

УДК 635.655:631.5

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.24>

СИМБІОТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА УРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ ТА УДОБРЕННЯ

Фурман О.В. – аспірант,

Національний науковий центр «Інститут землеробства

Національної академії аграрних наук України»

У статті наведено результати досліджень із вивчення впливу удобрення та інокуляції насіння фосфонітрагіном на основні показники симбіотичної продуктивності посівів сої (кількість і маса активних бульбочок, активний симбіотичний потенціал) та врожайність насіння її сортів Вільшанка й Сузір'я.

Дослідження проводили впродовж 2013–2015 років на полях ДПДГ «Саливонківське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН на чорноземах типових малогумусних Правобережного Лісостепу України.

У результаті виконаних експериментальних досліджень встановлено позитивний вплив інокуляції насіння фосфонітрагіном та удобрення на формування й функціонування симбіотичного апарату сортів сої та формування нею рівня врожайності. Визначено, що внесення мінеральних добрив сприяє збільшенню кількості активних бульбочок на коренях рослин у сорту Вільшанка від 21,2 шт./рослину на фоні $P_{60}K_{60}$ до 30,0 шт./рослину за внесення $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$, у сорту Сузір'я – від 28,7 до 36,8 шт./рослину відповідно. За умови проведення бактеризації насіння кількість активних бульбочок на неудобренних варіантах зростала на 20,1 шт./рослину у скоростиглого сорту та на 22,1 шт./га – у середньостиглого сорту.

Доведено, що сумісна дія оброблення насіння фосфонітрагіном та внесення $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у фазі бутонізації сприяє формуванню як максимальної симбіотичної продуктивності посівів сої (кількість активних бульбочок у сорту Вільшанка – 43,3 шт./рослину, у сорту Сузір'я – 51,0 шт./рослину; маса активних бульбочок – 1,26 та 1,56 г/рослину відповідно, активний симбіотичний потенціал за весь період тривалості симбіозу – 18,40 тис. кг діб/га та 22,23 тис. кг діб/га відповідно), так і найвищої в досліді врожайності – 2,91 т/га у скоростиглого сорту та 3,17 т/га – у середньостиглого сорту.

Ключові слова: соя, інокуляція, фосфонітрагін, удобрення, кількість і маса бульбочок, активний симбіотичний потенціал, урожайність.

Furman O.V. Symbiotic productivity and yield of seeds of soybean depending on inoculation and fertilizing

The article presents the results of studies of the effect of fertilizing and seeds inoculation with phosphonitrargin on the main indicators of symbiotic productivity of soybean crops (number and weight of active tubers, active symbiotic potential) and seed yield of soybean varieties Vilshanka and Suzirya.

The research was conducted in 2013–2015 on the fields of SERF Salivonkivske of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beets of NAAS on typical low-humus chernozems of the Forest-Steppe of Ukraine.

As a result of the performed experimental researches, the positive influence of seeds inoculation with phosphonitrargin and fertilizers on symbiotic apparatus formation and its functioning in soybean varieties and on yield level formation was established. It is determined that mineral fertilizers application increases the number of active roots nodules in the variety Vilshanka from 21.2 pcs./plant against the background $P_{60}K_{60}$ to 30.0 pcs./plant with the application of $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ in the variety Suzirya – respectively, from 28.7 to 36.8 pieces/plant. Seed bacterization increased the number of active tubers by 20.1 units/plant in the early-ripening variety and by 22.1 units/ha in the medium-ripening variety.

It was proved that the combined effect of seed treatment with phosphonitrargin and $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ application in the budding phase promotes the formation of maximum symbiotic productivity of soybean crops (the number of active tubers in the variety Vilshanka – 43.3 pcs./plant, in the variety Suzirya – 51.0 pcs./plant; the mass of active tubers, respectively 1.26 and 1.56 g/plant, active symbiotic potential for the entire duration of the symbiosis, respectively 18.40 thousand kg/day/ha and 22.23 thousand kg/day/ha, respectively) and the maximum yield in the experiment – 2.91 t/ha in the early-ripening variety and 3.17 t/ha in the medium-ripening variety.

Key words: soybean, inoculation, phosphonitrargin, fertilizer, number and weight of tubers, active symbiotic potential, yield.

Постановка проблеми. Соя (*Glycine max*) – унікальна білково-олійна зернобобова культура, яка характеризується високими адаптивними властивостями до умов вирощування, універсальністю використання та збалансованістю білка за амінокислотним складом і його функціональною активністю. Завдяки цим особливостям і високій продуктивності, порівняно з іншими однорічними зернобобовими та олійними культурами, вона посідає перше місце у світі як за площами посіву, так і за валовим збором зерна [2; 8].

Успіх під час вирощування сої майже наполовину залежить від правильного вибору сорту, більшість з яких сьогодні характеризується вузькою екологічною пристосованістю та придатні для вирощування тільки в ґрунтово-кліматичних умовах певної географічної широти [1; 3]. Важливою умовою реалізації потенціалу продуктивності сучасних сортів є також повна відповідність технології вирощування їхнім біологічним вимогам до зовнішніх факторів життя. Серед складників технології важливими чинниками, що сприяють реалізації генетичного потенціалу сортів сої, є інокуляції насіння та мінеральні добрива [4; 6; 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Соя виносить із ґрунту значну кількість поживних речовин, тому під час вирощування її інтенсивних сортів необхідним є створення в кореневмісному шарі ґрунту високих концентрацій легкодоступних елементів живлення, зокрема сполук азоту, оскільки ця зернобобова культура найбільше виносить із ґрунту саме цей елемент, що пояснюється високим вмістом в її насінні білка [2; 11].

Завдяки азотфіксації рослини сої частково або навіть повністю задовольняють свою потребу в азоті, що зменшує їхню залежність від наявності азотних сполук у ґрунті та дає змогу вирощувати за браку або мінімального використання азотних добрив. Однак симбіотична взаємодія між рослинами сої та бульбочковими бактеріями не завжди характеризується високою ефективністю щодо фіксації молекулярного азоту [7].

На рівень активності симбіозу суттєво впливають комплементарність симбіотичних партнерів, гідротермічний режим, азотне живлення та інші чинники [11], тому під час вирощування високопродуктивних сортів сої не завжди вдається повною мірою забезпечити її рослини азотом завдяки біологічній азотфіксації. У результаті азотне живлення бобових культур, яке ґрунтується тільки на біологічно фіксованому азоті, піддається певному ризику, оскільки необхідну кількість азоту рослини можуть одержати лише за умови достатнього розвитку симбіотичного апарату та активної його діяльності. За недостатнього надходження біологічного азоту соя з культури, що акумулює фіксований азот, перетворюється на культуру, яка використовує азот ґрунту [10; 11]. Отже, використання бактеріальних препаратів не відкидає можливості внесення помірних доз азотних мінеральних добрив, оскільки недостатня концентрація цього елемента живлення, особливо на початкових етапах росту рослини, часто є причиною низької інтенсивності процесу фотосинтезу [11; 15].

Завдяки симбіозу з ризобіями рослини бобових культур не тільки менш залежні від наявності сполук азоту в ґрунті, але й більш стійкі до дії стресових чинників, поліпшується фітосанітарний стан їхніх посівів, зростає інтенсивність фотосинтезу та збільшується в середньому на 20–35% урожай сої та на 5–6% – вміст у зерні білка [3].

Оскільки бульбочкових бактерій у складі мікробіоценозу насіння сої не виявлено, для формування ефективного соєво-ризобіального симбіозу обов'язковим агрозаходом є штучна інокуляція насіння високоактивними штамми специфічних

бульбочкових бактерій, які характеризуються високою екологічною пластичністю та комплементарністю до широкого спектра сучасних сортів. Інокуляція насіння сої мікробними препаратами поліфункціональної дії на основі азотфіксувальних і фосформобілізуючих бактерій значно поліпшує, окрім азотного, ще фосфорне живлення, оскільки завдяки ферментативній діяльності фосформобілізуючих мікроорганізмів та їхній фізіологічній активності відбувається розчинення недоступних фосфатів ґрунту й засвоєння їх рослиною [12].

Ефективність симбіотичної взаємодії макро- і мікросимбіонтів зумовлюється різноманітними екологічними факторами: біотичними, абіотичними та антропогенними [7]. Одним із чинників інтенсифікації симбіотичної азотфіксації є використання різних доз мінеральних добрив. Найбільш дискусійним є питання доцільності та строків внесення азотних добрив під бобові культури [13; 14].

Отже, попри значну кількість робіт, присвячених вивченню співвідношення автотрофного та симбіотичного азотного живлення рослин сої, це питання не є досить вивченим, оскільки істотно залежить від сорту та умов вирощування.

Постановка завдання. Метою статті було проаналізувати вплив удобрення та інокуляції насіння фосфонітрагіном на формування та функціонування симбіотичного апарату сої та рівень урожайності її насіння в умовах Правобережного Лісостепу.

Полеві дослідження проводили впродовж 2013–2015 років на полях ДПДГ «Саливонківське» ІБКіЦБ НААН. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий. Вміст гумусу в шарі 0–20 см – 4,56%, рН сольової витяжки – 6,7–7,2. Агротехніка в досліді – загальноприйнята для Правобережного Лісостепу України, за винятком факторів, що вивчалися. Площа облікових ділянок – 25 м² за 4-разової повторності. У досліді вивчали скоростиглий сорт Вільшанка і середньостиглий сорт Сузір'я (оригінація – ННЦ «Інститут землеробства НААН»). Норма висіву сої – 700 тис. насінин на 1 га. Попередник – пшениця озима. Фосфорні та калійні добрива вносили восени під основний обробіток ґрунту. Азотні добрива вносили за схемою, що вивчалася: під передпосівну культивування та в підживлення рослин у фазі бутонізації. Сівбу проводили необробленим насінням і насінням, інокульованим фосфонітрагіном.

Дослідження проводили згідно з «Основами наукових досліджень в агрономії» [5]. Оцінку роботи симбіотичного апарату визначали відповідно до методики Г.С. Посипанова [10].

Гідротермічні умови впродовж вегетації сої у 2013 та 2014 роках були сприятливими для росту й розвитку рослин, на відміну від вегетаційного періоду 2015 року. У вказаний рік вегетація сої відбувалася на фоні високих температур і низької відносної вологості повітря та недостатньої кількості атмосферних опадів, у результаті чого ГТК за вказаний період становив 0,6–0,7 за оптимального значення для культури – 1,0–1,7.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ефективність бобово-ризобіального симбіозу залежить від формування та функціонування симбіотичного апарату, для оцінки роботи якого найчастіше використовують показники кількості та маси бульбочок на одній рослині. Однак не всі кореневі бульбочки здатні до азотфіксації, а лише ті, які містять червоний пігмент – леггемоглобін [12]. Тому з метою об'єктивної оцінки участі симбіотично фіксованого азоту у формуванні врожаю важливим є визначення кількості та маси саме активних бульбочок.

У результаті отриманих нами експериментальних даних встановлено позитивний вплив досліджуваних елементів технології вирощування на формування

кількості та маси активних бульбочок на коренях сої сортів Вільшанка та Сузір'я (табл. 1).

Таблиця 1
Показники симбіотичної продуктивності сої залежно від інокуляції та удобрення (у середньому за 2013–2015 рр.)

Удобрення	Кількість активних бульбочок, шт./рослину		Маса активних бульбочок, г/рослину		АСП, тис. кг'діб/га за весь період		Урожайність, т/га	
	фаза наливу бобів							
	проведення передпосівної інокуляції*							
	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Сорт Вільшанка								
Без добрив (контроль)	14,5	34,6	0,51	1,07	10,06	14,87	1,89	2,16
$P_{60}K_{60}$	21,2	36,4	0,66	1,12	11,21	16,04	2,05	2,40
$N_{15}P_{60}K_{60}$	23,5	37,8	0,73	1,16	12,11	16,63	2,18	2,46
$N_{30}P_{60}K_{60}$	27,3	40,0	0,78	1,19	13,06	17,27	2,33	2,70
$N_{45}P_{60}K_{60}$	19,4	27,0	0,60	0,78	10,50	12,87	2,47	2,73
$P_{60}K_{60}+N_{15}$	23,6	38,6	0,75	1,17	11,98	16,43	2,23	2,50
$N_{15}P_{60}K_{60}+N_{15}$	29,4	42,8	0,81	1,23	13,31	17,82	2,48	2,81
$N_{30}P_{60}K_{60}+N_{15}$	30,0	43,3	0,83	1,26	14,11	18,40	2,54	2,91
Сорт Сузір'я								
Без добрив (контроль)	20,7	42,8	0,63	1,22	11,69	17,15	2,19	2,43
$P_{60}K_{60}$	28,7	47,3	0,72	1,33	13,04	18,55	2,46	2,65
$N_{15}P_{60}K_{60}$	31,3	47,8	0,81	1,39	14,10	19,75	2,53	2,71
$N_{30}P_{60}K_{60}$	33,9	48,3	0,92	1,46	15,15	20,51	2,66	2,84
$N_{45}P_{60}K_{60}$	24,0	33,8	0,68	0,98	12,29	14,40	2,73	2,88
$P_{60}K_{60}+N_{15}$	32,3	48,0	0,83	1,42	13,84	19,43	2,58	2,74
$N_{15}P_{60}K_{60}+N_{15}$	35,9	50,3	1,01	1,52	15,75	21,30	2,79	3,02
$N_{30}P_{60}K_{60}+N_{15}$	36,8	51,0	1,07	1,56	16,28	22,23	2,91	3,17
$НІР_{0,05}$	2,13		0,12		1,05		0,54	

Визначено, що впродовж вегетації рослин кількість бульбочок поступово зростає, досягаючи свого максимуму з настанням фази наливу бобів. У вказаній фазі в результаті внесення мінеральних добрив спостерігалось збільшення кількості активних бульбочок на коренях рослин сої у скоростиглого сорту від 21,2 шт./рослину на фоні $P_{60}K_{60}$ до 30,0 шт./рослину за внесення $N_{30}P_{60}K_{60}+N_{15}$, у середньостиглого сорту – від 28,7 до 36,8 шт./рослину. За умов проведення бактеризації насіння кількість активних бульбочок на неудобрених варіантах зростала на 20,1 шт./рослину в сорту Вільшанка, порівняно до контролю, та на 22,1 шт./рослину – у сорту Сузір'я.

Найбільш сприятливі умови для формування максимальної кількості активних бульбочок було сформовано за сумісної дії оброблення насіння фосфотригідом і внесення $N_{30}P_{60}K_{60}+N_{15}$ – 43,3 шт./рослину у сорту Вільшанка

та 51,0 шт./рослину – у сорту Сузір'я, що перевищувало контроль, відповідно на 28,8 та 30,3 шт./рослину.

На цьому ж варіанті спостерігалась і найбільша маса активних бульбочок, яка у скоростиглого сорту становила 1,25 г/рослину, у середньостиглого – 1,54 г/рослину, що більше у 2,5 рази, ніж на контрольному варіанті.

Одним із показників, які дають можливість оцінити ефективність бобово-ризобіального симбіозу впродовж вегетаційного періоду, є загальний та активний симбіотичний потенціал, величина якого визначається тривалістю роботи симбіотичного апарату [10]. Зазвичай значення загального симбіотичного потенціалу (далі – ЗСП) більші за значення активного симбіотичного потенціалу (далі – АСП), оскільки загальний симбіоз триває від появи перших бульбочок на коренях рослин до повного їх розпаду, водночас період активного симбіозу обмежується часом від появи до руйнування в бульбочках червоного пігменту [6].

Загальний симбіотичний потенціал має переважно теоретичне значення, оскільки зростання його величини не завжди зумовлює збільшення величини активного симбіотичного потенціалу, який тією або іншою мірою показує вплив окремих чинників на рівень накопичення біологічного азоту [6; 12].

Серед факторів, які було поставлено на вивчення, позитивний вплив на формування величини симбіотичного потенціалу мало проведення бактеризації насіння, завдяки чому відбувалось інтенсивніше заселення коренів рослин симбіотичними бактеріями, формування більшої кількості та маси бульбочок і, як наслідок, зростання величини симбіотичного потенціалу. У результаті інокуляції насіння сої препаратом на основі штамів бульбочкових бактерій (*Br. japonicum*) і фосфатмобілізуємих мікроорганізмів (*B. mucilaginosus*) активний симбіотичний потенціал за весь період тривалості симбіозу в сорту Вільшанка зростав на 4,81 тис. кг·діб/га, у сорту Сузір'я – 5,46 тис. кг·діб/га, порівняно до контролю.

Внесення мінеральних добрив збільшувало симбіотичний потенціал в обох сортах, однак приріст його, залежно від дози азотних добрив був різним. Найменший АСП спостережено на варіантах, де вносили $N_{45}P_{60}K_{60}$ – у скоростиглого сорту 10,50 тис. кг·діб/га, у середньостиглого сорту – 12,29 тис. кг·діб/га. Роздрібне внесення азотних добрив завдяки проведенню підживлення ними рослин у фазі бутонізації сприяло підвищенню інтенсивності процесів життєдіяльності рослинного організму, зокрема симбіотичного апарату. У результаті на ділянках, де вносили $N_{15-30}P_{60}K_{60} + N_{15}$, АСП зростав у сорту Вільшанка на 3,25–4,05 тис. кг·діб/га, у сорту Сузір'я – на 4,06–4,59 тис. кг·діб/га.

Найбільш ефективним було поєднання всіх технологічних елементів, що вивчалися. У результаті за весь період симбіозу максимальні значення активного симбіотичного потенціалу (18,40 тис. кг·діб/га в сорту Вільшанка, 22,23 тис. кг·діб/га в сорту Сузір'я) було сформовано на варіантах, що передбачали проведення інокуляції насіння фосфонітрагіном і внесення $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у фазі бутонізації рослин. Найвища симбіотична активність властива сорту Сузір'я.

У середньому за 2013–2015 роки врожайність сої в сорту Вільшанка становила 1,89–2,91 т/га, у сорту Сузір'я – 2,19–3,17 т/га. Найвищий урожай у скоростиглого сорту (2,91 т/га) та середньостиглого сорту (3,17 т/га) було отримано за умови проведення інокуляції насіння препаратом фосфонітрагін і внесення $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ у фазі бутонізації рослин. Отримані значення перевищували варіант без обробки насіння та внесення добрив на 54 та 44,8% відповідно.

Висновки і пропозиції. Отже, в умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі типовому малогумусному середньосуглинковому формування

та функціонування симбіотичного апарату сої певною мірою можна регулювати агротехнічними заходами, зокрема шляхом проведення інокуляції насіння та внесення добрив. Встановлено, що рівень урожайності насіння сої визначається ефективністю роботи симбіотичного апарату. На варіантах, де спостережено максимальні значення активного симбіотичного потенціалу та кількості й маси активних бульбочок, був і найвищий рівень урожаю насіння сої сортів Вільшанка (2,91 т/га) та Сузір'я (3,17 т/га).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Андрієнко А.Л., Мащенко Ю.В. Вплив різного насичення сівозмін соєю на її продуктивність. *Агронам*. 2011. № 1. С. 140–143.
2. Бабич А.А., Бабич-Побережна А.О. Соєвий пояс і розміщення виробництва сортів сої в Україні. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 10.
3. Білявська Л.Г. Аспекти адаптивної селекції сої в умовах зміни клімату. *Корми і кормовиробництво*. 2008. № 61. С. 10–16.
4. Венедіктов О.М. Вплив різних штамів бактеріальних препаратів на активність симбіозу та урожайність насіння сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 70. С. 93–100.
5. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В.О. Єщенко. Київ : Дія, 2005. 288 с.
6. Симбіотична продуктивність сої залежно від рівня удобрення в Правобережному Лісостепу / Г.М. Заболотний та ін. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2015. Вип. 4. С. 66–71.
7. Біологічна фіксація азоту та її значення в азотному живленні рослин. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку : у 2 т. / гол. ред. В.В. Моргун. Київ : Логос, 2009. Т. 1. С. 344–386.
8. Михайлов В.Г. Селекція сої в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 12. С. 33–35.
9. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур / В.Ф. Петриченко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 10. С. 15–19.
10. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие. Москва : Агропромиздат, 1991. 300 с.
11. Симбіоз штамів *Bradyrhizobium japonicum* із соєю за різних ґрунтово-кліматичних умов / Д.В. Крутило та ін. *Агроекологічний журнал*. 2008. № 3. С. 70–74.
12. Темрієнко О.О. Симбіотична продуктивність та урожайність насіння сої залежно від інокуляції та позакореневих підживлень в умовах Лісостепу Правобережного. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету: сільське господарство та лісівництво*. 2018. Вип. 9. С. 187–199.
13. Чинчик О.С. Оптимізація сортової агротехніки вирощування сої за рахунок способу сівби та удобрення в умовах Західного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Кам'янець-Подільський, 2008. 18 с.
14. Якісні показники насіння сої залежно від впливу мінеральних і бактеріальних добрив / М.Я. Шевніков та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 4. С. 15–20.
15. Osborne S.L., Riedell W.E. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the Northern Great Plains. *Agron*. 2006. Vol. 98. № 6. P. 1569–1574.