

УДК 633.34:631.847:631.559(477.43/44)  
DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.108.15>

## ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ НА ВРОЖАЙ СОЇ

**Федорук І.В.** – аспірант кафедри екології, карантину і захисту рослин,  
Подільський державний аграрно-технічний університет,  
завідувач відділення агрономії,  
Коледж Подільського державного аграрно-технічного університету

У статті обґрунтовано необхідність обробки посівного матеріалу насіння сої інокулянтами. Використання та нанесення формуляцій у вигляді ризобіальних бактерій на насінню покращує здатність бобових рослин фіксувати атмосферний азот та підвищувати врожайність. Обґрунтована доцільність використання інокулянтів, позаяк застосування ризобіальних бактерій – це природний шлях збільшення кількості азоту, доступного для рослин, і підвищення та розкриття їх потенціалу врожайності. Висновки зроблені на основі аналізу даних проведених досліджень.

Використання якісних інокулянтів із високим вмістом азотфіксуючих бактерій для обробки насіння бобових культур нині є необхідністю, оскільки дає змогу повною мірою реалізувати генетичний потенціал сучасних сортів, а отже, забезпечити найвищі врожаї за найкращою окупністю інвестицій. Це стає особливо актуальним у сьогоденні, в період глобальних змін клімату, природних факторів і умов росту та розвитку в отриманні врожаю сої з мінімальними затратами енергетичних ресурсів. Отримання високоякісного врожаю сої з високою рентабельністю і мінімальним використанням азотних добрив – це той шлях, який веде до раціонального використання інокулянтів, які позитивно впливають на накопичення азоту в ґрунті. Таким чином забезпечуємо дешевим азотом сою і створюємо умови на накопичення азоту та інших поживних речовин для наступних культур у сівозміні.

Під час проведення обліку урожаю по варіантах з інокулянтом ХайКом Супер + ХайКом Супер Extender отримано децю відмінні результати. Так, сорт Максус додав 5,5 ц/га, Кордоба – 2,7 ц/га до контролю, тоді як у разі використання інокулянта ХіСтік така прибавка становила 1,3 ц/га, сорт Саска додав 3,7 ц/га, що на 44% краще від використання інокулянта ХіСтік. У варіантах, коли поєднали сухий інокулянт на торфовій основі ХіСтік із рідкою формуляцією ХайКом Супер + ХайКом Супер Extender; було отримано такі результати: ранньостиглий сорт Максус найкраще використав свій потенціал і було отримано додатково 8,8 ц/га, що становить 50,2% до контролю; Кордоба, де прибавка становить 5,1 ц/га, або на 21,2% більше до контролю, а пізньостиглий сорт Саска, маючи хороший генетичний і сортовий потенціал, після обробки інокулянтами додає 4,6 ц/га, або на 20,2% більше до контролю.

Усі сорти досліджу позитивно відреагували на використання інокулянтів, особливо хороші показники варіанту досліджу з інокулянтом ХайКом Супер + ХайКом Супер Extender і суміші ХайКом Супер + ХайКом Супер Extender+ ХіСтік. Застосування мікробіообрив давали економічно обґрунтовану прибавку врожайності.

**Ключові слова:** соя, сорт, інокуляція насіння, симбіотична азотфіксація, врожайність зерна.

### **Fedoryk I.V. Impact of seed inoculation on soy crop**

The article substantiates the need for the treatment of seeds of soybean inoculum. The use and application of formulations in the form of rhizobial bacteria on the seed improves the ability of leguminous plants to fix atmospheric nitrogen and increase yields. The expediency of using inoculants is substantiated, since the application of rhizobial bacteria is a natural way of increasing the amount of nitrogen available for plants, and increasing and disclosing their potential yield. Conclusions are made on the basis of data analysis of the research.

The use of high quality inoculants with a high content of nitrogen-fixing bacteria for the processing of legume seeds today is a necessity, since it enables to fully realize the genetic potential of modern varieties and, therefore, to provide the richest yields for the best return on investment. It becomes especially relevant nowadays, in the period of global climate change, natural factors and conditions of growth and development in obtaining soybean crops with minimal energy consumption. Getting a high-quality soybean crop with high profitability and minimal use of nitrogen fertilizers is the way that leads to the rational use of inoculants, which have a positive effect on the accumulation of nitrogen in the soil. In this way we provide soybean with cheap nitrogen and

create conditions for the accumulation of nitrogen and other nutrients for subsequent crops in the crop rotation.

In the course of harvesting in the option with the inoculant HiCoat Super + HiCoat Super Extender; however, different results were obtained. Thus, Maxus sort added 5.5 c/ha, Cordoba – 2.7 c/ha to control, whereas when using an inoculant HiStick the increase was 1.3 c/ha, Saska sort added 3.7 c/ha respectively, which is 44% better than using an inoculant HiStick. In variants when a dry inoculant was added on a peat-based HiStick with a liquid formulation of HiCoat Super + HiCoat Super Extender, the following results were obtained: rareripe Maxus sort best used its potential and an additional 8.8 c/ha was obtained, which is 50.2% up to control; Cordoba, where the increase is 5.1 c/ha or 21.2% up to control, while the late-seeded Saska sort, with its good genetic and varietal potential after treatment, with inoculants adds 4.6 c/ha or 20.2% up to control.

All varieties of the experiment have responded positively to the use of inoculants to a greater or lesser degree, especially good results have been shown with the inoculants HiCoat Super + HiCoat Super Extender and HiCoat Super + HiCoat Super Extender + HiStick mixtures. The application of microfertilizers gave an economically justified increase in crop yields.

**Key words:** soybeans, variety, seed inoculation, symbiotic nitrogen fixation, grain yield.

**Постановка проблеми.** Соя відіграє значну роль у біологічному землеробстві. Вона фіксує з повітря азот, забезпечуючи ним на 60–70% свою потребу, залишає його в ґрунті разом з рослинними рештками після збирання врожаю. Запровадження науково обґрунтованої технології вирощування сої дає змогу отримувати 2,5–3,0 т/га насіння. Але вагомим аргументом, який є одним з головних питань у технології, є обробка високопродуктивного посівного матеріалу насіння інокулянтами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що ризобії можуть потрапляти в ґрунт у складі комерційних інокулянтів, розповсюджуватися повітрям, із насінням або культивуватись як симбіонти місцевих бобових рослин. У разі передпосівної інокуляції бобових рослин кількість бульбочкових бактерій, що потрапляють у ґрунт, залежить від розміру насіння, густоти посівів, групи стиглості та методу інокуляції. Високоякісні інокулянти забезпечують потрапляння не менше, ніж  $2 \times 10^3$  клітин бактерій на одну насінину [1, с. 42; 2, с. 323, 325], або це не менше 100 тис. бактерій на одну насінину. Із плином часу кількість ризобій у ґрунті швидко зростає за рахунок їх вивільнення із бульбочок, що відмирають після закінчення вегетації бобових рослин. Здебільшого це забезпечує домінування штамів – інокулянтів упродовж 5–15 років після першої, вихідної інокуляції [3, с. 105]. Ризобії становлять відносно невелику частину ґрунтової мікробіоти – від 0,1 до 0,8% загальної її чисельності.

**Метою** досліджень було формування сортової продуктивності зерна сої залежно від інокуляції насіння та внесення мікродобрив для одержання підвищеної врожайності та якості насіння в умовах Південно-Західної частини Лісостепу.

Об'єктом дослідження була культура сої, яка вирощується в умовах Південно-Західного Лісостепу.

Предметом дослідження є рослини сої, інокуляція насіння інокулянтами: ХіСтік, ХайКот Супер та ХайКот Супер Extender, норми мікродобрив та їх внесення.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження проводились у ТОВ «Гарант» (с. Оринін Кам'янець-Подільського району Хмельницької області) в сівозміні поля № 2 впродовж 2015–2018 років. Територіально дослідне поле розташоване в південно-західній Лісостеповій частині Хмельницької області; за умовами теплозабезпечення і зволоження належить до південного вологого агрокліматичного району області. Загальна площа дослідної ділянки становила 198 м<sup>2</sup>, а облікова –

150 м<sup>2</sup>. Повторність – чотирикратна. Спосіб розміщення варіантів у повторенні – методом рендомізованого латинського прямокутника.

За результатами досліджень буде розроблений базовий варіант технології вирощування сої із застосуванням інокулянтів та мікродобрив в умовах Південно-Західного Лісостепу.

Інокулянти ХіСтік та ХайКот доступні у низці зручних, легких у використанні та нанесенні формуляцій. Це дає змогу ефективно інкорпорувати корисні ризобіальні бактерії до насінини, що покращує здатність бобових рослин фіксувати атмосферний азот та підвищувати врожайність. Використання інокулянтів – науково доведений природний шлях збільшення кількості азоту, доступного для рослин, підвищення та розкриття потенціалу їх урожайності.

Інокуляція не лише підвищує врожайність сільськогосподарських культур, а й надає низку інших вагомих переваг, зокрема:

- зменшення норм використання добрив – активні ризобії за умов правильної якісної інокуляції насіння та ефективного штаму бактерій здатні фіксувати до 250 кг/га доступного рослинам азоту, частину якого використовують наступні у сівозміні сільськогосподарські культури;

- ефективність навіть за несприятливих умов – здорові й ефективні штами ризобій від компанії BASF є більш продуктивними за інші штами і здатні до ефективного утворення бульбочок навіть за високої чи низької температури й еродованості ґрунту;

- послаблення тиску бур'янів на культурні рослини – завдяки зменшенню кількості внесення мінеральних азотних добрив на посівах бобових культур зменшується кількість легкодоступного для шкідливих рослин азоту в ґрунті, що послаблює силу росту бур'янів;

- зменшення забруднення води – менше застосовують азотних добрив (менше азоту промивається до ґрунтових вод);

- зростання прибутковості – підвищення врожайності разом зі зменшенням внесення норм азотних добрив робить використання інокулянтів прибутковою інвестицією [4, с. 1].

Інокулянт ХіСтік містить високоефективний штам 532 С бульбочкової бактерії *Bradyrhizobium japonicum* з мінімальним титром не менше  $2 \times 10^9$ /\* г на основі стерилізованого торфу і високоефективного прилипача. Норма витрати препарату – 4,0 кг/т.

Інокулянт ХайКот Супер містить високоефективний штам 532 С бульбочкової бактерії *Bradyrhizobium japonicum* з мінімальним титром не менше  $1 \times 10^{10}$ / г, що на тепер є найвищим показником на ринку. Препарат представлений у двокомпонентній рідкій формуляції: розчин бактерій та розчин екстендера, що забезпечує живлення бактерій на насінині та їх захист. Норма витрати препарату ХайКот Супер – 1,42 л, ХайКот Супер Extender – 1,42 л на 1 тону насіння сої [4, с. 2].

ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender – переваги препарату:

- забезпечує удвічі більше бактерій на насінину, ніж конкурентні продукти. Більше ризобій на насінину означає більше потенціального врожаю;

- збільшує кількість утворених бульбочок та покращує фіксацію азоту;

- повністю розкриває потенціал рослини;

- забезпечує максимальну гнучкість застосування протруєного насіння;

- підвищує економічну ефективність і надійність;

- забезпечує виживання бактерій на поверхні насінини до 90 днів. Менша залежність бактерій від впливу зовнішнього середовища (посуха, перепади тем-

ператур, рН ґрунту). Вживання бактерій на насінні до сівби є вирішальним фактором;

– підвищує вміст доступного азоту в ґрунті для наступної культури [4, с. 3].

**Результати досліджень.** Провівши дослідження по різних групах стиглості таких сортів сої, як Максус, Кордоба, Саска, отримали позитивні результати від внесення мікродобрив, а також від обробки насіння препаратом Стандак Топ 1 л/т та обробки посівного матеріалу насіння сої інокулянтом та мікроелементним препаратом Вуксал КоМо 15.

Переваги препарату Стандак Топ – це надзвичайно надійний захист від ґрунтових шкідників, а також і від паросткової мухи. Застосування цього препарату запобігає розвитку таких захворювань, як фузаріоз, антракноз, пліснявіння насіння, а також сприяє укоріненню рослин у ґрунті завдяки прискореному розвитку кореневої системи, збільшенню асиміляційної поверхні листового апарату, також сприяє активізації роботи нітроредуктази. Це, своєю чергою, активує роботу процесів фотосинтезу, що проявляється у так званому AgCelence ефекті: рослини мають інтенсивно насичений темно-зелений колір.

Для визначення елементів структури урожаю зерна з кожного варіанта досліді відбирались рослини для аналізу. Основні елементи структури урожаю рослин сої представлені в таблиці 1.

Погодно-кліматичні умови 2017 року порівняно з минулим вегетаційним роком (2016) були більш сприятливими для вирощування культури. Нестача вологи як у ґрунті, так і в повітрі вносила певні корективи в урожайність сортів залежно від групи стиглості.

Таблиця 1

**Урожайність сортів сої відповідно до схеми досліді (2017 рік)**

№№ п/п	Фактори дослідження (фактор В – мікродобриво, фактор С – інокуляція)	Урожайність сортів (фактор А), ц/га		
		Максус	Кордоба	Саска
1	Контроль (без обробок)	17,5	24,0	22,7
2	Без інокулянтів + Вуксал Борон	19,7	24,5	23,6
3	Без інокулянтів + Вуксал Борон + Босфоліар	21,8	26,2	24,8
4	Обробка інокулянтом ХіСтік	22,7	25,3	25,9
5	Обробка інокулянтом ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender	23,0	26,7	26,4
6	Обробка інокулянтом ХіСтік + ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender	26,3	29,1	27,3
7	Обробка інокулянтом ХіСтік + Вуксал Борон	23,9	24,7	28,8
8	Обробка інокулянтом ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender + Вуксал Борон	24,8	28,6	29,5
9	Обробка інокулянтом ХіСтік + ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender + Вуксал Борон	27,7	31,5	29,2
10	Обробка інокулянтом ХіСтік + Вуксал Борон + Босфоліар	25,8	26,9	26,4
11	Обробка інокулянтом ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	26,7	31,5	23,9
12	Обробка інокулянтом ХіСтік + ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	29,6	34,9	26,7

Як видно з таблиці 1, показники врожайності показують, що ранньостиглий сорт Максус і середньостиглий сорт Кордоба, згідно з технологічними прийомами, проведеними відповідно до схеми дослідження, мають зростання врожаю. Це пояснюється тим, що ранньостиглий сорт Максус і середньостиглий сорт Кордоба були в умовах недостатнього зволоження і подальшого його зниження з другої декади липня і до кінця третьої декади серпня. Формування врожаю у сортів Максус і Кордоба (закладка бобів, налив) відбувалися за помірної наявності вологи як у ґрунті, так і в повітрі. У пізньостиглого сорту Саска процеси цвітіння, закладання бобів, їх налив для першого – четвертого ярусів відбувався за більш-менш сприятливих умов. Розпочинаючи з другої декади липня і до третьої декади серпня відбулося зростання температури до 30–40°C, а відносна вологість повітря падала до 25–40%. Внаслідок цього квіти і закладені боби абортувалися. Це пояснюється тим, що друге внесення Босфоліару, яке відбулося на початку першої декади липня, негативно вплинуло на врожай, про що свідчать результати врожайності у цій таблиці. В екстремальних погодно-кліматичних умовах 2017 року

Таблиця 2

## Різниця урожайності сортів сої відповідно до схеми дослід (2017 рік)

№№ пп/п	Фактори дослідження (фактор В – мікродобриво, фактор С – інокуляція)	Різниця урожайності у відсотковому відношенні до контролю (фактор А), ц/га					
		Максус		Кордоба		Саска	
		ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
1	Контроль (без обробок)	17,5	-	24,0	-	22,7	-
2	Без інокулянтів + Вуксал Борон	2,2	12,5	0,5	2,0	0,9	3,9
3	Без інокулянтів + Вуксал Борон + Босфоліар	4,3	24,5	2,2	9,1	2,1	9,2
4	Обробка інокулянтом ХіСтік	5,2	29,7	1,3	5,4	3,2	14,0
5	Обробка інокулянтом ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender	5,5	31,4	2,7	11,2	3,7	16,2
6	Обробка інокулянтом Хі Стік + ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender	8,8	50,2	5,1	21,2	4,6	20,2
7	Обробка інокулянтом ХіСтік + Вуксал Борон	6,4	36,5	0,7	2,9	6,1	26,8
8	Обробка інокулянтом ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender + Вуксал Борон	7,3	41,7	4,6	19,1	6,8	29,9
9	Обробка інокулянтом ХіСтік + Хай- Кот Супер + ХайКот Супер Extender + Вуксал Борон	10,2	58,2	7,5	31,2	6,5	28,6
10	Обробка інокулянтом ХіСтік + Вуксал Борон + Босфоліар	8,3	47,4	2,9	12,0	3,7	16,2
11	Обробка інокулянтом ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	9,2	52,5	7,5	31,2	1,2	5,2
12	Обробка інокулянтом ХіСтік + Хай- Кот Супер + ХайКот Супер Extender + Вуксал Борон + Босфоліар	12,1	69,1	10,9	45,4	4,0	17,6

використання мікродобрив за низьких запасів вологи у ґрунті, повітрі та низького сокоруху у рослині пізньостиглих сортів сої негативно позначилося на врожайності. На варіантах сорту Саска відмічалось передчасне розтріскування бобів, тоді як на варіанті з однократним використанням Вуксал Борону цього не відбувалося. А тому це слід враховувати в майбутньому під час вирощування сої сортів будь-якої групи стиглості та довгострокового прогнозу погоди. Обробки слід проводити за наявності продуктивної вологи ґрунту, рослини не мають бути у стані стресу.

Результатами досліджень встановлено, що від проведених технологічних заходів отримано різні показники врожайності. Такі зміни врожайності у відсотковому відношенні порівняно до контролю наводяться в таблиці 2.

Проведений аналіз (табл. 2) показує, що у варіанті без інокулянтів, але з використанням мікродобрива Вуксал Борон незалежно від групи стиглості сортів сої, отримано прибавку врожаю від 0,5 до 2,2 ц/га, що становить відповідно 2,0–12,5%. Повторне використання Босфоліару дало змогу отримати додатково від 1,1 до 2,1 ц/га, але максимальний результат маємо на сорті Максус – 2,1 ц/га, тоді як сорт Саска дав змогу отримати 1,1 ц/га.

У разі використання інокулянта ХіСтік картина дещо змінилася, позаяк різні сорти сої залежно від групи стиглості по-різному реагують на інокулянти. Так, сорти Максус і Саска відповідно до контролю дали прибавку врожаю 5,2–3,2 ц/га, тоді як сорт Кордоба додав лише 1,3 ц/га. У варіанті, коли до інокульованого насіння рослин сої у фазі бутонізації було оброблено Вуксал Борон, було отримано такі результати: сорт Максус додав 4,2 ц/га, Кордоба – 0,7 ц/га, Саска – 5,2 ц/га.

У разі проведення обліку урожаю по варіантах з інокулянтом ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender отримано дещо відмінні результати. Так, сорт Максус додав 5,5 ц/га, Кордоба – 2,7 ц/га до контролю, тоді як у разі використання інокулянта Хі Стік така прибавка становила 1,3 ц/га, сорт Саска додав 3,7 ц/га, що на 44% краще від використання інокулянта ХіСтік. Коли до інокульованого насіння у період вегетації додали Вуксал Борон, то результат був значно кращим. Так, ранньостиглий сорт Максус додав 7,3 ц/га до контролю, що становить 41,7%. Середньостиглий сорт Кордоба додав до контролю 4,6 ц/га, тоді як у варіанті з інокулянтом ХіСтік ця прибавка становила 0,7 ц/га. Пізньостиглий сорт Саска додав 6,8 ц/га, що становить відповідно 29,9% до контролю.

У варіантах, коли поєднали сухий інокулянт на торфовій основі ХіСтік із рідкою формуляцією ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender, було отримано такі результати: ранньостиглий сорт Максус найкраще використав свій потенціал і було отримано додатково 8,8 ц/га, що становить 50,2% до контролю. Друге місце в такому поєднанні посідає середньостиглий сорт Кордоба, де прибавка становить 5,1 ц/га, або на 21,2% більше до контролю, а пізньостиглий сорт Саска, маючи хороший генетичний і сортовий потенціал, після обробки інокулянтами додає 4,6 ц/га, або на 20,2% більше до контролю. Було відпрацьовано варіант із використанням по вегетації мікродобрива Вуксал Борон, де отримано прибавку урожаю по сортах відповідно до групи стиглості від 10,2–6,5 ц/га, що становить відповідно від 58,2 до 28,6% до контролю.

Таким чином, збільшення виробництва зерна сої можливе лише завдяки удосконаленню наявних та розробці нових агротехнічних елементів технології її вирощування з урахуванням істотної зміни клімату.

Використання інокулянтів, що містять сучасні високоефективні культуроспецифічні штами ризобіальних бактерій з підвищеною життєздатністю у високих концентраціях, забезпечує утворення максимальної кількості бульбочок на

кореневій системі рослин навіть за умов високої температури як повітря, так і ґрунту. Погодні умови 2017 року внесли значні корективи на величину врожайності сортів сої.

Усі сорти досліджу позитивно відреагували на використання інокулянтів, особливо хороші показники варіанту досліджу з інокулянтом ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender і суміші ХайКот Супер + ХайКот Супер Extender + ХіСтік. Застосування мікродобрів давало економічно обґрунтовану прибавку врожайності. Погодно-кліматичні умови 2017 року не дозволили всім сортам повністю розкрити свій генетичний потенціал.

Поєднання процесу інокуляції та застосування мікродобрів у технології вирощування, як показують результати досліджу, дають значні результати щодо збільшення врожайності. Але слід враховувати відносну вологість повітря і запаси продуктивної вологи ґрунту.

Таким чином, чіткий системний підхід до використання добрив та засобів захисту рослин, своєчасний та якісний обробіток ґрунту, планування сівозмін можуть значно підвищити врожайність сої.

#### **Висновки.**

1. Використання інокулянтів, що містять сучасні високоефективні культуроспецифічні штами ризобіальних бактерій з підвищеною життєздатністю у високих концентраціях, забезпечує утворення максимальної кількості бульбочок на кореневій системі рослин.

2. Поєднання процесу інокуляції та застосування мікродобрів у технології вирощування дають значні результати зі збільшення врожайності.

3. Слід враховувати відносну вологість повітря і запаси продуктивної вологи ґрунту.

4. За результатами досліджень буде розроблений базовий варіант технології вирощування сої із застосуванням інокулянтів та мікродобрів в умовах Південно-Західного Лісостепу.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Шевніков М.Я., Коблай О.О. Застосування біологічних, хімічних та фізичних засобів у технологіях вирощування сої та кукурудзи. Полтава. 2015. 42 с.

2. Соя: биология, производство, использование / Под редакцией Гурикбала Сингха. Факультет селекции растений и генетики Пенджабский сельскохозяйственный университет Лудхиана. Индия. Издательский дом «Зерно». 2014. С. 323–325.

3. Бахмат М.І., Бахмат О.М. Розробка технологічних заходів для отримання екологічного зерна сої в умовах Західного Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. Київ : Аграрна наука. 2001. Вип. 47. С. 105–106.

4. Від Хорошого до Кращого. Інокулянти компанії BASF. *Газета «Агробізнес сьогодні»*. ТОВ «Прес-медіа», agro@impress-media.kiev.ua, 2015. 06 березня 2015. С. 1–3. URL: agro-business.com.ua.

5. Кулик М.Ф., Жмудь О.В., Бабич, А.О., Засуха Т.В., Обертюх Ю.В., Кулик Я.М., Зелінська Н.Б. До питання біологічно активних речовин сої. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 10. С. 28–33.