

УДК 631.581.5:631524.84:633.34
DOI:10.37128/2707-5826-2026-4-5

**ВПЛИВ БІОЛОГІЧНИХ
ПРЕПАРАТІВ НА ДИНАМІКУ
АКТИВНОГО СИМБІОТИЧНОГО
ПОТЕНЦІАЛУ СОЇ**

О.І. ЦИГАНСЬКА, канд. с-г наук,
доцент

В.В. МАШЕНКО, аспірант
Вінницький національний аграрний
університет

Дослідження показало, що агротехнологічні методи вирощування різних сортів сої суттєво впливають на формування активних бульбочок на коренях. Для сортів Артеміда і Монро виявлено, що використання біоінокулянту разом із мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд та біодобривом Граундфікс Екстрим значно підвищує кількість активних бульбочок у порівнянні з контролем (Біоінокулянт-БТУ). Найвищі результати спостерігалися при комбінованій обробці насіння та ґрунту - Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граундфікс Екстрим (4 л/га). На початку вегетаційного періоду, сорт Артеміда демонстрував 13,7 бульбочок на рослину, а Монро – 12,6 шт./рослину. Зростання кількості бульбочок тривало від фази третього трійчастого листка до кінця цвітіння, досягаючи максимальної кількості – 34,2 шт./рослину для сорту Артеміда при комбінованому застосуванні біопрепаратів. Аналогічна динаміка зростання була зафіксована в усіх варіантах дослідження. Крім того, дослідження показали особливості формування маси активних бульбочок в залежності від передпосівної обробки. Найкращі результати спостерігалися при завершенні цвітіння за умови комплексного використання біопрепаратів – Біоінокулянт-БТУ (3 кг/т насіння), Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граундфікс Екстрим (4 л/га). Дослідження також вказують на покращення симбіотичного потенціалу із застосуванням біопрепаратів. На ранніх етапах розвитку (3-й трійчастий листок) контрольний варіант, де використовувався лише Біоінокулянт-БТУ, показав активний симбіотичний потенціал у сортів Артеміда 0,282 тис. кг діб/га і у Монро 0,369 тис. кг діб/га. При додаванні Мікофренд ця чисельність зросла до 0,297 і 0,542 відповідно. Максимальні показники на різних етапах розвитку були досягнуті при комбінованій обробці насіння і ґрунту препаратами Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граундфікс Екстрим (4 л/га).

Ключові слова: сорт сої, азотфіксація, бульбочкові бактерії, інокуляція, мікориза, симбіоз.

Табл. 3, Рис. 1, Літ. 11.

Постановка проблеми. Соя, будучи однією з провідних зернобобових культур, відіграє ключову роль не лише як цінний високобілковий корм, але і як важливий компонент у біологізації землеробства. Її вплив на покращення родючості ґрунтів і навколишнього середовища обумовлений збагаченням ґрунту органічними речовинами і біологічно фіксованим азотом, що стабілізує та підвищує його продуктивність. Дослідження показують, що активізація біологічних процесів завдяки зернобобовим культурам має бути достатньо інтенсивною для зниження негативного впливу антропогенних факторів.

В технологічному процесі перспективним підходом є передпосівна обробка насіння зернобобових культур біоінокулянтами та регуляторами росту, оскільки це покращує симбіотичну активність рослин, сприяючи відновленню природної родючості та розвитку ґрунтів [1].



Найкраще для вирощування в різноманітних умовах водно-теплогового та ґрунтового середовища підходять сорти сої, що мають високу стійкість до захворювань та здатні розвивати значний симбіотичний потенціал [2]. Здійснення позакореневого підживлення орґано-мінеральними добривами, а також внесення мінеральних добрив у різних кількостях відповідно до наукових досліджень вважається одним із найефективніших методів забезпечення рослин необхідними поживними речовинами [4]. Саме тому особливу увагу слід приділити дослідженню впливу біологічних препаратів, таких як біоінокулянти, мікоризоутворюючі агенти та ґрунтові біологічні мікродобрива, на симбіотичну продуктивність сої.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Симбіотична азотфіксація має ключове значення для постачання агроценозів біологічним азотом. Це сприяє підвищенню родючості ґрунту, знижує енергетичні витрати при вирощуванні культур і зменшує шкідливий вплив на навколишнє середовище [5]. Ураховуючи економічну значимість і ключову роль у аграрному секторі, культивування стратегічно важливих культур, зокрема соняшнику, сої та кукурудзи, набуває особливої актуальності. Для досягнення високих показників урожайності цих базових ринкових культур необхідно впроваджувати комплексний підхід до технологій вирощування, базований на новітніх наукових досягненнях і сучасних технологічних рішеннях [6].

Рослини сої, подібно до інших представників бобових культур, мають здатність вступати у взаємовигідний симбіоз з бактеріями роду *Rhizobium*, зокрема з видом *Bradyrhizobium*. Завдяки цій взаємодії вони здатні перетворювати атмосферний азот в амонійний, тобто в форму, яка є доступною для поглинання самою рослиною. Даний процес відбувається в корневих бульбочках, забезпечуючи рослини цілим комплексом необхідного азоту протягом усього періоду вегетації. У контексті сівозмін, що включають зернобобові культури та мінеральні добрива, утворюється 2,92 т/га післяжнивних решток на глибині 0-30 см ґрунту. Кількість цих залишків підпорядковується впливу різноманітності, розподілення та взаємодії культур у сівозміні. Для покращення збільшення внеску свіжої органічної речовини до ґрунту з рослинними залишками доцільно проводити правильне регулювання площ під різні культури. Ці рослинні рештки є багатим джерелом поживних елементів, які можуть бути використані наступними культурами як цінний ресурс у сівозміні [7, 9].

Науковці зосередили свої дослідження на вивченні того, як різні сорти сої можуть накопичувати біологічний азот у ґрунті під впливом передпосівної обробки насіння біопрепаратами. Результати показали, що ці препарати мають значний потенціал у фіксації та накопиченні азоту.

Удосконалення агротехнологічних прийомів вирощування для підвищення насінневої продуктивності сої має важливе агроекологічне та продовольче значення [8].

Встановлено, що правобережний Лісостеп України за ґрунтово-кліматичними та гідротермічними умовами (ГТК – 1,7–1,8) сприятливий для вирощування сої [8].

Посівна інокуляція насіння з використанням біопрепаратів на основі симбіотичних бактерій є одним із ключових технологічних підходів, що суттєво впливають на ріст і розвиток сої. Вона виступає важливим елементом енергозбереження в сучасних методах її вирощування, а також дієвим інструментом екологізації землеробства. Дослідження свідчать, що застосування ефективних штамів бульбочкових бактерій під час інокуляції забезпечує приріст урожайності на 10-15%. У регіонах, де соя вирощується вперше й природні популяції таких бактерій відсутні, врожайність може збільшуватися на 25-30%. Додатково відзначають підвищення вмісту протеїну в зерні. Сучасні технології також активно використовують регулятори росту рослин, фосфорно-калійні мобілізатори та мікоризоутворюючі препарати. Ці засоби сприяють підвищенню ефективності сільськогосподарських культур завдяки своїй екологічній безпеці, здатності стимулювати фізіологічні та біохімічні процеси, покращувати стійкість рослин до хвороб і сприятливо впливати на екологічний стан ґрунту. Наукові дані підтверджують, що комплексне застосування інокуляції насіння разом із регуляторами росту та мікродобривами істотно збільшує продуктивність сої, відкриваючи нові перспективи для підвищення ефективності землеробства [10, 11].

Мета статті – визначити та представити вплив біологічних препаратів на динаміку активного симбіотичного потенціалу різних сортів сої. Для досягнення даної мети було сформульовано такі завдання: дослідити та проаналізувати динаміку кількості активних бульбочок у ключові стадії онтогенезу сої; визначити характер формування показників маси активних бульбочок на кореневій системі сої; встановити динаміку формування активного симбіотичного потенціалу сортів сої залежно від передпосівної обробки насіння та ґрунту біопрепаратами.

Умови та методика проведення досліджень. Результати представлених польових досліджень отримано за період 2024 -2025 років в умовах дослідного поля НДГ «Агрономічне» ВНАУ, котре знаходиться в с. Агрономічне. Дослідне поле має рівнинну територію. Тип ґрунтів на полі – сірі лісові. Глибина орного шару ґрунту знаходиться в межах 30 см, співвідношення гранулометричних фракцій середньо-суглинкового типу. Показник щільності ґрунту варіює в межах від 1,31 до 1,40 г/см³. За даними агрохімічного обстеження орний шар ґрунту має такі фізико-хімічні показники: вміст гумусу (за Тюрнімом) становить 2,06 %, лужногідролізованого азоту (за Корнфілдом) 62 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію (за Чириковим), відповідно, 149 і 80 мг на 1 кг ґрунту, рН сол. витяжки 5,9. Гідролітична кислотність – 1,14 мг-екв на 100 г ґрунту.

Фенологічні спостереження та відповідні обліки здійснювались відповідно до спеціалізованих загальноприйнятих методик, що застосовуються у сільськогосподарських дослідженнях [3].

Таблиця 1

Схема польового досліджу

Сорт Фактор (А)	Біологічні препарати Фактор (В)
1. Артеміда 2. Монро	1. Біоінокулянт - БТУ (3 кг/т насіння) (контроль); 2. Біоінокулянт - БТУ (3 кг/т насіння) + Мікофренд (1,5 л/т насіння); 3. Біоінокулянт - БТУ (3 кг/т насіння) + Граундфікс Екстрим (4 л/га); 4. Біоінокулянт - БТУ (3 кг/т насіння)+Мікофренд (1,5 л/т насіння) + Граундфікс Екстрим (4 л/га).

Джерело: сформовано на основі власних результатів досліджень

Результати досліджень. Ураховуючи важливе значення біологічного азоту, який фіксується бобовими культурами у симбіотичній взаємодії з бульбочковими бактеріями, його роль для функціонування рослинних організмів є надзвичайно вагомою як у теоретичному, так і у практичному аспекті аграрної науки. Згідно з результатами досліджень, продемонстровано динаміку змін кількості активних бульбочок на коренях сої залежно від різних методів передпосівної обробки насіння та ґрунту. Бульбочки являють собою симбіотичні структури, які утворюються в процесі взаємодії коренів бобових рослин з азотфіксуючими бактеріями. Ці утворення відіграють важливу роль у забезпеченні рослин біологічним азотом, який є критично необхідним для їхнього росту та розвитку. Аналіз динаміки кількості активних бульбочок проводився у ключові стадії онтогенезу сої: утворення третього трійчастого листка, початок цвітіння, завершення періоду цвітіння, етап повного наливу насіння та на стадії фізіологічної стиглості культури (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка кількості активних бульбочок на коренях рослин сої залежно від передпосівної обробки насіння та ґрунту, (у середньому за 2024 – 2025 рр.), шт./рослину, $M \pm m$

Сорт	Спосіб передпосівної обробки насіння та ґрунту	3-й трійчастий листок	Початок цвітіння	Кінець цвітіння	Повний налив насіння	Фізіологічна стиглість
Артеміда	Біоінокулянт - БТУ (контроль)	6,3	13,6	15,6	12,8	5,2
	Біоінокулянт - БТУ + Мікофренд	12,8	23,1	23,9	21,2	11,1
	Біоінокулянт - БТУ + Граундфікс Екстрим	11,0	19,6	21,4	18,1	9,5
	Біоінокулянт - БТУ + Мікофренд+ Граундфікс Екстрим	13,7	30,8	34,2	28,9	13,8
	Коефіцієнт варіації V, %	28,5	28,9	28,1	27,8	33,4
Монро	Відносна похибка Sx%	6,9	7,0	6,8	6,7	8,1
	Біоінокулянт -БТУ (контроль)	7,8	18,7	21,9	16,1	6,8
	Біоінокулянт -БТУ + Мікофренд	8,5	25,0	27,1	23,4	11,9
	Біоінокулянт -БТУ + Граундфікс Екстрим	8,2	22,8	23,7	20,6	10,4
	Біоінокулянт - БТУ + Мікофренд+ Граундфікс Екстрим	12,6	31,9	34,7	27,1	15,4
	Коефіцієнт варіації V, %	28,9	22,8	23,6	21,7	26,1
	Відносна похибка Sx%	6,8	5,3	5,7	5,5	6,3

Джерело: сформовано автором на основі власних результатів досліджень

Для обох досліджуваних сортів сої, Артеміда та Монро, використання біоінокулянту в поєднанні з мікоризоутворюючим біопрепаратом Мікофренд і біодобривом Граундфікс Екстрим істотно збільшує кількість активних бульбочок на коренях у порівнянні з контрольним варіантом (Біоінокулянт-БТУ).

У контрольних зразках середня кількість активних бульбочок на коренях на початкових етапах розвитку рослин (у фазі третього трійчастого листка) варіюється в межах 6,3–7,8 штук на рослину. Натомість у зразках із додаванням мікоризоутворюючого біопрепарату Мікофренд спостерігається помітне збільшення кількості бульбочок. На прикладі сорту Артеміда, у фазі третього трійчастого листка спостерігається показник утворення бульбочок у межах 6,3–12,8 шт. на рослину. Додавання препарату Граундфікс Екстрим теж сприяє зростанню кількості бульбочок, хоча цей ефект менш виражений порівняно з варіантом використання самого лише мікоризоутворюючого біопрепарату. Найвищих результатів вдалося досягти при комбінованому обробленні насіння та ґрунту (Мікофренд + Граундфікс): на початку вегетації кількість бульбочок у сорту Артеміда становила 13,7 шт./рослину, а в сорту Монро – 12,6 шт./рослину. Усі варіанти демонструють стабільну тенденцію збільшення кількості бульбочок від фази третього трійчастого листка до кінця цвітіння. Найвищий показник зафіксовано у фазу завершення цвітіння: 34,2 шт./рослину для сорту Артеміда при застосуванні комбінованої схеми біопрепаратів. Це вказує на те, що така комбінація препаратів ефективно стимулює формування більшої кількості бульбочок, що, у свою чергу, сприяє покращенню азотного живлення рослин у період їх активного росту і розвитку.

У рамках проведених досліджень було визначено характер формування показників маси активних бульбочок на кореневій системі сої, що залежали від способів передпосівної обробки насіння та стану ґрунту (рис. 1.).



Рис. 1. Динаміка маси активних бульбочок на коренях рослин сої залежно від передпосівної обробки насіння та ґрунту, (у середньому за 2024–2025 рр.), мг/рослину, $M \pm m$

Примітка: 1. Біоінокулянт -БТУ (контроль); 2. Біоінокулянт -БТУ + Мікофренд; 3. Біоінокулянт-БТУ + Граундфікс Екстрим; 4. Біоінокулянт-БТУ + Мікофренд+ Граундфікс Екстрим.

Джерело: сформовано автором на основі власних результатів досліджень

Максимальну масу активних бульбочок було зафіксовано у фазі кінця цвітіння на варіанті досліду, де використовувалося комплексне застосування біопрепаратів Біоінокулянт-БТУ (3 кг/т насіння), Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граундфікс Екстрим (4 л/га). У результаті сорт сої Артемідіа демонстрував показник 379,7 мг активних бульбочок на рослину, а сорт Монро – 492,9 мг на рослину. Крім того, застосування комбінації Біоінокулянт-БТУ (3 кг/т насіння) та Мікофренд (1,5 л/т насіння) також позитивно вплинуло на зростання цього показника порівняно з контрольними варіантами.

Результати досліджень демонструють підвищення рівня активного симбіотичного потенціалу при одночасному використанні досліджуваних біопрепаратів (табл. 3).

Таблиця 3

Динаміка формування активного симбіотичного потенціалу сортів сої залежно від передпосівної обробки насіння, (у середньому за 2024–2025 рр.), тис. кг діб/га

Сорт	Спосіб передпосівної обробки насіння та ґрунту	Фази росту і розвитку					За весь період тривалості симбіозу
		3-й трійчастий листок	Початок цвітіння	Кінець цвітіння	Повний налив насіння	Фізіологічна стиглість	
Артемідіа	Біоінокулянт - БТУ (контроль)	0,282	1,103	2,989	3,599	0,798	8,805
	Біоінокулянт - БТУ + Мікофренд	0,297	1,444	4,003	4,896	1,146	11,808
	Біоінокулянт - БТУ + Граундфікс Екстрим	0,293	1,279	3,474	4,208	0,969	10,247
	Біоінокулянт - БТУ + Мікофренд + Граундфікс Екстрим	0,642	2,019	5,383	5,136	1,089	12,994
	Коефіцієнт варіації V, %	37,6	32,8	27,1	20,9	15,2	24,4
Монро	Біоінокулянт - БТУ (контроль)	0,369	1,447	3,579	3,672	0,722	9,813
	Біоінокулянт - БТУ + Мікофренд	0,542	2,489	5,847	5,426	1,029	15,358
	Біоінокулянт - БТУ + Граундфікс Екстрим	0,529	1,955	4,348	4,537	1,021	12,415
	Біоінокулянт - БТУ + Мікофренд + Граундфікс Екстрим	0,657	2,839	6,833	6,403	1,169	17,926
	Коефіцієнт варіації V, %	27,6	28,1	28,5	25,4	20,4	26,6
	Відносна похибка Sx%	6,7	6,8	6,9	6,1	4,9	6,2

Джерело: сформовано автором на основі власних результатів досліджень

На ранніх етапах розвитку (третій трійчастий листок) у контрольному варіанті, де здійснювалася інокуляція препаратом Біоінокулянт-БТУ (3 кг/т насіння), було зафіксовано показники активного симбіотичного потенціалу: 0,282 тис. кг діб/га для сорту Артемідіа та 0,369 тис. кг діб/га для сорту Монро.

При внесенні мікоризоутворюючого біопрепарату Мікофренд спостерігалось підвищення цих показників до 0,297 та 0,542 тис. кг діб/га відповідно. Найвищі значення в різні фенологічні фази росту та розвитку рослин сої були досягнуті при застосуванні комплексної обробки насіння і ґрунту біопрепаратами Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граундфікс Екстрим (4 л/га).

На початку цвітіння спостерігається значне збільшення показників, досягаючи 1,103-2,489 тисяч кг діб/га, особливо при застосуванні комбінованої обробки. Це вказує на посилену симбіотичну активність в період, коли рослинність потребує азот найбільше. Під кінець цвітіння значення ще більше зростають до 2,989-6,833 тисяч кг діб/га. Максимальні результати, понад 6,8 тисяч кг діб/га, спостерігаються при комбінованих обробках у сорту Монро, що свідчить про суттєве накопичення біологічного азоту. В період повного наливу насіння та їхньої фізіологічної зрілості показники зменшуються, однак залишаються високими у варіантах з обробками, що вказує на тривалість і дієвість симбіотичного процесу. Статистична стабільність даних визначається коефіцієнтом варіації, що коливається від 15,2% до 37,6%. Це є прийнятним для польових досліджень і свідчить про надійність отриманої інформації.

Відносна похибка ($S_x\%$) варіюється від 3,6% до 9,2%, що підтверджує високу точність вимірювань. Передпосівна обробка біоінокулянтами разом із мікроелементами та стимуляторами (Мікофренд і Граундфікс Екстрим) суттєво підвищує симбіотичний потенціал у різних сортах сої. Максимальні показники накопичення азоту спостерігаються під час цвітіння та повного наливу насіння, що є критичним для формування врожаю. Це підтверджує ефективність таких обробок у покращенні здатності рослин фіксувати атмосферний азот, що може сприяти підвищенню врожайності і зменшенню потреби в мінеральних добривах.

Висновки і перспективи досліджень. Аналіз результатів досліджень за 2024–2025 роки показав значний потенціал сортів сої у фіксації та накопиченні біологічного азоту в ґрунті. Передпосівна обробка насіння біоінокулянтом з додаванням мікоризоутворюючого біопрепарату, разом зі внесенням органомінерального добрива, суттєво збільшує кількість активних бульбочок на коренях сої. Для обох сортів – Артеміда і Монро – застосування біоінокулянту в комбінації з мікоризоутворюючим біопрепаратом Мікофренд та біодобривом Граундфікс Екстрим показує значне покращення в порівнянні з контролем (Біоінокулянт-БТУ). Усі варіанти відзначаються зростанням кількості бульбочок з фази третього трійчастого листка до кінця цвітіння. Найвища кількість – 34,2 шт. на рослину у сорту Артеміда – спостерігається наприкінці цвітіння при комбінованому використанні досліджуваних біопрепаратів.

Це вказує на те, що така композиція стимулює утворення більшої кількості бульбочок, що позитивно вплине на азотне забезпечення рослин у період активного розвитку.

Максимальний у досліді показник маси активних бульбочок було відзначено у фазі завершення цвітіння на дослідному варіанті, де застосовували комплекс біопрепаратів: Біоінокулянт-БТУ (3 кг/т насіння), Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граундфікс Екстрим (4 л/га). У результаті сорт сої Артеміда досяг маси активних бульбочок 379,7 мг на рослину, тоді як сорт Монро – 492,9 мг на рослину. Варто зазначити, що комбінація біопрепаратів із Біоінокулянтом-БТУ (3 кг/т насіння) та Мікофрендом (1,5 л/т насіння) також обумовила значний позитивний вплив на зростання даного показника порівняно з контрольними варіантами.

Список використаної літератури

1. Дідур І.М., Шевчук В.В. Підвищення родючості ґрунту в результаті накопичення біологічного азоту бобовими культурами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. №1 (16). С. 36–43. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-4.
2. Мазур О.В., Мазур О.В. Адаптивна цінність сортів сої за вирощування в різних екоградієнтах. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С. 172–180. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-15.
3. Мойсейченко В.Ф., Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Вища школа, 1994. 334 с.
4. Циганська О.І., Шевчук О.В. Формування фотосинтетичного потенціалу сортів сої залежно від доз мінеральних добрив та позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом. *Наукові доповіді НУБІП України*. 2024. № 2 (108). DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.008](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.008)
5. Pansyryeva H., Aliksieiev O., Tsyhanska O., Vradii O., Honchar M. Formation of qualitative indicators of chickpea seed production under climatic changes in the right-bank forest-steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2025. Vol. 15. Issue 2. P. 51–54. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess15.207>.
6. Didur I., Pansyryeva H., Polishchuk M., Aralova T., Matusyak M., Tsyhanska O., Palamarchuk I., Mostovenko V., Piddubna A., Pankova S. Research on the ecologization of soil cultivation technologies on the level of weed infestation in sunflower, soybean and grain corn crops. *Modern Phytomorphology*. 2026. Vol. 20, Issue 1. P. 501–505. DOI: 10.5281/zenodo.19081177 (10.5281/zenodo.2026-20-501-505).
7. Циганський В.І., Циганська О.І., Панцирева Г.В., Шевчук О.В. Накопичення біологічного азоту багаторічними бобовими травами та зернобобовими культурами як спосіб відновлення родючості ґрунту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 1 (36). С. 16-27. DOI: 10.37128/2707-5826-2025-1-2.
8. Дідур І.М., Зюзько Л.Г. Накопичення та баланс азоту в ґрунті при вирощуванні сої в умовах Лісостепу правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 141 (1). С. 72-77. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.10>.

9. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. Influence of biologisation of the nutrition system on the transformation of biological nitrogen and formation of soybean productivity *Plant and Soil Science*. 2023. № 14 (4). P. 86-97. DOI: <https://doi.org/10.31548/plant4.2023.86>.

10. Korobko A., Kravets R., Mazur O., Mazur O., Shevchenko N. Nitrogen-fixing capacity of soybean varieties depending on seed inoculation and foliar fertilization with biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. 25 (4). P. 23-37. DOI: 10.12911/22998993/183497.

11. Mazur O., Mazur O., Tymoshchuk T., Didur I., Tsyhanskyi V. Study of legume-rhizobia symbiosis in soybean for agroecosystem resilience. *Scientific Horizons*. 2024. 27(11). P. 68-89. DOI: 10.48077/scihor11.2024.68.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Didur I.M., Shevchuk V. V. (2020). Pidvyshchennia rodiuchosti gruntu v rezultati nakopychennia biolohichnoho azotu bobovymy kulturamy [*Increasing soil fertility as a result of the accumulation of biological nitrogen by legumes*]. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 1 (16). 36-43. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-4 [in Ukrainian].

2. Mazur O.V., Mazur O.V. (2023). Adaptivna tsinnist sortiv soi za vyroshchuvannya v riznykh ekohradiientakh [*Adaptive value of soybean varieties for growing in various ecological environments*]. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 2 (29). 172–180. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-15 [in Ukrainian].

3. Moiseichenko V. F., Yeshenko V. O. (1994). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [*Fundamentals of scientific research in agronomy*]. K.: High school. [in Ukrainian].

4. Tsyhanska O.I., Shevchuk O.V. (2024). Formuvannya fotosyntetychnoho potentsialu sortiv soi zalezhno vid doz mineralnykh dobryv ta pozakorenevoho pidzhyvlennia orhano-mineralnym dobryvom [*Formation of photosynthetic potential of soybean varieties depending on doses of mineral fertilizers and foliar feeding with organo-mineral fertilizer*]. *Naukovi dopovidi NUBIP Ukrainy – Scientific Reports of the NULES of Ukraine*. № 2. (108). DOI: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.2\(108\).2024.008](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi.2(108).2024.008) [in Ukrainian].

5. Pantsyreva H., Alieksieiev O., Tsyhanska O., Vradii O., Honchar M. (2025). Formation of qualitative indicators of chickpea seed production under climatic changes in the right-bank forest-steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. Vol. 15. Issue 2. P. 51-54. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess15.207> [In English].

6. Didur I., Pantsyreva H., Polishchuk M., Aralova T., Matusyak M., Tsyhanska O., Palamarchuk I., Mostovenko V., Piddubna A., Pankova S. (2026). Research on the ecologization of soil cultivation technologies on the level of weed infestation in sunflower, soybean and grain corn crops. *Modern Phytomorphology*. Vol. 20, Issue 1. P. 501-505. DOI: 10.5281/zenodo.19081177 (10.5281/zenodo.2026-20-501-505) [In English].

7. Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I., Pantsyreva H.V., Shevchuk O.V. (2025). Nakopychennia biolohichnoho azotu bahatorichnymy bobovymy travamy ta zernobobovymy kulturamy yak sposib vidnovlennia rodiuchosti gruntu [*Biological nitrogen accumulation by perennial legumes and grain legumes as a way to restore soil fertility*]. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 1 (36). P. 16-27. DOI: 10.37128/2707-5826-2025-1-2 [in Ukrainian].

8. Didur I.M., Ziuzko L.H. (2024). Nakopychennia ta balans azotu v grunti pry vyroshchuvanni soi v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [*Soybean cultivation as a factor in restoring the soil nutrient regime*]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurida Scientific Herald*. № 141 (1). P. 72-77. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.10> [in Ukrainian].

9. Didur I., Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. (2023). Influence of biologisation of the nutrition system on the transformation of biological nitrogen and formation of soybean productivity. *Plant and Soil Science*. № 14 (4). P. 86-97. DOI: <https://doi.org/10.31548/plant4.2023.86> [In English].

10. Korobko A., Kravets R., Mazur O., Mazur O., Shevchenko N. (2024). Nitrogen-fixing capacity of soybean varieties depending on seed inoculation and foliar fertilization with biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*. 25 (4). P. 23-37. DOI: 10.12911/22998993/183497. [In English].

11. Mazur O., Mazur O., Tymoshchuk T., Didur I., Tsyhanskyi V. (2024). Study of legume-rhizobia symbiosis in soy bean for agroeco system resilience. *Scientific Horizons*. 27 (11). P 68-89. DOI: 10.48077/scihor11.2024.68. [In English].

ANNOTATION

INFLUENCE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE DYNAMICS OF THE ACTIVE SYMBIOTIC POTENTIAL OF SOYBEAN

According to the research results, the peculiarities of the influence of the technology of growing different varieties of soybean on the dynamics of the formation of the number of active nodules on the roots of soybean plants were determined and analyzed. It was established that for both studied varieties of soybean *Artemida* and *Monroe*, the use of bioinoculant in combination with the mycorrhizal-forming biological preparation *Mycofriend* and the biofertilizer *Groundfix Extreme* significantly increases the number of active nodules on the roots compared to the control (*Bioinoculant-BTU*). The indicators of the number of active nodules reach a maximum when using the combined treatment of seeds and soil *Mycofriend* (1.5 l / t of seeds) + *Groundfix Extreme* (4 l / ha). In particular, in the *Artemida* variety at the beginning of the growing season – 13.7 pcs / plant, and in *Monroe* – 12.6 pcs. / plant. All options demonstrate the dynamics of the increase in the number of nodules from the phase of the 3rd trifoliolate leaf to the end of flowering. The highest value is observed in the end of flowering phase – 34.2 pcs./ plant in the *Artemida* variety with combined use of the studied biological products.

All variants demonstrate the dynamics of the increase in the number of nodules from the 3rd trifoliolate leaf phase to the end of flowering. In addition, in accordance with the research program, we established the features of the formation of the mass of active nodules on the roots of soybean plants depending on the pre-sowing treatment of seeds and soil. The maximum mass of active nodules was observed in the end of flowering phase in the variant of the experiment with the complex use of biological products *Bioinokulant-BTU* (3 kg/t of seeds) + *Mikofrend* (1.5 l/t of seeds) + *Groundfix Extreme* (4 l/ha).

The results of the studies also indicate an increase in the indicators of the active symbiotic potential with the combined use of the studied biological products. In the initial phases of development (3rd trifoliate leaf) in the control variant where inoculation was carried out with the drug Bioinoculant–BTU (3 kg/t of seeds), the value of the active symbiotic potential was recorded in the Artemida variety of 0.282 thousand kg day/ha and in the Monroe variety of 0.369 thousand kg day/ha. In the variants with the addition of the mycorrhizal-forming biological product Mycofriend, an increase in the indicators to 0.297 and 0.542 was noted in the Artemida and Monroe varieties, respectively. The maximum indicators in different phenological phases of growth and development of soybean plants were observed when using the combined treatment of seeds and soil with the biological products Mycofriend (1.5 l/t of seeds) + Groundfix Extreme (4 l/ha).

Key words: soybean variety, nitrogen fixation, nodule bacteria, inoculation, mycorrhiza, symbiosis.

Table 3, Fig. 1, Ref. 11.

Відомості про авторів

Циганська Олена Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3. e-mail: lenkatsiganskaya@gmail.com. ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-4046-1034>).

Машенко Віталій Володимирович, аспірант кафедри лісового та садово-паркового господарства Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, e-mail: mashenkovitalii094@gmail.com. ORCID : <https://orcid.org/0009-0004-6914-5184>).

Tsyhanska Olena, candidate of agricultural sciences, associate professor, associate professor of the department of forestry and landscape management of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3, e-mail: lenkatsiganskaya@gmail.com. ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-4046-1034>).

Mashenko Vitalii, post graduate student of the department of forestry and landscape management of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str. 3, e-mail: mashenkovitalii094@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6914-5184>).

Надходження статті 15.09.26.

Прийнято 06.10.26.

Опубліковано 31.10.26.