня сої на фоні інокуляції насіння забезпечує підвищення врожаю зерна на 0,20–0,26 т/га. Урожайність насіння сої в середньому за три роки досліджень на цих ділянках коливалась від 1,94 до 2,05 т/га при врожайності без внесення мікроелементів на рівні 1,79–1,85 т/га. Бор підвищував урожайність насіння сої на 10,3–14,5 %, молибден – на 5,4–11,2 % залежно від сорту.

**Висновки:** 1. При ранньому утворенні бульбочок і високоєфективному симбіозі соя формує врожай за рахунок симбіотичного азоту. Кількість азоту, яка необхідна для підтримання росту і розвитку рослин до включення в процес азотфіксації, невелика і забезпечується ґрунтовими запасами. Для страхування рослин від можливої нестачі азоту на випадок затримки появи бульбочкових бактерій або повільного їх розвитку при несприятливих умовах не виключена роль стартових доз

азотних добрив, особливо на бідних ґрунтах.

2. Збільшення врожаю сої від інокуляції було вищим, ніж від внесення азотних добрив. Наявність аміачної форми азоту в рослинах, в першу чергу, пов'язана з азотфіксацією, а вміст нітратного азоту – з ґрунтовим засвоєнням. У всі періоди обліку вміст нітратного азоту був вищим на удобрених ділянках: фаза галуження – 17,5–20,2 мг/кг ґрунту (без внесення мінерального азоту – 10,8), фаза цвітіння – 19,7–21,1 (без внесення мінерального азоту – 9,4), фаза формування бобів – 6,7–7,2 (8,0 мг/кг ґрунту).

3. Застосування інокуляції ризоторфіном сприяло отриманню 1,4 т/га, або 7,8 % приросту врожаю. Внесення фосфорних добрив у дозі  $P_{60}$  було малоефективним. При сумісному застосуванні  $P_{60}$  з азотними добривами та ризоторфіном спостерігалось підвищення врожайності насіння сої на 14,5–19 % у порівнянні з ділянками без добрив. Найбільш раціональним було застосування ризоторфіну на фоні внесення азотно-фосфорних добрив: урожайність сої була макси-

мальною на ділянці з внесенням добрив у дозі  $N_{30}P_{60}$  – 2,62 т/га, що на 26,2 % вище ділянок без добрив. Подальше збільшення дози азоту до  $N_{60}$  було малоефективним.

4. Мікроелементи поліпшували умови росту і розвитку сої, згладжуючи негативну дію несприятливих зовнішніх умов. Бор сприяв формуванню генеративних органів, кобальт – активізації росту рослин в зв'язку з кращим засвоєнням азотистих сполук, молібден – наростанню кількості та маси бульбочок. Особлива фізіологічна роль при цьому належала бору й кобальту. Середня кількість бульбочок на одній рослині складала: при обробці насіння молібденом – 16,3–18,7, бором – 16,8–18,4, кобальтом – 17,0–17,7. Обробка насіння молібденом сприяла збільшенню кількості бульбочки на коренях сої в середньому на 70–80 %, так як він є незамінним елементом багатьох ферментів, бере участь у вуглеводному, азотному і фосфорному обміні, синтезі хлорофілу й вітамінів, підвищує інтенсивність фотосинтезу.

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Арсений А.* Влияние норм высева, удобрений и орошения на продуктивность сои / А. Арсений, Г. Тодиев. – Кишинев, 1977. – С. 32–36. – (Технология получения высоких урожаев культур в условиях специализации и концентрации).
2. *Бабич А.О., Бабич-Побережна А.* Селекція і розміщення виробництва сої в Україні / А.О. Бабич, А. Бабич-Побережна – К.: ФОП Данилюк В.Г., 2008. – 216 с. – (Монографія).
3. *Даценко О.В.* Про дію молібдену та бору на нагромадження вегетативної маси, урожай і нітрогеназну активність сої / Даценко О.В. – Чабани, 1994. – 8, [1] с. – (Наукові основи ведення сільського господарства України в сучасних умовах).
4. *Заверюхин В.И.* Соя на орошаемых землях / В.И. Заверюхин // *Зерновое хозяйство*. – 1977. – № 6. – С. 45–46.
5. *Зінченко О.І.* Біологічне рослинництво : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Зінченко О.І., Алексеєва О.С., Приходько П.М. – К.: Вища школа, 1996. – 139 с.
6. *Зінченко О.І.* Рослинництво : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножка М.А. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
7. *Котенко И.Т.* Влияние минеральных удобрений на урожайность сои при орошении / Иван Тимофеевич Котенко // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1988. – № 3. – С. 18–20.
8. *Патика В.П.* Напрями і координація наукових досліджень з ґрунтової мікробіології / Володимир Пилипович Патика // *Вісник аграрної науки*. – 1996. – № 6. – С. 5–10.
9. *Самошкин В.И.* Ризоторфин под сою / В.И. Самошкин, Н.З. Толкачев // *Масличные культуры*. – 1982. – № 2. – С. 25–26.
10. *Самошкин В.И.* Эффективность гамма-ризоторфина на посевах сои в Крыму / В.И. Самошкин, Н.З. Толкачев // *Бюл. ВНИИСХ микробиологии*. – 1981. – № 34. – С. 34–36.
11. *Сварадж Л.* Действие темноты на симбиотическую азотофиксацию у сои / Л. Сварадж, П.Н. Дуброво, С.В. Ищенко [и др.] // *Физиология растений*. – 1995. – № 3. – С. 480–487.
12. *Сварадж Л., Мищенко С.В., Козлова Г.И.* [и др.]. Действие водного дефицита на симбиотическую азотофиксацию у сои / Л. Сварадж, С.В. Мищенко, Г.И. Козлова [и др.] // *Физиология растений*. – 1984. – № 5. – С. 833–840.
13. *Тимирязев К.А.* Солнце, жизнь и хлорофилл / Тимирязев К.А. – М.: Сельхозгиз, 1957. – С. 60–62. – (Избр. соч.; т. 1).
14. *Цветкова М.А.* Действие минеральных и бактериальных удобрений при орошении на урожай и качество зерна сои / М.А. Цветкова, Р.А. Термеева // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1983. – № 3. – С. 20–22.