

УДК 631.4:631.8:631.547

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.29>

ДИНАМІКА КІЛЬКОСТІ БУЛЬБОЧОК ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ СОЇ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ

Шкатула Ю.М. – к.с.-г.н., доцент,

завідувач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,

Вінницький національний аграрний університет

Забарна Т.А. – к.с.-г.н.,

старший викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,

Вінницький національний аграрний університет

Черешнюк В.В. – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії,

Вінницький національний аграрний університет

Одним із перспективних напрямків сучасного землеробства є використання мікробних препаратів і мікродобрив для забезпечення біологічної азотфіксації. У статті наведено результати досліджень щодо вивчення впливу інокуляції насіння сої мікробіологічними препаратами і проведення позакореневих підживлень мікродобривами на кількість бульбочок у загальній кількості та активних бульбочок у фазу початок цвітіння сої та формування насіння.

Метою дослідження було вивчення впливу екологічно безпечних способів підвищення симбіотичної азотфіксації на продуктивність сої на сірих лісових ґрунтах Правобережного лісостепу України. Польові та лабораторні дослідження проводили впродовж 2022–2023 рр. на дослідному полі с. Агронічне ВНАУ. Об'єкт дослідження – рослини сої, процеси їх розвитку, вплив інокуляції та позакореневого підживлення мікроелементами на формування та динаміку утворення бульбочок залежно від біологічних особливостей.

Вирощування сої сорту Паллада в умовах Лісостепу правобережного із проведенням інокуляції насіння сої перед посівом і позакореневих підживлень мікродобривами сприяють позитивній дії формуванню кількості бульбочкових бактерій, а в подальшому симбіотичного потенціалу, що суттєво впливає на продуктивність сої. Інокуляція насіння сої препаратами Атува + протектор Премакс, в нормі витрат 2,0 л/т + 0,5 л/т та проведення позакореневого підживлення мікродобривами Ярило Соя 3,0 л/га + Хелпрост Соя, 3,0 л/га сприяло утворенню бульбочок на коріннях сої у період цвітіння в кількості 32 шт. на рослину, з них активних 24,7 шт., що становить 77,2 %. У період формування зерна сої кількість бульбочок зменшилась порівняно з обліком у фазу цвітіння і була на рівні 17,8 шт. на рослину, з них активних 11,5 шт., що становить 64,6 %.

Ключові слова: соя, мікробіологічні препарати, мікродобрива, позакоренеve підживлення, бульбочки, фаза росту і розвитку.

Shkatula Yu.M., Zabarna T.A., Cheresnyuk V.V. Dynamics of the number of nodules depending on the inoculation of soybean seeds and foliar feeding

One of the promising areas of modern agriculture is use of microbial preparations and microfertilizers to ensure biological nitrogen fixation. The article presents the results of studies on the impact of inoculation of soybean seeds with microbiological preparations and foliar feeding with microfertilizers on the number of nodules in the total number and active nodules in the phase of the beginning of soybean flowering and seed formation.

The purpose of the study was to study the impact of environmentally safe methods of increasing symbiotic nitrogen fixation on soybean productivity in the gray forest soils of the Right Bank forest-steppe of Ukraine. Field and laboratory studies were conducted during 2022–2023 at the experimental field of the village. Agronomic VNAU. The object of research is soybean plants, their development processes, the influence of inoculation and foliar feeding with trace elements on the formation and dynamics of nodule formation depending on biological features.

Cultivation of soybeans of the Pallada variety in the right-bank forest-steppe of Ukraine with inoculation of soybean seeds before sowing and foliar fertilizing with microfertilizers contribute

to the positive effect on the formation of the number of nodule bacteria, and subsequently the symbiotic potential, which significantly affects the productivity of soybeans. Inoculation of soybean seeds with *Atuva* + protector *Premax*, at the consumption rate of 2,0 l/t + 0,5 l/t and foliar fertilizing with microfertilizers *Yarylo Soy* 3,0 l/ha + *Helprost Soy*, 3,0 l/ha contributed to the formation of nodules on soybean roots during the flowering period in the amount of 32 pcs. per plant, of which 24,7 are active, which is 77,2 %. During the period of soybean grain formation, the number of nodules decreased compared to the accounting in the flowering phase and was at the level of 17,8 pcs. per plant, of which 11,5 are active, which is 64,6 %.

Key words: soybean, microbiological preparations, microfertilizers, foliar fertilization, nodules, growth and development phase.

Постановка проблеми. Соя (*Glycine hispida* Moench) – зернобобова культура, яка вже багато століть належить до стратегічних культур світового землеробства. Це унікальна кормова, продовольча, лікарська і технічна сільськогосподарська рослина.

За вмістом білка і рослинної олії соя займає одне із провідних місць в Україні, Європі та світі. Насіння сої містить 30–55 % білка, 13–26 % жиру, 20–32 % крохмалю і досить значну кількість вітамінів [1, с. 19].

Рослинний білок високо цінується в харчовій та комбікормовій промисловості. На думку науковців Кравченко В. С., Кононенко Л. М., Вишневська Л. В., та ін., інтенсифікація виробництва зерна зернобобових культур повинна стати одним із стратегічних напрямків прискореного розвитку агропромислового виробництва України [2, с. 84].

Нині сою в Україні засівають площею 1,7 млн га у перспективі збільшення площ до 5–6 млн [3, с. 29]. В 2023 році українські аграрії розширили площі посівів сої до 1 млн 796 тис. га, а валовий збір сої в країні сягнув 4,82 млн т., при середній врожайності сої – 2,6 т/га. В 2024 році очікується подальше збільшення площ під соєю. Зокрема, завдяки тому, що тримаються непогані темпи експорту сої, так само і внутрішній попит залишається на високому рівні [4, с. 1].

Найбільш перспективними очікуваними змінами будуть інновації та оптимізація інтенсивних технологій вирощування сої, використання біотехнологій у селекції захисті рослин та посилення азотфіксації, створення сортів спеціального призначення, впровадження прогресивних новітніх технологій переробки культури, розширення асортименту соєвої продукції в харчовій, фармацевтичній та інших галузях і виробництві екологічно чистої продукції [5, с. 11].

На сучасному рівні досягнуті значні успіхи у вирішенні низки питань щодо вирощування сої в Україні. Водночас за останніх тенденцій зміни клімату перед науковцями постає завдання щодо створення новий адаптивних технологій вирощування, здатних формувати високопродуктивні агроценози сої, відповідної якості продукції в конкретних природно-кліматичних умовах.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Виробництво сої в Україні зростає, як за рахунок збільшення площі її вирощування, так і унаслідок підвищення врожайності культури. Збільшення обсягів виробництва сої спостерігається практично в кожній області, проте найбільше зростання за останні двадцять років відбулося в зоні Лісостепу та південної частини Полісся.

В науковій праці автори Перетятко С. Г., Рудік О. П. відмічають, що середня врожайність зерна сої за останні роки в Україні залишається на достатньо низькому рівні – 2,24 т/га, тому технологія вирощування сої потребує удосконалення існуючих притаманних до зон вирощування культури [6, с. 49].

Соя доволі вимоглива культура до умов вирощування. Карта соєвого поясу України фактично включає всі регіони нашої держави, зокрема і незрошені

землі – в зоні Північного, Центрального і Південного Лісостепу та Північного і Центрального Степу і на зрошувальних – у Центральному і Південному Степу. Провідні спеціалісти зауважують, що соя може рости на різноманітних типах ґрунтів, забезпечуючи при цьому високі показники врожайності [7, с. 110].

Аналіз стану світового та вітчизняного промислового виробництва сої, напрямів інноваційних наукових досліджень її вирощування та переробки свідчить, що подальше зростання виробництва сої в Україні насамперед пов'язано з розвитком селекції та насінництва, які дають змогу досягати вищої продуктивності сої [8, с. 205].

Правильний вибір сорту – одна із вирішальних умов одержання максимального урожаю зерна сої. Водночас сорт є одним із найбільш доступних виробництву агрозаходів зниження негативного впливу лімітуючих абіотичних факторів на рівень урожайності сої і найбільше забезпечує пластичність культури до конкретних умов вирощування [9, с. 88]. Підбір сортів сої має свої особливості, так як в природних умовах України існують обмеження у світло теплових ресурсах, сорти мають бути адаптовані до змін клімату, мати пластичність до родючості ґрунтів, технологічних заходів, зокрема враховуючи систему живлення та процеси інокуляції. Нові сорти більш продуктивні за попередні, тому вагомим чинником підвищення врожайності сої є використання нових високопродуктивних сортів.

Одним із перспективних напрямків сучасного землеробства є використання мікробних препаратів для забезпечення біологічної азотфіксації, рістстимуляції в ризосфері рослин і захисту їх від хвороб. Передпосівна інокуляція насіння сої повинна стати основним агротехнічним заходом ресурсо- та енергозберігаючої технології вирощування даної культури, оскільки це – економічно вигідний та екологічно чистий спосіб забезпечення рослин азотом [10, с. 117]. Завдяки процесу інокуляції рослини сої не лише одержують азот із повітря, а й накопичують його в кореневій системі та рослинних рештках, що забезпечить азотом наступну культуру у сівозміні і відповідно збагачують ґрунт органічним азотом. Інокуляція насіння високоефективними штамами бульбочкових бактерій на основі на основі бактерій *Bradyrhizobium japonicum* характеризуються високою екологічною пластичністю до сучасних сортів сої [11, с. 1].

Використання інокулянтів, що містять високоефективні культуро-специфічні штами ризобіальних бактерій з підвищеною життєздатністю у високих концентраціях, забезпечує утворення максимальної кількості бульбочок на кореневій системі рослин сої. Інокулянти ефективно інкорпуються до насіння і забезпечують інтенсивну фіксацію азоту з атмосфери та перетворення його на доступну рослинам форму.

В дослідженнях аспіранта Івасик М.В., Подільського державного університету сорт сої Аратта позитивно реагує на проведення інокуляції препаратом ХіСтік з нормами висіву 400–600 тис./га. В результаті досліджень прибавка врожаю до контролю склала 0,28–0,38 т/га [12, с. 23].

У підвищенні ефективності мінерального живлення рослин сої особливу роль відіграють мікроелементи. Це такі як бор, молібден, мідь, цинк, залізо, марганець кобальт магній. За їхньої відсутності не може нормально розвиватися жодна рослина, оскільки вони входять до складу найважливіших ферментів, вітамінів, гормонів та інших фізіологічно активних речовин. Нестача мікроелементів знижує урожайність, спричиняє більшу вірогідність ураження хворобами та погіршує якість зерна.

За поліпшення збалансованого мінерального живлення більш інтенсивно відбувається фотосинтез у листках і створюються передумови біологічної фіксації

азоту бульбочковими бактеріями, що зі свого боку є фундаментом для синтезу білка, жиру, ферментів, амінокислот, вітамінів, вуглеводів та інших сполук [13, с. 4]. Найкращий спосіб забезпечення рослин сої мікроелементами – позакореневе підживлення шляхом обприскування впродовж вегетації у критичні фази розвитку сої, а саме: 3–5 листочків, бутонізації та наливу нижніх бобиків.

Соя має велике значення в зерновому і кормовому балансі агроформувань України. Тому важливо розробити новітні та удосконалити існуючі технологічні прийоми підвищення продуктивності посівів сої.

Метою дослідження було вивчення впливу екологічно безпечних способів підвищення симбіотичної азотфіксації на продуктивність сої на сірих лісових ґрунтах Правобережного лісостепу України.

Постановка завдання. Польові та лабораторні дослідження проводили впродовж 2022–2023 рр. на дослідному полі с. Агрономічне ВНАУ.

Об'єкт дослідження – рослини сої, процеси їх розвитку, вплив інокуляції та позакореневого підживлення мікроелементами на формування та динаміку утворення бульбочок залежно від біологічних особливостей.

Предмет дослідження – соя, що в повній мірі розкрила свій генетичний потенціал в залежності від елементів технології вирощування. Польові досліді проводилися у відповідності до вимог методики польового досліді Ермантраут Е. Р., Малиновський А. С., Дідора В. Г. і закладались методом розщеплених ділянок у чотириразовій повторності [14, с. 56].

Загальна площа ділянки становила 32 м², облікова – 30 м². Попередником сої була пшениця озима. Сіяли ранньостиглий сорт сої Паллада вузькорядним способом посіву з міжряддями 15 см.

Ґрунт на дослідній ділянці – типовий для даної зони – сірий лісовий середньо-суглинковий. Уміст гумусу в орному шарі становить 2,18 %, лужно-гідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 6,5 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 14,9 мг/100г ґрунту, обмінного калію (за Чиріковим) – 9,0 мг/100 г ґрунту. Гідролітична кислотність становить 1,15 мг-екв./100 г ґрунту. За обмінною кислотністю рН сол. 5,8 ґрунт слабо-кислий.

Таблиця 1

Схема досліді включала: інокулянти і мікродобрива

Інокулянт (обробка насіння)	Мікродобриво (позакореневе підживлення)
Контроль (без обробки)	Контроль (без підживлення)
	Ярило Соя 3,0 л/га
	Хелпрост Соя, 3,0 л/га
	Ярило Соя 3,0 л/га + Хелпрост Соя, 3,0 л/га
Біоінокулянт- БТУ-р, 3,0 л/т	Контроль (без підживлення)
	Ярило Соя 3,0 л/га
	Хелпрост Соя, 3,0 л/га
	Ярило Соя 3,0 л/га + Хелпрост Соя, 3,0 л/га
Атува + протектор Премакс, 2,0 л/т + 0,5 л/т	Контроль (без підживлення)
	Ярило Соя 3,0 л/га
	Хелпрост Соя, 3,0 л/га
	Ярило Соя 3,0 л/га + Хелпрост Соя, 3,0 л/га

Технологія вирощування сої, крім досліджуваних чинників, є загальноприйнятною для зони Правобережного Лісостепу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Створення та впровадження у виробництво нових вітчизняних сортів сої, пристосованих до умов кожної ґрунтово-кліматичної зони України, є одним із найвагоміших чинників збільшення врожайності даної культури.

Дослідженнями встановлено, що кількість і ріст бульбочок залежить від кліматичних умов, інокулянтів, мікродобрив та інтенсивності освітлення тощо. Так, у роки проведення досліджень кількість і маса бульбочок на кореневій системі сої, а також кількості активних бульбочок, була значно більшою з достатнім зволоженням порівняно із посушливим роками. Дієвим агротехнічним прийомом підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу є використання інокулянтів на основі активних штамів бульбочкових бактерій.

Поряд із використанням інокулянтів і внесенням мікроелементів у ґрунт існує більш ефективні способи використання – позакореневе підживлення. Мікродобрива для позакореневого підживлення здатні швидко брати участь у біохімічних процесах рослинних організмів із високим ступенем засвоєння і низькою утилізацією, а поживні речовини поглинаються безпосередньо листям, що вимагає низьких норм і збалансованим внесенням. Використання позакореневого живлення макро- і мікроелементами на основі хелатів дає можливість більш повно використовувати потенціал сучасних сортів сої, запобігає виникненню фітотоксичності, сприяючи покращеному живленню рослин під час критичних періодів, зокрема під час формування генеративних органів рослин сої. Ще однією перевагою препаратів для позакореневого підживлення є використання їх у бакових сумішах.

Результатами досліджень встановлено, що вирощування сої високопродуктивного сорту Паллада в правобережному Лісостепу України із проведенням інокуляції насіння сої перед посівом і позакорневих підживлень мікродобривами, порівняно із звичайною технологією цієї зернобобової культури, створюються кращі умови для формування кількості бульбочкових бактерій, а в подальшому симбіотичного потенціалу, що суттєво впливає на продуктивність сої. Аналізуючи сорт сої Паллада і використання інокулянта Біоінокулянт-БТУ-р, 3,0 л/т у фазі цвітіння, відмічено, що загальна кількість бульбочок становила 27,3 шт. на рослину, з них активних 18,7 шт., що становить 68,5 %. При використанні інокулянта Атува + протектор Премакс, 2,0 л/т + 0,5 л/т кількість бульбочок на одній рослині сої у фазу цвітіння збільшилась і була на рівні 28,8 шт. загальних, із них 20,8 активних, що становить 72,2 %.

Використання мікродобрив для позакореневого підживлення в період вегетації сої також мали позитивний вплив, як на загальну кількість бульбочок, так і на кількість активних. Проведення інокуляції насіння сої мікробіологічними препаратами та позакореневого підживлення посівів сої мікродобривами показали найкращу ефективність щодо кількості бульбочок і їх стану. Найкращі варіанти були відмічені на ділянках де інокуляція насіння сої проводилась препаратами Атува + протектор Премакс, в нормі витрат 2,0 л/т + 0,5 л/т, а в подальшому вносились мікродобрива Ярило Соя 3,0 л/га + Хелпрост Соя, 3,0 л/га. Так, облік бульбочок на коріннях рослин сої у період цвітіння показав, що їх кількість була найвищою в кількості 32 шт. на рослину, з них активних 24,7 шт., що становить 77,2 %. Облік бульбочок у період формування зерна показав, що кількість бульбочок зменшилась порівняно з обліком у фазу цвітіння. Кількість бульбочок була на рівні 17,8 шт. на рослину, з них активних 11,5 шт., що становить 64,6 % (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка кількості бульбочок у рослин сої сорту Паллада залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень (2022–2023 рр.)

Варіанти дослідів		Кількість бульбочок					
		цвітіння			формування насіння		
		загальні	активні	% активних	загальні	активні	% активних
Без інокуляції (контроль)	1	15,0	5,2	34,7	9,4	3,0	31,9
	2	16,2	6,0	37,0	10,7	4,3	40,2
	3	16,8	6,8	40,5	11,5	4,7	40,9
	4	17,1	7,2	42,1	12,2	5,1	41,8
Біоінокулянт-БТУ-р, 3,0 л/т	1	27,3	18,7	68,5	13,8	7,1	51,5
	2	28,6	20,5	71,7	15,4	8,2	53,3
	3	29,0	21,0	72,4	16,2	9,0	55,6
	4	29,7	22,3	75,1	16,6	9,4	56,6
Атува + протектор Премакс, 2,0 л/т + 0,5 л/т	1	28,8	20,8	72,2	15,0	9,0	60,0
	2	30,1	22,3	74,1	16,7	10,2	61,1
	3	31,5	23,6	74,9	17,0	10,8	63,5
	4	32,0	24,7	77,2	17,8	11,5	64,6

Таким чином, оптимізація досліджувальних елементів технології вирощування сої для сорту Паллада дозволяє встановити зміну кількості бульбочок в залежності від типу інокулянта та проведення позакоренових підживлень мікродобривами, створює кращі умови для формування загального і активного симбіотичних процесів.

Висновки та пропозиції. Серед основних технологічних заходів при вирощуванні сої є використання мікробних препаратів і мікродобрив для забезпечення біологічної азотфіксації бульбочковими бактеріями. Вирощування сої сорту Паллада в правобережному Лісостепу України із проведенням інокуляції насіння сої перед посівом і позакоренових підживлень мікродобривами сприяють позитивній дії формуванню кількості бульбочкових бактерій, а в подальшому симбіотичного потенціалу, що суттєво впливає на продуктивність сої. Інокуляція насіння сої препаратами Атува + протектор Премакс, в нормі витрат 2,0 л/т + 0,5 л/т та проведення позакоренового підживлення мікродобривами Ярило Соя 3,0 л/га + Хелпрост Соя, 3,0 л/га сприяло утворенню бульбочок на коріннях сої у період цвітіння в кількості 32 шт. на рослину, з них активних 24,7 шт., що становить 77,2 %. У період формування зерна сої кількість бульбочок зменшилась порівняно з обліком у фазу цвітіння і була на рівні 17,8 шт. на рослину, з них активних 11,5 шт., що становить 64,6 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності : монографія / Г. М. Заболотний та ін. Вінниця, 2020. 376 с.
2. Кравченко В. С., Кононенко Л. М., Вишневецька Л. В., Чинчик О. С., Оліфорович В. О. Біологізація вирощування зернобобових культур в Україні, аналіз та перспектива. *Аграрний вісник Причорномор'я*. Вип. 92, 2019. С. 83–91.

3. Романько А. Ю. Формування продуктивності сої залежно від елементів технології вирощування в умовах північно-східного Лісостепу України : дис. ... докт., філософії за спеціальністю 20 – Аграрні науки та продовольство / Сумський нац. аграрний ун-т. Суми, 2021. 262 с.
4. Урожайність сої в 2023 р., її експорт та ціна. <https://superagronom.com/multimedia/infographics/82-urojaunsit-soyi-v-2023-r-yiyi-eksport-ta-tsina> (дата звернення 17.08.2024).
5. Мазур В. А., Гончарук І. В., Панцирева Г. В., Телекало Н. В. Агроекологічне обґрунтування технологічних прийомів вирощування зернобобових культур. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2020. 192 с.
6. Перетяцько С. Г., Рудік О. П. Сучасний стан та прикладні аспекти перспектив розвитку виробництва сої в Україні. *Зрошуване землеробство*. Вип. 76. С. 49–53. DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.76.10>
7. Забарна Т. А., Черешнюк В. В. Агроекологічні аспекти вирощування сої (*Glycine max L.*) в Україні. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 1. С. 108–116. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945>
8. Чернявський І. Ю. Прогнозування експортного потенціалу підприємств зернової галузі України з урахуванням рівня розвитку вітчизняної селекції. *Український журнал прикладної економіки*. 2019. Том 4. № 4. С. 199–208. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2019-4-23>.
9. Шелепов В. В. Сорт і його значення в підвищенні врожайності. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. К. : Алефа. 2006. 140 с.
10. Григор'єва О. М. Продуктивність сої залежно від агротехнічних заходів її вирощування в умовах північного степу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*. Київ, 2014. Вип. 21. С. 115–121.
11. Від хорошого до кращого. Інокулянти компанії BASF. Агробізнес сьогодні. 2015. 06 берез. С. 20–22. URL : <http://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2231-vid-khorosho-do-krashchoho-inokuliantykompaniibasf.html> (дата звернення 15.08.2024).
12. Івасик М. В. Формування продуктивності нових сортів сої в умовах Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. № 133. С. 19–24. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.3>
13. Мойсієнко В. В., Дідора В. Г. Агроекономічне обґрунтування ролі сої у вирішенні проблеми рослинного білка в Україні. *Вісник ЖНАЕУ*. 2010. № 1. С. 1–14.
14. Ермантраут Е. Р., Малиновський А. С., Дідора В. Г. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. Житомир: ЖНАЕУ 2010. 124 с.