

УДК 630*114(477.42)

© 2015

*В.Г. Дідора,
доктор сільсько-
господарських наук*

О.С. Ступницька

*Л.Д. Дідора
Житомирський
національний
агроекологічний
університет*

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИМБІОТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПОСІВІВ СОЇ В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Мета. Визначити вплив інокуляції насіння і позакореневого підживлення на забезпечення ґрунту біологічним азотом та урожайність сої. **Методи.** Агрохімічні (для визначення хімічного складу ґрунту, рослин), математичні (зокрема дисперсійний), біометричний (для визначення формування й активності симбіотичного апарату та їх зв'язку з фотосинтетичною діяльністю посівів). **Результати.** Наведено результати багаторічних досліджень з вивчення впливу елементів технології вирощування на забезпечення ґрунту біологічним азотом та урожайність сої в зоні достатнього зволоження поліського регіону України. Показано формування бульбочок залежно від інокуляції насіння та позакореневого підживлення. Розраховано кількість біологічного азоту та еквівалент аміачної селітри. **Висновки.** В умовах Полісся України необхідно провести дослідження з метою вивчення комплексу елементів технології (сорти, способи сівби, норма висіву тощо).

Ключові слова: соя, інокуляція насіння, позакореневе підживлення, бульбочкові бактерії, біологічна фіксація азоту, урожайність.

Постановка проблеми. Соя — цінна білково-олійна зернобобова культура. Вона відіграє важливу роль в сільському господарстві як унікальна продовольча, кормова, лікарська й технічна культура. Рослини сої поєднують в собі два важливих процеси — біологічну фіксацію азоту і фотосинтез. Завдяки цьому соя забезпечує власну потребу в азоті, водночас підвищуючи родючість ґрунту.

За азотфіксуювальною здатністю соя поступається лише багаторічним бобовим культурам — таким як конюшина, люцерна та ін. Завдяки обробці насіння сої перед сівбою бактеріальними препаратами, які виготовлені на основі штамів бульбочкових бактерій, під час вегетації на коренях рослин значно інтенсивніше утворюються бульбочки, через які і відбувається азотфіксація. Завдяки цій властивості соя забезпечує себе на 60–70% азотом [1]. За сприятливих умов соя може залишати в ґрунті до 310–320 кг/га азоту. На

відміну від мінеральних добрив, азот, який залишає соя в ґрунті, не забруднює навколишнього середовища, краще засвоюється іншими рослинами [4].

Біологічна фіксація азоту зумовлена симбіозом кореневої системи з бактеріальними клітинами, у складі яких міститься легемоглобін та ферментативний комплекс. У цій взаємодії головна роль належить кореневій системі, через яку до бульбочок надходять вода та поживні елементи. Частина кореневої системи, на якій містяться бульбочки, називається симбіотичним апаратом [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поєднання фотосинтезу та біологічної фіксації азоту з повітря є необхідним для сприятливих умов живлення сої. Тому важливо, щоб ці процеси не пригнічували один одного [3, 5].

Дослідниками встановлено, що від активної діяльності симбіотичного апарату

залежить урожайність культури, родючість та азотний баланс ґрунту, а також продуктивність наступних культур у сівозміні. Можливо отримати високі врожаї сої і без застосування інокуляції, але, як свідчать дослідження [3, 11], при цьому різко збільшується винос азоту з ґрунту.

За встановленими даними, до 70% від загального споживання азоту соя отримує за рахунок біологічної фіксації його з повітря завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Відомо, що утворення бульбочки спостерігається з початку фотосинтетичної діяльності, тобто з появою перших листочків. Бульбочки впливають на ріст і розвиток рослин сої збільшенням періоду функціонування листкового апарату та накопиченням органічних сполук спочатку у вегетативних, а зрештою, — у репродуктивних органах рослин [6].

За даними досліджень, азотфіксація відбувається активно у тому разі, якщо бульбочки в розтині мають рожеве забарвлення, а рослини — насичено-зелений колір. Оскільки бульбочкові бактерії є живими організмами, то слід пам'ятати, що їх життєдіяльність залежить від погодних умов. Однак навколишнє середовище впливає на бактерії через рослину, оскільки вони живуть з нею у симбіозі. Так, за нестачі вологи знижується інтенсивність фотосинтезу в рослині, а при перезволоженні — бульбочкам не вистачає кисню. Відомо, що для розвитку бульбочкових бактерій оптимальна вологість становить 60–70% від повної вологоємності ґрунту, мінімальна — 16% [3].

А.В. Подобєдов, В.І. Тарушкіна та В.Ф. Сайко встановили, що за урожайності 20 ц/га та використання препаратів на основі азотфіксуювальних бактерій соя засвоює з повітря приблизно 100 кг N з розрахунку на 1 га та 50–60 кг — у пожнивних рештках [6].

За даними О. Кириченка, при позакореневому підживленні рослина формує на 15–20% більше вегетативної маси, споживаючи при цьому на 20% менше вологи, а урожайність збільшується на 15–24% [9].

Позакореневе підживлення рослин сої слід проводити в найкритичніші фази розвитку: бутонізації — цвітіння та формування бобів.

Завдяки позакореневим підживленням рослини отримують всі необхідні елементи живлення у збалансованому співвідношенні. Мікроелементи у достатній кількості сприяють кращому розвитку рослини загалом і, відповідно, підвищенню урожайності. Також

рослини сої стають стійкішими до зовнішніх стресових факторів (перепаду температури, посухи або перезволоження, різних хвороб). За результатами досліджень, унесення мікроелементів на фоні інокуляції підвищує урожайність сої на 0,2–0,26 ц/га [2].

За даними результатів польових досліджень, що проводилися в Центральній Індії на чорноземних ґрунтах з дефіцитом азоту, фосфору, калію, сірки та цинку, було встановлено, що збалансоване використання добрив NPKSZn у нормі $N_{25}P_{60}K_2O$ та $S_{20} + Zn_5$ кг сприяло збільшенню урожайності сої на 30–35% порівняно зі звичайною системою удобрення [8].

Мета досліджень — визначити вплив інокуляції насіння і позакореневого підживлення на забезпечення ґрунту біологічним азотом та урожайність сої.

Методика досліджень Дослід проводили впродовж 2012–2014 рр. на дослідному полі Житомирського Національного агроєкологічного університету в Черняхівському районі Житомирської області, аналітичні дослідження виконували на кафедрі технології зберігання та переробки продукції рослинництва ЖНАЕУ.

Дослід закладено в 4-кратній повторності, розміщення варіантів — систематичне. Площа посівної ділянки — 31,2 м², облікової — 25,3 м².

Ґрунт дослідної ділянки — ясно-сірий, щільність ґрунту — 1,17–1,3 г/см³, загальна пористість — 48–51,6%, уміст рухомих форм азоту — 61,6 мг/кг, P₂O₅ — 160, K₂O — 65 мг/кг, pH=5,9.

У польовому досліді визначали розміщення, кількість та вагу бульбочок на коренях рослин за методикою Г.С. Посипанова [7]. Як свідчать результати досліджень, соя належить до групи культур, у яких бульбочки розміщені компактно навколо кореня на глибині 10–12 см з радіусом до 12 см.

Перед посівом насіння обробили інокулянтном Ризогумін, що містить специфічні вірулентні активні штами бульбочкових бактерій роду *Bradirisobium japonicum*, для поліпшення симбіозу рослин з бульбочковими бактеріями. У період бутонізації вносили комплексні добрива на хелатній основі кристалон універсальний в нормі 2 кг/га, який містить N₁₈P₁₈K₁₈ та комплекс мікроелементів.

Для визначення наявності бульбочок на коренях рослин у різні фази росту та розвитку ми відбирали моноліти ґрунту діаметром

1. Вплив елементів технології вирощування сої на формування бульбочок, шт./рослині (середнє за 2012 – 2014 рр.)

Варіант	Фаза росту і розвитку						Збільшення за період
	бутонізація		цвітіння		налив бобів		
	шт.	+ до контролю	шт.	+ до контролю	шт.	+ до контролю	
Контроль	12	–	28	–	42	–	30
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	21	9	42	14	64	22	43
Інокуляція	16	4	43	15	73	31	57
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +i	26	14	59	31	94	52	68
I + ПП	17	5	50	22	76	34	59
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +пп+i	29	17	68	40	98	56	69

50 см і завглибшки 0 – 20 см. Коріння сої вимивали під водою на ситах з діаметром отворів 1 мм. Наявні глинисті часточки ґрунту видаляли м'якою щіточкою під проточною водою над ситом. Після того, як весь корінець повністю звільняли від ґрунту, бульбочки на ньому просушували фільтрувальним папером і відокремлювали від коріння, зважували і визначали кількість з легемоглобіном та без нього.

Результати досліджень. Бульбочки формуються переважно на головному корені, де вони є більшими за розмірами та масою, а також певний відсоток формується на бокових корінцях. Основна їх маса розміщена в орному шарі ґрунту. Встановлено, що за сприятливих умов на одній рослині утворюється в середньому 21 – 80 бульбочок і навіть більше [10].

Бульбочки стають помітні на корінні сої через 7 – 10 днів після появи сходів, тобто в період формування першого трійчастого листка. Приблизно через 15 – 25 днів після їх утворення розпочинається процес

азотфіксації і триває він аж до старіння рослин. У початковій фазі розвитку сої азотфіксація протікає слабо, згодом активність її різко зростає, досягаючи свого максимуму під час цвітіння і наливу бобів. Після нього вона знижується у міру наближення дозрівання.

Як видно з табл. 1, у варіантах з однаковою кількістю внесення NPK та використаням різних біопрепаратів кількість бульбочок на одній рослині відрізняється. Порівняно з контролем найкращим був варіант з обробкою насіння інокулянтом та застосуванням позакореневого підживлення на фоні N₆₀P₆₀K₆₀. До фази наливу бобів кількість бульбочок на корінні рослин збільшилася як у контрольному варіанті, так і у варіанті із застосуванням біопрепаратів на фоні NPK. Однак у контрольному варіанті цей показник був у 1,5 – 2 рази менший.

Застосування інокуляції насіння та позакореневого підживлення на фоні N₆₀P₆₀K₆₀ також сприяло збільшенню маси бульбочок (табл. 2).

2. Вплив елементів технології вирощування сої на масу бульбочок, г/рослину (середнє за 2012 – 2014 рр.)

Варіант	Фаза росту і розвитку						Збільшення за період
	бутонізація		цвітіння		налив бобів		
	г	+ до контролю	г	+ до контролю	г	+ до контролю	
Контроль	0,09	–	0,21	–	0,39	–	0,30
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,15	0,06	0,32	0,11	0,56	0,17	0,41
Інокуляція	0,14	0,10	0,35	0,14	0,53	0,14	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +i	0,19	0,10	0,46	0,25	0,75	0,36	0,56
I + ПП	0,14	0,05	0,37	0,16	0,52	0,13	0,38
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +пп+i	0,20	0,11	0,51	0,30	0,83	0,44	0,63

3. Фотосинтетична активність, біологічна фіксація азоту і врожайність сої залежно від мінерального живлення, інокуляції насіння та позакореневого підживлення (середнє за 2012 – 2014 рр.)

Варіант	Кількість біологічного азоту, кг/га	Еквівалент аміачної селітри, кг д. р.	Максимальна площа листової поверхні, тис. м ² /га	ФП за весь період вегетації	Урожайність, т/га
Контроль	18,8	55,2	40798	1,37	1,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,3	71,3	46445	1,60	2,6
Інокуляція	32,9	96,8	42338	1,46	2,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +i	45,6	134,2	47645	1,63	2,8
I + ПП	36,1	106,2	44746	1,57	2,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +пп+i	51,5	151,5	49568	1,72	3,0
НІР ₀₅	–	–	–	–	0,13

У фазу цвітіння у контрольному варіанті маса становила 0,21 г, тоді як у варіантах N₆₀P₆₀K₆₀+i та N₆₀P₆₀K₆₀+пп+i, відповідно, – 0,46 г і 0,51 г. Схожа ситуація спостерігалася і у фазу наливу бобів. Маса бульбочок на одній рослині за всіма фазами росту і розвитку у варіантах із застосуванням інокуляції та позакореневого підживлення на фоні добрив порівняно з контролем в 1,5 – 2 рази вища.

Соя здатна фіксувати азоту майже стільки, скільки виносить його з урожаєм, але залишає при цьому велику кількість його у ґрунті в складі корневих решток та бульбочок.

З табл. 3 видно, що максимальна кількість азоту фіксувалася не лише за використання біопрепаратів, а й за внесення дози азоту — N₆₀. За отриманими даними, ми вираховували кількість аміачної селітри, що еквівалентна фіксованому азоту симбіотичним апаратом рослин сої.

За результатами досліджень встановлено, що максимальна площа листової поверхні наростає у період утворення бобів. Порівняно з контролем найвищий індекс листової поверхні відзначався у варіантах з проведенням інокуляції та позакореневого підживлення на фоні N₆₀P₆₀K₆₀, що на 0,54 і 0,65 вище, ніж у контрольному варіанті (табл. 3).

Площа листової поверхні у варіантах з унесенням добрив на 5,6 – 8,7 тис. м²/га була більшою порівняно з контрольним варіантом, при застосуванні лише інокуляції та позакореневого підживлення — на 1,5 – 3,9 тис. м²/га, а при застосуванні N₆₀P₆₀K₆₀+i та N₆₀P₆₀K₆₀+пп+i, відповідно, — 8,7 і 6,8 тис. м²/га.

Приріст урожаю насіння сої у варіанті з унесенням мінеральних добрив у дозі N₆₀P₆₀K₆₀ з наступним позакореневим підживленням на фоні обробки насіння інокулянтном Ризогумін становив 1,1 т/га.

Інокуляція насіння сої забезпечує розвиток бульбочок і накопичення біологічного азоту в ґрунті 32,9 кг/га, що в перерахунку дорівнює еквіваленту аміачної селітри 96,8 кг/га, у грошовій оцінці — 3600 грн. Комплексне внесення мінеральних добрив у дозі N₆₀P₆₀K₆₀ з наступним позакореневим підживленням комплексним добривом кристалон універсальний на фоні інокуляції насіння сприяє активному розвитку бульбочок та фіксації біологічного азоту — 51,5 кг/га, в еквівалентному обчисленні становить 151,5 кг аміачної селітри на 1 га, що сприяє підвищенню родючості ґрунту та економії 1814 грн/га.

Висновки

Обробка насіння інокулянтном Ризогумін у дозі 200 г/т насіння сприяє розвитку бульбочок і створює умови для розвитку асиміляційної поверхні, відповідно, на 17 бульбочок і 1,5 тис. м²/га порівняно з контрольним варіантом.

Застосування передпосівної обробки насіння інокулянтном і проведення позакореневого

підживлення комплексним добривом на хелатній основі кристалон універсальний в дозі 2 кг/га сприяє інтенсивному розвитку бульбочок та листової поверхні, відповідно, на 21 шт. бульбочок і 3,9 тис. м²/га порівняно з контролем.

Установлено, що досліджувані фактори позитивно впливали на формування

симбіотичного апарату в рослин. Внесення $N_{60}P_{60}K_{60}+i+pp$ не пригнічує азотфіксувальної діяльності мікроорганізмів, а, навпаки, сприяє утворенню кількості бульбочок на кореневій системі — 56 шт. порівняно з неудообреним фоном.

Створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин сої завдяки інокуляції насіння та позакореневого підживлення на фоні внесення мінеральних добрив ($N_{60}P_{60}K_{60}$) сприяло формуванню площі листової поверхні і становило на 8,7 тис. м²/га більше

порівняно з контролем.

Приріст урожаю ранньостиглого сорту КиВін при застосуванні $N_{60}P_{60}K_{60}+i$ та $N_{60}P_{60}K_{60}+pp+i$ становив, відповідно, 0,9 і 1,1 т/га.

В умовах Полісся України на середньо-забезпечених елементами живлення ясносірих ґрунтах збільшення посівних площ сої і застосування елементів інтенсивної технології дає змогу забезпечити ґрунт біологічним азотом, що відповідає еквіваленту аміачної селітри — 151,5 кг/га.

Бібліографія

1. Бабич А.О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля/А.О. Бабич. — К.: Аграр. наука, 1998. — 272 с.
2. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої/А.О. Бабич. — К.: Урожай, 1993. — 405 с.
3. Малиновська І.М. Бактеризація насіння сої та її вплив на ріст і розвиток рослин/І.М. Малиновська, Ю.Т. Колмаз//Зб. наук. праць Інституту землеробства УААН. — К.: Нора Принт, 1997. — Вип. 1. — С. 34–36.
4. Марущак О. Вирощування сої з інокулянтами/О. Марущак//Агроном. — 2013. — № 1. — С. 152–153.
5. Пенчуков В.Н. Культура больших возможностей/В.Н. Пенчуков, Н.В. Медяников, А.У. Капущев. — Ставрополь, 1984. — 287 с.
6. Подобедов А.В. Мировое производство сои/А.В. Подобедов, В.И. Тарушкин, В.Ф. Сайко. — К.: Аграр. наука. — 1998. — № 6. — С. 12–15.
7. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха/Г.С. Посыпанов. — М.: Агропромиздат, 1991. — 299 с.
8. Соя: решаем парадоксальные проблемы. Эффективное использование внесенных питательных элементов//Зерно. — 2013. — № 2 (83). — С. 100–109.
9. Специфіка формування симбіотичного апарату у сої при інокуляції гомо- та гетерологічними бульбочковими бактеріями/[О.В. Кириченко, Л.В. Титова, С.К. Береговенко, П.М. Масенко]//Физиология и биохимия культурных растений. — 2002. — Т. 34, № 5. — С. 25–27.
10. Шелілова Т.П. Формування високопродуктивних посівів сої під впливом агротехнічних прийомів в умовах Кіровоградської області: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.01.09 «Рослинництво»/Т.П. Шелілова. — Дніпропетровськ, 2009. — 16 с.
11. Berglund D.R. North Dakota/D.R. Berglund, T.C. Helms. — Soybean performance testing. NDSU. December, 1991.

Надійшла 7.07.2015.