

DOI: 10.32636/01308521.2025-(77)-2-7

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.34:631.153.7

**ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ
НА ФОРМУВАННЯ АЗОТФІКСУЮЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ СОРТІВ СОЇ*****Д. В. Мізерник**

Інститут сільського господарства
Карпатського регіону НААН
вул. Грушевського, 5, с. Оброшине,
Львівський р-н, Львівська обл.,
81115

Про авторів:

Дмитро МІЗЕРНИК,
аспірант
ORCID: 0000-0001-6355-2273

Для листування:

Дмитро МІЗЕРНИК
e-mail: mizernuk.d8@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук
України

Отримано:
24 грудня 2024 р.
Погоджено до друку:
24 лютого 2025 р.

Представлено результати досліджень щодо азотфіксуючої здатності сортів сої, яка залежить від використання базової, інтенсивної та біологізованої технологій вирощування в умовах Передкарпаття. Визначено зміни параметрів надземної частини та кореневої системи рослин, чисельності і маси бульбочкових бактерій, а також наявності кореневих решток у ґрунті в фазі цвітіння. Установлено кореляційний зв'язок між масою кореня і бульбочкових бактерій, а також між кількістю і масою самих бактерій. Досліджено вплив технологій на формування маси рослин у фазі ВВСН 59 (цвітіння) і виявлено різницю між сортами, що коливається від 0,4 до 1,9 г (базова технологія), від 1,0 до 2,1 г (інтенсивна) і від 1,3 до 2,9 г (біологізована). Визначено співвідношення між масою рослин і кореневої системи та розраховано наявність кореневих решток: 5,38–5,99 т/га для базової технології, 5,85–6,40 т/га – інтенсивної та 6,37–7,27 т/га – біологізованої. Обґрунтовано, що збільшення кількості і маси бульбочок на рослині відбувається завдяки передпосівній обробці насіння інокулянтном Оптімайз 400 (1,8 л/т) та біостимулятором Фертігрейн Старт КоМо (1,0 л/т). З'ясовано, що підвищене вологозабезпечення в 2024 р. сприяло зростанню всіх досліджуваних показників.

Ключові слова: соя, сорт, технологія вирощування, бульбочкові бактерії, врожайність.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук І. С. Волошук.

© Мізерник Д. В., 2025

Influence of cultivation technologies on the formation of nitrogen-fixing potential of soybean varieties

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS
Hrushevskoho street, 5, Obroshyne village, Lviv district, Lviv region, 81115

About authors:

Dmytro MIZERNYK
ORCID: 0000-0001-6355-2273

For corresponding:

Dmytro MIZERNYK
e-mail: mizernuk.d8@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Received:

December 24, 2024

Accepted:

February 24, 2025

The article presents the results of studies on the nitrogen-fixing activity of soybean varieties, which depends on the use of basic, intensive and biologized cultivation technologies in the conditions of the Ciscarpathian region. Changes in the parameters of the above-ground part and root system of plants, the number and mass of nodule bacteria, as well as root residues in the soil in the flowering phase were determined. A correlation between the root mass and nodule bacteria, as well as between the number and mass of the bacteria themselves, is established. The influence of technologies on the formation of plant mass in the BBCH 59 phase (flowering) is studied and a difference between varieties fluctuating from 0.4 to 1.9 g (basic technology), from 1.0 to 2.1 g (intensive) and from 1.3 to 2.9 g (biologized) is revealed. The ratio between the plant mass and the root system was determined, and the presence of root residues was calculated: 5.38–5.99 t/ha with the basic technology, 5.85–6.40 t/ha with the intensive technology, and 6.37–7.27 t/ha with the biologized technology. It was substantiated that the increase in the number and mass of nodules on the plant occurs due to the pre-sowing treatment of seeds with the Optimize 400 inoculant (1.8 l/t) and the Fertigrain Start CoMo biostimulator (1.0 l/t). It was found that increased moisture supply in 2024 contributed to the growth of all the studied indicators.

Keywords: soybean, variety, cultivation technology, nodule bacteria, yield.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. За даними вчених, бобові культури у симбіозі з бульбочковими бактеріями здатні фіксувати значну кількість азоту: конюшина – 180–670 кг/га, люцерна – 200–460, боби кормові – 100–550, соя – 90–240, горох – 70–160, люпин – 150–450 кг/га [9, 14, 15].

За рахунок симбіозу до 70 % азоту соя засвоює з повітря та залишає поживні рештки, рівнозначні 15–20 т/га гною [6, 7, 16].

Активність симбіозу сої і бульбочкових бактерій обмежує підвищення кислотність ґрунту, яка коливається в діапазоні рН 5,5–8,5, однак потужний симбіотичний апарат вона формує за оптимальних значень рН 6,6–7,0.

З літературних джерел відомо, що кислі ґрунти містять значну кількість бульбочкових бактерій, але за таких умов вони втрачають вірулентність та активність [4, 5, 12, 29].

Вплив погодних факторів на активність бактерій підтверджує ряд

дослідників. Фотосинтез рослин сповільнюється внаслідок дефіциту води, тоді як заболочування викликає нестачу кисню в бульбочках, зменшуючи фіксацію азоту [22, 26, 30].

А. В. Мельник, А. У. Романенко, А. А. Дудка вказують на підвищення симбіотичної активності сої за рахунок застосування регуляторів росту: Атонік Плюс, Стимуляте, Вермістим Д, Альбіт ТПС. За їхніми даними, внесення регуляторів росту рослин у ВВСН 69 зменшувало сформовану кількість бульбочок порівняно з обробкою у фазі ВВСН 61 (297,06 шт.) [3, 25].

За рахунок інокулянтів можна втричі збільшити надходження в ґрунт біологічного азоту. Вони дають змогу компенсувати нестачу ґрунтового азоту, стимулюють поглинання фосфору рослиною, збільшують використання хімічних добрив, оскільки відомо, що засвоєння мінерального азоту не перевищує 50 %, фосфору – 20–25, калію – 40–60 %.

Частина добрив, що залишилася, забруднює ґрунт, роблячи його непридатним для життя корисних мікро- й макроорганізмів.

Світовий обсяг виробництва препаратів на основі азотофіксуючих бактерій становить понад 60 млн гектарних норм, однак в Україні він сягає лише 45 % з часткою вітчизняних інокулянтів 10 % [18, 23].

У ранніх фазах розвитку ВВСН 10 (сходи) – ВВСН 51 (бутонізація) рослини сої потребують лише 6–7 % азоту, 5 % фосфору і 8–9 % калію. Критичний період збігається з фазою цвітіння ВВСН 61, у якій потреба в елементах живлення різко зростає до 58–60 % (N), 59–60 % (P), 66–70 % (K), а в фазі наливу насіння (ВВСН 71–89) – знижується відповідно до 34–36 % (N), 31–36 % (P), 19–27 % (K).

Симбіотична фіксація азоту є більш економічно вигідною, ніж застосування мінеральної форми, яку мікробіота ґрунту використовує для розкладання рослинних решток [20, 21].

Потреба внесення азотних добрив під сою до теперішнього часу залишається дискусійним питанням, хоча відомо, що сполуки азоту впливають на функціонування бобово-ризобіального комплексу та симбіоз вже від утворення ризосфери і бульбочок до активного протікання процесу азотфіксації [24, 28, 31].

На його перебіг впливає неглибокий обробіток (12–14 см) і помірне ущільнення поверхні ґрунту за інокуляції насіння, що забезпечують до 181,2 кг/га споживання азоту та врожайність 2,42 т/га [27]. Внаслідок симбіозу між бактеріями і рослинами значно підвищується врожайність насіння і поліпшується його якість. Відомо, що асоціативна активність бактерій, які формуються на кореневій системі, обумовлена кількістю і масою бульбочок, у сортів є різною [19].

Хоча окремі виробники досягають високої врожайності, однак, за даними С. Г. Перетятко, О. П. Рудік, середня врожайність зерна сої за останні роки в

Україні залишається на достатньо низькому рівні – 2,24 т/га, тому технологія вирощування цієї культури потребує удосконалення елементів відповідно до зон вирощування [1, 2, 8, 13, 17].

Мета наших досліджень полягала в виявленні ефективності застосування різних технологій вирощування на азотфіксуючу здатність сортів сої.

Матеріали і методи.

Експериментальну роботу виконували в відділі насінництва та насіннезнавства Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН впродовж 2023–2024 рр. Досліди було закладено в Карпатській аграрній компанії (сmt Меденичі Дрогобицького р-ну Львівської обл.).

Ґрунт дослідних ділянок – сірий лісовий поверхнево оглеєний легкосуглинковий, який характеризується такими середньозваженими агрохімічними показниками: вміст гумусу (за Тюрнімом) – 2,3 %, сума ввібраних основ – 13,7 мг-екв на 100 г ґрунту, легкогідролізний азот (за Корнфілдом) – 89,6 мг/кг ґрунту, рухомий фосфор і обмінний калій (за Кірсановим) – відповідно 69,5 і 68,0 мг/кг ґрунту. За градацією такий ґрунт має дуже низьке забезпечення азотом, середнє – фосфором і низьке – калієм. Реакція ґрунтового розчину (pH_{сол} – 5,4) – слабокисла.

Погодні умови 2023 р., починаючи з квітня, характеризувалися більшими (165 %) кількостями опадів порівняно з середньобаторічними даними (84,2 мм) за пониженої (на 0,5 °C) температури повітря (7,4 °C). Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–10 см становили 16,5 мм. Сівбу сортів сої проведено в II декаді травня (13.05.2023 р.). У цей період спостерігали незначне (на 0,6 °C) зниження температури повітря і малу кількість опадів – 4,3 мм (18 %) за багаторічної декадної 24 мм. У другій декаді температурний режим дещо зріс (на 0,5 °C), але кількість опадів була недостатньою (12,8 мм за норми 30 мм). У третій декаді спостерігали вищу на 2,8 °C температуру повітря і лише 41,9 % – кількість опадів. Друга і третя декади

червня характеризувалися великою кількістю опадів, яка переважала середньодадні показники на 17,0 і 17,6 мм. У першій декаді липня температура повітря підвищилася до 20,5 °C (за 16,7 °C), а кількість опадів зменшилася до 26,5 мм за середньодаднього показника 32,0 мм. Середньомісячна температура червня була вищою на 0,8 °C, а кількість опадів становила 114 % від середньобогаторічних даних. У липні спостерігали таку ж тенденцію, температурні умови всіх декад були вищими на 1,4–3,8 °C, а кількість опадів – на 32,0 мм більша. Серпень був з підвищеною температурою повітря (на 0,9 °C – перша, 5,3 – друга та на 6,7 °C – третя декада) та більшою кількістю опадів (127 % від норми). У вересні спостерігали температуру повітря на рівні 17,7 °C (за норми 13,1 °C), а опадів у середньому за місяць випало на 24,0 % більше від середньобогаторічного показника.

У квітні 2024 р. усі декади були з вищою температурою і меншою кількістю опадів. Місячна температура становила 11,7 °C за середньобогаторічної 7,4 °C, а кількість опадів – 44,9 мм за норми 51 мм. У першій і другій декадах травня опади були незначними – 1,8 і 1,7 мм за середньобогаторічних даних 24 і 30 мм, у третій дещо збільшилися – до 9,3 мм (31 мм). Середньомісячна температура червня була вищою на 3,4 °C, а кількість опадів становила 12,8 мм (66 % від середньобогаторічної). У липні спостерігали таку ж тенденцію. Температурний режим усіх декад був вищим на 0,9–3,8 °C, а кількість опадів – на 16,5 мм менша від середньобогаторічного показника. Відхилення за температурою повітря у серпні становило 0,8–6,1 °C. Велика кількість опадів випала у першій декаді (72,4 мм за середньодаднього показника 29 мм), і відсутність їх спостерігали в другій. Теплим з підвищеною місячною температурою (17,5 °C) був вересень та мокрим – у другій і третій декадах (52,1 і 43,0 мм за норми 20 і 19 мм).

Загальна площа дослідної ділянки – 60 м², облікова – 50 м². Розміщення варіантів систематичне, повторність – триразова.

У досліді вивчали сорти вітчизняної та іноземної селекції, рекомендовані для зони вирощування – Лісостепу – середньостиглої групи: Перепілочка (2022 р., ННЦ «Інститут землеробства НААН»), Інгуз (2020 р., ТОВ Інститут органічного землеробства), Інструктор (2021 р., Франція), Аклайм (2021 р., Канада).

Технології вирощування сортів сої. Базова – обробка насіння Максим Адванс 195 FS, 1,0 л/т + Командор Гранд, 0,5 л/т; норма внесення мінеральних добрив – N_{7,5}P_{7,5}K_{7,5}; норма висіву насіння, тис. схож. нас./га – 600; ґрунтовий гербіцид – Пледж, 0,05 л/га; страховий гербіцид – Базагран, 1,9 л/га, Текнофіт, рН⁺, 0,2 л/га; І позакореневе підживлення у фазі BBCH 13 (3–4 листків) Текнокель Аміно В, 0,5 л/га; ІІ позакореневе підживлення у BBCH 51 (фаза бутонізації – початок цвітіння) Текнокель Аміно В, 1,0 л/га та Карбамід, 10 кг/га + інсектицид Нокаут Екстра, 0,1 л/га; ІІІ позакореневе підживлення в фазі BBCH 65 (повне цвітіння: близько 50 % квіток відкрито) мікродобрином Фолікер 10-5-40 (2,0 кг/га) + ДОК Про (0,5 кг/га).

Інтенсивна – обробка насіння Максим Адванс 195 FS, 1,0 л/т + Командор Гранд, 0,5 л/т + Фертігрейн Старт КоМо, 1,0 л/т + Оптімайз 400, 1,8 л/т; норма внесення мінеральних добрив – N₇P₂₀K₂₈ + підживлення сульфатом амонію (N₂₁S₂₄); норма висіву насіння, тис. схож. нас./га – 600; ґрунтовий гербіцид – Пледж, 0,05 л/га + Пропоніт, 1,8 л/га + Роубек, к. е. (0,3 л/га); страховий гербіцид – перше внесення: Базагран, 1,9 л/га + Хармоні, 7,0 г/га + Текнофіт рН⁺, 0,2 л/га. За потреби друге внесення: Тарга Макс, к. е. (0,5 л/га) + Текнофіт рН⁺, 0,2 л/га; І позакореневе підживлення у фазі BBCH 13 (3–4 листків) Текнокель Аміно В, 0,5 л/га + Текнокель Аміно Мо, 0,2 л/га + Текнокель Аміно N, 2,0 л/га; ІІ

позакореневе підживлення у ВВСН 51 (фаза бутонізації – початок цвітіння) Текнокель Аміно В, 1,0 л/га + Фертігрейн Фоліар, 1,0 л/га + Текнокель Аміно S, 1,0 л/га + Текнокель Аміно N, 2,0 л/га з інсектицидом Нокаут Екстра, 0,1 л/га; III позакореневе підживлення в фазі ВВСН 65 (повне цвітіння: близько 50 % квіток відкрито) мікродобривом Фолікер 10-5-40 (3,0 кг/га) + Текнокель Аміно N, 1,0 л/га + ДОК Про, 0,5 кг/га.

Біологізована – обробка насіння Оптімайз 400, 1,8 л/т + Фертігрейн Старт КоМо, 1,0 л/т; норма внесення мінеральних добрив – $P_{20}K_{28}S_{16}$; норма висіву насіння, тис. схож. нас./га – 600; ґрунтовий гербіцид – Пледж, 0,05 л/га, Роубек, к. е. (0,3 л/га); I позакореневе підживлення у фазі ВВСН 13 (3–4 листків) – Текамін Макс, 2,0 л/га; II позакореневе підживлення у ВВСН 51 (фаза бутонізації – початок цвітіння) – Текнокель Аміно Бор, 1,0 л/га + Лепідоцид М, 4,0 л/га; III позакореневе підживлення – Текамін Макс, 2,0 л/га.

Дослідження проводили з використанням «Практикуму з мікробіології» [10].

Чисельність бульбочок на коренях сої визначали кількісним методом, їх масу – ваговим з 25 рослин у чотирьох повтореннях; урожайність насіння –

методом суцільного обмолоту зерна з кожної ділянки і його зважуванням та перерахунком на стандартну 14-відсоткову вологість. Статистичний аналіз результатів – методом дисперсійного аналізу (В. О. Ушкаренко та ін.) [11] з використанням програми Microsoft Excel.

Результати та обговорення.

Агрофітоценоз сої формувався під впливом морфогенезу рослини, на який вказує загальна кількість живої органічної речовини, накопичена в надземній і підземній частині. За роки досліджень на цей процес впливали сортові особливості та погодні умови вегетаційних періодів.

Сорти достовірно відрізнялися за масою рослини у фазі цвітіння (ВВСН 59). У 2023 р. за базової технології вирощування згаданий показник був у межах 52,4–53,7 г, інтенсивної – 54,2–56,7 г, біологізованої – 53,1–56,1 г. Внаслідок більшого вологозабезпечення у 2024 р. ці показники за всіх досліджуваних технологій були вищими, зокрема: 65,0–66,9 г – базової, 67,2–68,8 г – інтенсивної і 66,4–69,3 г – біологізованої. Різниця між сортами за середніми показниками маси рослини становила 0,4–1,9 г (базова технологія), 1,0–2,1 г (інтенсивна), 1,3–2,9 г (біологізована) ($HP_{0,05} = 0,5; 0,8; 1,0$).

1. Надземна маса рослини сортів сої залежно від технології вирощування (2023, 2024 рр.), г/роsl.

Сорт	Технологія вирощування											
	базова				інтенсивна				біологізована			
	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю
Перепілочка	52,4	65,0	58,7	-	54,2	67,2	60,7	-	53,1	66,4	59,8	-
Інгуз	52,7	65,5	59,1	0,4	55,5	67,9	61,7	1,0	54,2	67,9	61,1	1,3
Інструктор	54,2	66,9	60,6	1,9	56,7	68,8	62,8	2,1	56,1	69,3	62,7	2,9
Аклайм	53,6	66,3	60,0	1,3	56,3	68,0	63,2	1,5	55,6	68,4	62,0	2,2
$HP_{0,05}$	0,5				0,8				1,0			

Досліджуючи особливості формування архітекtonіки кореневої системи сортів залежно від технологій вирощування, ми визначали масу кореневої

системи рослини (табл. 2), середній показник якої варіював від 10,50–11,52 г з відмінностями між сортами 0,39–1,02 г (базова технологія) до 12,22–13,75 г з

різницею 0,86–1,53 г (біологізована)
($HP_{0,05} = 0,22; 0,20; 0,30$ г).

2. Маса кореневої системи рослини сортів сої залежно від технології вирощування (2023, 2024 рр.), г/роsl.

Сорт	Технологія вирощування											
	базова				інтенсивна				біологізована			
	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю
Перепілочка	7,80	13,20	10,50	–	8,66	14,72	11,69	–	9,18	15,27	12,22	–
Інгуз	8,16	13,62	10,89	0,39	9,01	14,94	11,98	0,29	9,72	16,43	13,08	0,86
Інструктор	8,71	14,32	11,52	1,02	9,48	15,48	12,48	0,79	10,37	17,33	13,75	1,53
Аклайм	8,50	13,92	11,21	0,71	9,26	15,16	12,21	0,52	10,17	16,96	13,57	1,35
$HP_{0,05}$	0,22				0,20				0,30			

Співвідношення кореневої системи до вегетативної надземної маси становило за середніми показниками 19,4–20,6 % з різницею між сортами 0,6–1,2 % (базова

технологія), 20,8–21,5 з різницею 0,1–0,7 % (інтенсивна) та 22,5–23,8 з відмінностями 0,6–1,3 % (біологізована) (табл. 3).

3. Співвідношення маси коренів до вегетативної частини рослини сортів сої залежно від технології вирощування (2023, 2024 рр.), %

Сорт	Технологія вирощування											
	базова				інтенсивна				біологізована			
	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю
Перепілочка	18,4	20,3	19,4	–	19,6	21,9	20,8	–	21,3	23,6	22,5	–
Інгуз	19,1	20,8	20,0	0,6	19,8	22,0	20,9	0,1	22,0	24,2	23,1	0,6
Інструктор	19,7	21,4	20,6	1,2	20,3	22,6	21,5	0,7	22,5	25,0	23,8	1,3
Аклайм	19,5	21,0	20,3	0,9	20,0	22,3	21,2	0,4	22,3	24,8	23,6	1,1

Оптимальні морфологічні та вагові параметри кореневої системи сортів сої дозволили сформувати максимальну кореневу біомасу, цінну з позиції біоорганічного застосування на сірих лісових ґрунтах в умовах достатнього зволоження. Враховуючи густоту стояння рослин на 1 га залежно від норми висіву сортів сої 600 тис. схож. нас./га, польової схожості насіння та маси кореневої системи рослини, залишок корневих решток становив 5,38–5,99 т/га за базової технології вирощування, 5,85–6,40 т/га –

інтенсивної і 6,37–7,28 т/га – біологізованої (табл. 4).

Отримання високої врожайності насіння сої значною мірою обумовлене ефективністю симбіотичної азотфіксації, яка у системі чинників інтенсифікації сільськогосподарського виробництва не викликає протиріч. Звідси випливає, що основним критерієм оцінки ефективності бобово-ризобіального симбіозу є кількість і маса сформованих на рослині бульбочок. За нашими обліками, у період цвітіння сої (ВВСН 59) їх кількість суттєво відрізнялася залежно від сорту та агротехнології.

4. Маса кореневих решток залежно від сорту та технології вирощування сої (2023, 2024 рр.), т/га

Сорт	Технологія вирощування											
	базова				інтенсивна				біологізована			
	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю
Перепілочка	4,11	6,65	5,38	-	4,32	7,37	5,85	-	4,86	7,88	6,37	-
Інгуз	4,31	6,93	5,62	0,24	4,61	7,57	6,09	0,24	5,14	8,48	6,81	0,44
Інструктор	4,60	7,37	5,99	0,65	4,79	8,00	6,40	0,55	5,49	9,05	7,27	0,90
Аклайм	4,50	7,36	5,93	0,55	4,76	7,89	6,33	0,48	5,42	8,94	7,18	0,81
HP _{0,05}	0,11	0,14			0,10	0,12			0,10	0,13		

Найбільшу кількість бульбочок сформували сорти за біологізованої технології вирощування, на що впливала передпосівна обробка насіння інокулянтom Оптімaйз 400 (1,8 л/т), створеним на основі чистої культури бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, з використанням компонентів формуляції, що подовжують термін виживання бактерій на насінні, та біостимулятора росту Фертігрейн Старт КоМо (1,0 л/т), який забезпечував насіння азотним живленням, знижував ризик цинкового голодування рослин на початкових етапах росту, поліпшував розвиток кореневої системи та підвищував життєздатність під час дії стрес-факторів. Тому за біологізованої технології вирощування сої середня кількість бульбочок була найвищою і становила

35–39 шт./росл. (табл. 5). Нижчими ці показники були за базової (23–25 шт./росл.), яка включала застосування фунгіцидного протруйника Максим Адванс 195 FS (1,0 л/т) з двокомпонентним інсектицидом контактно-системної дії для захисту від ґрунтових та наземних шкідників Командор Гранд (0,5 л/т). За поєднаного хімічного захисту з біологічним (Максим Адванс, 1,0 л/т + Командор Гранд, 0,5 л/т + Фертігрейн Старт КоМо, 1,0 л/т + Оптімaйз 400, 1,8 л/т) у інтенсивній технології кількість бульбочок була дещо більшою (на 5–6 шт./росл.) порівняно з базовою і меншою (на 7–12 шт./росл.) – з біологізованою.

5. Кількість бульбочок сої залежно від сорту та технології вирощування (2023, 2024 рр.), шт./росл.

Сорт	Технологія вирощування											
	базова				інтенсивна				біологізована			
	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю
Перепілочка	19	27	23	–	23	30	28	–	33	37	35	–
Інгуз	18	28	23	0	27	33	30	2	34	39	37	3
Інструктор	21	29	25	2	28	34	31	3	35	43	39	5
Аклайм	20	28	24	1	29	33	31	3	34	42	38	4
HP _{0,05}			0,5				0,7				0,4	

За біологізованої технології вирощування сортів сої створювалися оптимальні умови для функціонування симбіотичного апарату, що підтверджено

найвищою масою бульбочок на рослині в усі роки досліджень (табл. 6). У 2023 р. вона становила 1,49–1,64 г, у 2024 р. – 2,45–2,53 г. За базової технології ці показники були найнижчими (відповідно 1,01–1,27 і 2,0–2,11 г/росл.) і дещо вищими

за інтенсивної (1,21–1,41 і 2,12–2,39 г/росл.). Різниця за цим параметром між сортами становила 0,03–0,15 г/росл. (базова), 0,02–1,19 (інтенсивна) і 0,05–0,12 г/росл. (біологізована технологія вирощування).

6. Маса бульбочок сої залежно від сорту та технології вирощування (2023, 2024 рр.), г/росл.

Сорт	Технологія вирощування											
	базова				інтенсивна				біологізована			
	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю	2023	2024	середнє	± до контролю
Перепілочка	1,01	2,00	1,51	–	1,21	2,12	1,65	–	1,49	2,45	1,97	–
Інгуз	1,06	2,02	1,54	0,03	1,20	2,17	1,69	0,04	1,53	2,49	2,02	0,05
Інструктор	1,10	2,11	1,61	0,10	1,28	2,39	1,84	1,19	1,64	2,53	2,09	0,12
Аклайм	1,27	2,06	1,67	0,16	1,41	2,22	1,81	1,16	1,55	2,47	2,01	0,04
HP _{0,05}	0,2				0,4				0,3			

За результатами статистичної обробки даних, коефіцієнт кореляції Пірсона між двома величинами – кількістю і масою бульбочок – за базової технології вирощування був прямий сильний ($r = 0,756–1,000$), за інтенсивної – прямий

середній ($r = 0,304–0,445$), за біологізованої – прямий сильний ($r = 0,945–1,000$) (табл. 7). Це підтверджує, що з збільшенням кількості бульбочок на рослині їх маса зменшується.

7. Кореляція між кількістю і масою бульбочок з рослини сортів сої залежно від технології вирощування (2023, 2024 рр.)

Сорт	Технологія вирощування, бульбочок								
	базова			інтенсивна			біологізована		
	кіль- кість, шт./росл.	маса, г/росл.	г	кіль- кість, шт./росл.	маса, г/росл.	г	кіль- кість, шт./росл.	маса, г/росл.	г
Перепілочка	23	1,51	0,756	28	1,65	0,304	35	1,97	0,945
Інгуз	23	1,54	0,988	30	1,69	0,340	37	2,02	1,000
Інструктор	25	1,61	0,756	31	1,84	0,418	39	2,09	1,000
Аклайм	24	1,67	1,000	31	1,81	0,445	38	2,01	0,956

Примітка. Коефіцієнт кореляції (r): від 0 до 0,33 – слабка, 0,34–0,66 – середня, 0,67–0,99 – сильна, 1,00 – повна як для прямої (+), так і зворотної (-).

Кореляція між масою кореневої системи і бульбочок за базової технології вирощування була середньою зворотною ($r = -0,482...-0,655$), за інтенсивної – сильною зворотною ($r = -0,761...-0,830$), за

біологізованої – слабкою зворотною ($r = -0,314...-0,329$) (табл. 8). Показники свідчать про відсутність впливу маси кореневої системи на масу бульбочок.

8. Кореляція між масою кореневої системи і бульбочок рослини сортів сої залежно від технології вирощування (2023–2024 рр.)

Сорт	Технологія вирощування								
	базова			інтенсивна			біологізована		
	Маса, г/роsl.								
	коренів	буль- бочок	г	коренів	буль- бочок	г	коренів	буль- бочок	г
Перепілочка	10,50	1,51	-0,482	11,69	1,65	-0,761	12,22	1,97	-0,319
Інгуз	10,89	1,54	-0,596	11,98	1,69	-0,773	13,08	2,02	-0,329
Інструктор	11,52	1,61	-0,627	12,48	1,84	-0,829	13,75	2,09	-0,326
Аклайм	11,21	1,67	-0,655	12,21	1,81	-0,830	13,57	2,01	-0,314

Висновки

1. У ґрунтово-кліматичних умовах зони Передкарпаття на сірих лісових поверхнево оглеєних легкосуглинкових ґрунтах за норми внесення мінеральних добрив $N_7P_{20}K_{28}$ + підживлення сульфатом амонію ($N_{21}S_{24}$) у фазі цвітіння ВВСН 65 найвищу надземну масу рослини та кореневої системи сорти сої сформували за інтенсивної технології вирощування – 60,7–63,2 та 11,69–12,48 г/роsl. з різницею між сортами 1,0–2,1 та 0,29–0,79 г/роsl.

2. Співвідношення між масою рослини та кореневої системи за базової технології вирощування становило

19,4–20,6 %, інтенсивної – 20,8–21,5 та біологізованої – 21,5–23,8 %.

3. Базова технологія вирощування забезпечувала 5,38–5,99 т/га корневих решток, інтенсивна – 5,85–6,40, біологізована – 6,37–7,27 т/га.

4. Найбільшу кількість бульбочок (35–39 шт./роsl.) та їх масу (1,97–2,09 г/роsl.) відзначено за біологізованої технології вирощування.

5. За морфологічними показниками та формуванням симбіотичного апарату переважав сорт Інструктор за всіх агротехнологій.

Список використаної літератури

1. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності : монографія / Г. М. Заболотний та ін. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2020. 276 с. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/27706.pdf> (дата звернення: 19.12.2024).

2. Біологізація вирощування зернобобових культур в Україні, аналіз та перспектива / В. С. Кравченко та ін. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 92. С. 83–91. URL: <https://abbsl.osau.edu.ua/index.php/visnuk/article/view/28/20> (дата звернення: 19.12.2024).

3. Вишнівський П. С., Фурман О. В. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Plant and soil science*. 2020. Vol. 11, № 1. P. 13–22. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.013>.

4. Гамаюнова В. В., Назарчук А. А. Продуктивність та азотфіксуюча здатність сортів сої залежно від факторів вирощування на Півдні Степу України. *Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету. Агроєкологія*. 2014. № 1 (1). С. 17–23.

5. Гамаюнова В. В., Коваленко О. А., Хоненко Л. Г. Сучасні підходи до ведення

References

1. Agrobiological principles of soybean cultivation and ways to maximize its productivity : monograph / H. M. Zabolotnyi et al. Vinnytsia : FOP Korzun D. Yu., 2020. 276 p. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/27706.pdf> (last accessed: 19.12.2024).

2. Biologization of growing grain-legumes in Ukraine, analysis and prospects / V. S. Kravchenko et al. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria*. 2019. Issue 92. P. 83–91. URL: <https://abbsl.osau.edu.ua/index.php/visnuk/article/view/28/20> (last accessed: 19.12.2024).

3. Vyshnivskiy P. S., Furman O. V. Soybean productivity depending on elements of cultivation technology in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Plant and soil science*. 2020. Vol. 11, no. 1. P. 13–22. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.01.013>.

4. Hamaiunova V. V., Nazarchuk A. A. Productivity and nitrogen-fixing capacity of soybean varieties depending on cultivation factors in the southern steppe of Ukraine. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalno ahroekolohichnoho universytetu. Ahroekolohiia*. 2014. No. 1 (1). P. 17–23.

землеробської галузі на засадах біологізації та ресурсозбереження. Рациональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій : кол. моногр. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С. 232–342.

6. Дідора В. Г., Ступницька О. С. Продуктивність сої залежно від інокуляції та удобрення в умовах Полісся України. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 4. С. 33–37. URL: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/8256/1/VAN_2016_33-37.pdf (дата звернення: 18.12.2024).

7. Дідора В. Г. Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції насіння та удобрення. *Наукові горизонти*. 2018. № 1 (64). С. 23–28.

8. 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>.

9. Кабанець В. М., Собко М. Г., Мурач О. М. Функціонування симбіозу «*Bradyrhizobium japonicum* – соя» і врожайність сої за впливу ризогуміну та фізіологічно активних речовин. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 83. С. 58–66.

10. Кошевський І. І., Феделеш-Гладинець М. І. Практикум з мікробіології : навч. посіб. Київ : Аграрна наука, 2016. 122 с.

11. Методика польового дослідження (зрошуване землеробство) : навч. посіб. / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грін Д. С., 2014. 448 с.

12. Мізерник Д. В. Сучасний стан та перспективи вирощування сої в світі і Україні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (1). С. 36–47. DOI: [10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-4).

13. Перетятко С. Г., Рудік О. П. Сучасний стан та прикладні аспекти перспектив розвитку виробництва сої в Україні. *Зрошуване землеробство*. 2021. Вип. 76. С. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.76.10>.

14. Романько А. Ю. Стан вирощування сої в Україні та Сумській області. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2017. № 2 (33). С. 120–123.

15. Соя – стратегічна культура світового землеробства : бібліогр. покажч. / Полтав. держ. аграр. акад., б-ка ; уклад. І. І. Фіненко ; наук. ред. Л. Г. Білявська ; відп. за вип. Л. О. Снітко. Полтава : ПДАА, 2017. 100 с. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/3165/soya.pdf> (дата звернення: 19.12.2024).

16. Циганський В. І. Оптимізація системи удобрення сої на основі використання препаратів біологічного походження в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 21. С. 69–81. DOI: [10.37128/2707-5826-2021-2-6](https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-2-6).

17. Чернявський І. Ю. Прогнозування експортного потенціалу підприємств зернової галузі України з урахуванням рівня розвитку вітчизняної селекції. *Український журнал прикладної економіки*.

5. Hamaionova V. V., Kovalenko O. A., Khonenko L. H. Modern approaches to the management of the agricultural sector based on biologization and resource conservation. Rational use of resources in the conditions of ecologically stable territories : kol. monohr. Poltava : TOV NVP «Ukrpromtorhservis», 2018. P. 232–342.

6. Didora V. H., Stupnitska O. S. Soybean productivity depending on inoculation and fertilization in the conditions of Polissia in Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2016. No. 4. P. 33–37. URL: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/8256/1/VAN_2016_33-37.pdf (last accessed: 18.12.2024).

7. Didora V. H. Symbiotic productivity of soybean depending on seed inoculation and fertilizers. *Naukovi horyzonty*. 2018. No. 1 (64). P. 23–28.

8. Zabarna T. A., Cheresniuk V. V. Agroecological aspects of soybean (*Glycine max* L.) cultivation in Ukraine. *Ahroekologichnyi zhurnal*. 2024. No. 1. P. 108–116. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945>.

9. Kabanets V. M., Sobko M. H., Murach O. M. Functioning of the symbiosis "*Bradyrhizobium japonicum* – soybean" and soybean yield under the influence of rhizohumins and physiologically active substances. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2017. Issue 83. P. 58–66.

10. Koshevskiy I. I., Fedelezh-Hladynets M. I. Microbiology Workshop : navch. posib. Kyiv : Ahrarna nauka, 2016. 122 p.

11. Field experiment technique (irrigated agriculture) : navch. posib. / V. O. Ushkarenko et al. Kherson : Hrin D. S., 2014. 448 p.

12. Mizernyk D. V. Current state and prospects of soybean cultivation in the world and Ukraine. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2024. Issue 76 (1). P. 36–47. DOI: [10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-4).

13. Peretiatsko S. H., Rudik O. P. Current state and applied aspects of development of soybean production in Ukraine. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2021. Issue 76. P. 49–53. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.76.10>.

14. Romanko A. Yu. The state of soybean cultivation in Ukraine and Sumy region. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2017. No. 2 (33). P. 120–123.

15. Soybean is a strategic crop in global agriculture : bibliohr. pokazhch. / Poltav. derzh. ahrar. akad., b-ka ; uklad. I. I. Finenko ; nauk. red. L. H. Biliavska ; vidp. za vyp. L. O. Snitko. Poltava : PDAA, 2017. 100 p. URL: <https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/3165/soya.pdf> (last accessed: 19.12.2024).

16. Tsyhanskyi V. I. Optimization of soybean fertilization system based on the use of biological preparations in Right-Bank Forest-Steppe conditions. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2021. No. 21. P. 69–81. DOI: [10.37128/2707-5826-2021-2-6](https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-2-6).

2019. Т. 4, № 4. С. 199–208. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2019-4-23>.

18. Шевченко О., Плиська М. Інокулянти – запорука успіху сої. *Пропозиція*. 2019. № 5. URL: <https://propozitsiya.com/ua/inokulyanty-zaporuka-uspihu-soyi> (дата звернення: 19.12.2024).

19. Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Черешнюк В. В. Динаміка кількості бульбочок залежно від інокуляції насіння сої та позакоренових підживлень. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2024. № 138. С. 229–235. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.29>.

20. Abd-Alla M. H., Al-Amri S. M., El-Enany A.-W. E. Enhancing *Rhizobium* – Legume Symbiosis and Reducing Nitrogen Fertilizer Use Are Potential Options for Mitigating Climate Change. *Agriculture*. 2023. Vol. 13 (11), article number 2092. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13112092>.

21. Beruk H., Yoseph T., Ayalew T. Unlocking the Potential of Inoculation with *Bradyrhizobium* for Enhanced Growth and Symbiotic Responses in Soybean Varieties under Controlled Conditions. *Agronomy*. 2024. 14 (6), article number 1280. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14061280>.

22. Cigelske B., Kandel H., DeSutter T. Soybean Nodulation and Plant Response to Nitrogen and Sulfur Fertilization in the Northern US. *Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 11, No. 6. P. 592–607. DOI: [10.4236/as.2020.116037](https://doi.org/10.4236/as.2020.116037).

23. Food and agriculture organization of the United Nations. FAO. URL: <http://faostat.fao.org/site/636/default.aspx#ancor> (last accessed: 12.12.2024).

24. Improvement of soybean grain nutritional quality under foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* strain Az39 / M. L. Puente et al. *Symbiosis*. 2019. Vol. 76 (1). P. 41–47. DOI: [10.1007/s13199-018-0568-x](https://doi.org/10.1007/s13199-018-0568-x).

25. Melnyk A. V., Romanko A. Y., Dudka A. A. Functional diagnostics of mineral nutrition and yield capacity of soybean plants due to the application of micro fertilizers. *East European Scientific Journal (Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe)*. 2020. № 1 (53). P. 50–55.

26. Nitrogen-fixing capacity of soybean varieties depending on seed inoculation and foliar fertilization with biopreparations / A. Korobko et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25 (4). P. 23–37. DOI: [10.12911/22998993/183497](https://doi.org/10.12911/22998993/183497).

27. Sinclair T. R., Nogueira M. A. Selection of host-plant genotype: the next step to increase grain legume N₂ fixation activity. *Journal of Experimental Botany*. 2018. Vol. 69, no. 15. P. 3523–3530. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ery115>.

28. Tesfaye T., Tarekegn Yo., Walelign W. Biological and inorganic fertilizer applications improved growth, nodulation and yield of soybean (*Glycine max* L.) varieties. *International Journal of Current Research*. 2018. Vol. 10 (05). P. 68855–68862. URL: researchgate.net/publication/357889384_biological_and_inorganic_fertilizer_applications_improved_growth_n

17. Cherniavskiy I. Yu. Forecasting the export potential of Ukrainian grain industry enterprises taking into account the level of development of domestic selection. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky*. 2019. Vol. 4, no. 4. P. 199–208. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2019-4-23>.

18. Shevchenko O., Plyska M. Inoculants are the key to soybean success. *Propozytsiya*. 2019. No. 5. URL: <https://propozitsiya.com/ua/inokulyanty-zaporuka-uspihu-soyi> (last accessed: 19.12.2024).

19. Shkatula Yu. M., Zabarna T. A., Cheresniuk V. V. Dynamics of the number of tubers depending on the inoculation of soybean seeds and foliar feeding. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Silskohospodarski nauky*. 2024. No. 138. P. 229–235. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.29>.

20. Abd-Alla M. H., Al-Amri S. M., El-Enany A.-W. E. Enhancing *Rhizobium* – Legume Symbiosis and Reducing Nitrogen Fertilizer Use Are Potential Options for Mitigating Climate Change. *Agriculture*. 2023. Vol. 13 (11), article number 2092. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13112092>.

21. Beruk H., Yoseph T., Ayalew T. Unlocking the Potential of Inoculation with *Bradyrhizobium* for Enhanced Growth and Symbiotic Responses in Soybean Varieties under Controlled Conditions. *Agronomy*. 2024. 14 (6), article number 1280. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14061280>.

22. Cigelske B., Kandel H., DeSutter T. Soybean Nodulation and Plant Response to Nitrogen and Sulfur Fertilization in the Northern US. *Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 11, no. 6. P. 592–607. DOI: [10.4236/as.2020.116037](https://doi.org/10.4236/as.2020.116037).

23. Food and agriculture organization of the United Nations. FAO. URL: <http://faostat.fao.org/site/636/default.aspx#ancor> (last accessed: 12.12.2024).

24. Improvement of soybean grain nutritional quality under foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* strain Az39 / M. L. Puente et al. *Symbiosis*. 2019. Vol. 76 (1). P. 41–47. DOI: [10.1007/s13199-018-0568-x](https://doi.org/10.1007/s13199-018-0568-x).

25. Melnyk A. V., Romanko A. Y., Dudka A. A. Functional diagnostics of mineral nutrition and yield capacity of soybean plants due to the application of micro fertilizers. *East European Scientific Journal (Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe)*. 2020. No. 1 (53). P. 50–55.

26. Nitrogen-fixing capacity of soybean varieties depending on seed inoculation and foliar fertilization with biopreparations / A. Korobko et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25 (4). P. 23–37. DOI: [10.12911/22998993/183497](https://doi.org/10.12911/22998993/183497).

27. Sinclair T. R., Nogueira M. A. Selection of host-plant genotype: the next step to increase grain legume N₂ fixation activity. *Journal of Experimental Botany*. 2018. Vol. 69, no. 15. P. 3523–3530. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ery115>.

28. Tesfaye T., Tarekegn Yo., Walelign W. Biological and inorganic fertilizer applications

odulation_and_yield_of_soybean_glycine_max_l_varieties (last accessed: 15.05.2025).

29. The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank Forest-Steppe / I. M. Didur et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9 (1). P. 76–80. URL: <https://www.ujecology.com/articles/the-effect-of-fertilizer-system-on-soybean-productivity-in-the-conditions-of-right-bank-foreststeppe.pdf> (last accessed: 19.12.2024).

30. The effect of soil tillage on symbiotic activity of soybean crops / V. Hanhur et al. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020. Vol. 26 (2). P. 365–374. URL: <https://www.agrojournal.org/26/02-13.pdf> (last accessed: 19.12.2024).

31. Thilakarethna M. S., Raizada M. N. A meta-analysis of the effectiveness of diverse rhizobia inoculants on soybean traits under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. Vol. 105. P. 177–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.11.022>.

improved growth, nodulation and yield of soybean (*Glycine max* L.) varieties. *International Journal of Current Research*. 2018. Vol. 10 (05). P. 68855–68862. URL: researchgate.net/publication/357889384_biological_and_inorganic_fertilizer_applications_improved_growth_nodulation_and_yield_of_soybean_glycine_max_l_varieties (last accessed: 15.05.2025).

29. The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of Right-Bank Forest-Steppe / I. M. Didur et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9 (1). P. 76–80. URL: <https://www.ujecology.com/articles/the-effect-of-fertilizer-system-on-soybean-productivity-in-the-conditions-of-right-bank-foreststeppe.pdf> (last accessed: 19.12.2024).

30. The effect of soil tillage on symbiotic activity of soybean crops / V. Hanhur et al. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020. Vol. 26 (2). P. 365–374. URL: <https://www.agrojournal.org/26/02-13.pdf> (last accessed: 19.12.2024).

31. Thilakarethna M. S., Raizada M. N. A meta-analysis of the effectiveness of diverse rhizobia inoculants on soybean traits under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. Vol. 105. P. 177–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.11.022>.