

DOI: 10.32636/01308521.2026-(79)-1-8

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.34:631.53.04:631.8:631.95:581.132

**СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ ТА АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ
ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОЇ****І. В. Лабунський, М. Б. Грабовський**

Білоцерківський національний
аграрний університет
пл. Соборна, 8/1, м. Біла Церква,
Київська обл., 09117

Про авторів:

Ігор ЛАБУНСЬКИЙ,
аспірант
ORCID: 0009-0009-3201-4064

Микола ГРАБОВСЬКИЙ,
доктор сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-8494-7896

Для листування:

Микола ГРАБОВСЬКИЙ
e-mail: nikgr1977@gmail.com

Інформація про фінансування:

Міністерство освіти і науки
України

Отримано:

23 січня 2026 р.

Погоджено до друку:

13 березня 2026 р.

Опубліковано:

31 березня 2026 р.

Наведено результати досліджень з вивчення впливу агротехнологічних заходів на зміну фотосинтетичних показників посівів сої. Встановлено, що серед досліджуваних сортів, вищі показники площі листової поверхні, індексу листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу формували сорт сої РЖТ Сайдіна, що свідчить про його вищий генетичний потенціал порівняно з сортом РЖТ Сальса. Передпосівна обробка насіння фунгіцидами та інокулянтами позитивно впливала на всі досліджувані фотосинтетичні показники. Найефективнішим для обох сортів виявився варіант досліду, де було застосовано фунгіциди «Максім XL» (1,0 л/т) + «Апрон XL» (0,5 л/т) + інокулянт «БіоМАГ Соє» (3 кг/т) для передпосівної обробки насіння у поєднанні з дворазовим позакореневим внесенням фунгіциду «Колосаль Про» (0,5 л/га) та мікродобрива «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) і «Квантум Бор Актив» (1,0 л/га) у фазах бутонізації та цвітіння. Площа листової поверхні у сортів РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна становила 23,1 і 24,6 тис. м²/га у фазу бутонізації, 32,5 і 35,3 тис. м²/га у фазу цвітіння та 28,7 і 32,7 тис. м²/га у фазу наливу бобів, а індекс листової поверхні – 2,29 і 2,44; 3,22 і 3,50 та 2,84 і 3,24 м²/м². Це свідчить про високу ефективність інтегрованої системи, яка поєднує хімічний захист насіння, інокуляцію, дворазове позакореневе живлення, а також захист у критичні фази розвитку рослин сої. Позакореневе застосування фунгіцидів і мікродобрив у фазах бутонізації та цвітіння забезпечувало не лише максимальне наростання листової поверхні, а й повільніше її зменшення у фазу наливу бобів, що вказує на подовження періоду активної роботи асиміляційного апарату. Подвійне внесення препаратів у фази бутонізації та цвітіння було ефективнішим за одноразове для обох сортів.

Ключові слова: соє, сорт, фунгіцид, інокулянт, мікродобриво, площа листової поверхні, індекс листової поверхні, фотосинтетичний потенціал.

Specific features of varieties and agrotechnological measures for the formation of photosynthetic indicators in soybeans

Bila Tserkva National Agrarian University
Soborna Square, 8/1, Bila Tserkva, Kyiv region, 09117

About authors:

Igor LABUNSKYI
ORCID: 0009-0009-3201-4064

Mykola GRABOVSKYI
ORCID: 0000-0002-8494-7896

For corresponding:
Mykola GRABOVSKYI
e-mail: nikgr1977@gmail.com

Funding information:
Ministry of Education and Science of Ukraine

Received:
January 23, 2026
Accepted:
March 13, 2026
Published:
March 31, 2026

The results of research of the influence of agrotechnological measures on changes in the photosynthetic indicators of soybean crops are presented. It was established that among the studied varieties, the RGT Saidina variety formed higher values of leaf area, leaf area index, and photosynthetic potential, indicating its superior genetic potential compared to the RGT Salsa variety. Pre-sowing seed treatment with fungicides and inoculants had a positive effect on all studied photosynthetic parameters. For both varieties, the most effective experimental treatment involved the application of the fungicides «Maxim XL» (1.0 l/t) + «Apron XL» (0.5 l/t) + «BioMAG Soya» inoculant (3 kg/t) for pre-sowing seed treatment, combined with a double foliar application of the fungicide «Colossal Pro» (0.5 l/ha) and microfertilisers «Intermag Molybden» (1.0 l/ha) and «Quantum Bor Actyv» (1.0 l/ha) during the budding and flowering phases. The leaf area for RGT Salsa and RGT Saidina reached 23.1 and 24.6 thousand m²/ha during the budding phase, 32.5 and 35.3 thousand m²/ha during the flowering phase, and 28.7 and 32.7 thousand m²/ha during the pod-filling phase, respectively. Correspondingly, the leaf area index values were 2.29 and 2.44, 3.22 and 3.50, 2.84 and 3.24 m²/m². This demonstrates the high efficiency of an integrated system that combines chemical seed protection, inoculation, and double foliar nutrition and protection during critical growth stages of soybean plants. The foliar application of fungicides and microfertilisers during the budding and flowering phases ensured not only the maximum increase in leaf area but also a slower reduction during the pod-filling phase, indicating an extension of the period of active assimilation. For both varieties, the double application of treatments during the budding and flowering phases proved to be more effective than a single application.

Keywords: soybean, variety, fungicide, inoculant, microfertiliser, leaf area, leaf area index, photosynthetic potential.

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

Вступ. Соя (*Glycine max* L. Merr.) – одна з провідних білково-олійних культур у світовому сільському господарстві, яка характеризується високим вмістом протеїну та олії у насінні й широко використовується в харчовій і кормовій галузях. Вона відома своєю високою продуктивністю, прибутковістю та різноманітним використанням [33, 38]. Високі врожаї сої можливі лише за умови ефективного формування та функціонування фотосинтетичного апарату рослин, що забезпечує інтенсивне нагромадження органічної речовини. Передпосівна обробка насіння фунгіцидами та інокулянтами є важливим

агротехнологічним заходом, який, з одного боку, захищає проростки від хвороб, а з іншого боку стимулює азотофіксацію та покращує азотне живлення рослин, створюючи основу для формування ефективного фотосинтетичного апарату [4]. Ще одним важливим агротехнологічним заходом є позакореневе внесення мікроелементів та фунгіцидів у критичні фази розвитку сої, що забезпечує рослини додатковими елементами живлення, захищає листковий апарат від хвороб та сприяє підтриманню високої фотосинтетичної активності. Комплексне застосування цих агротехнологічних заходів оптимізує фотосинтетичні

показники посівів сої та сприяє підвищенню врожайності культури [7, 19].

Оптимальне забезпечення рослин сої макро- та мікроелементами є важливим, оскільки забезпечує досягнення рослиною вищої продуктивності, якості та прибутковості. Ґрунтове внесення макро- та мікроелементів призводить до підвищення врожайності насіння сої, але також можливі антагоністичні та синергетичні ефекти між поживними речовинами в ґрунті та рослинах [9, 25, 36]. Інтенсивне вирощування сільськогосподарських культур, надмірне використання мінеральних добрив без додавання органічних добрив спричиняють стрес від їх використання, що призводить до економічних втрат та втоми ґрунту [5]. Крім того, виробники сої зазвичай ігнорують використання мікроелементів та досить часто застосовують лише макроелементи (N, P та K) [20, 35]. Внесення сірки (S), бору (B) та молібдену (Mo) також є не менш важливим для виробництва високоякісного зерна сої [14]. Крім підвищення врожайності, внесення мікроелементів підвищує стійкість рослин до стресових факторів навколишнього середовища [37].

Позакореневе внесення необхідних поживних речовин підтримує живлення листків та затримує механізм їхнього «саморуїнування», що продовжує процес фотосинтезу. Позакореневе внесення необхідних поживних речовин задовольняє потребу рослин в поживних речовинах, якщо його застосовувати на відповідних фазах росту. Передача цих поживних речовин від кореня через стебло, листок і стінки боба до насіння, що розвивається, сильно залежить від ґрунтових та кліматичних умов, а також від вмісту поживних речовин у різних частинах рослини [22].

Потреба сої в поживних речовинах зростає під час цвітіння та наливу зерна. Позакореневе внесення мікроелементів у цей період допомагає доповнити запаси поживних речовин у ґрунті. Крім того, більшість мікроелементів можна змішувати

з гербіцидами та іншими пестицидами. Позакореневе внесення цинку для підвищення його концентрації у різних культурах було більш економічно вигідним, ніж внесення в ґрунт [40]. Позакореневе внесення марганцю було найефективнішим у сої при внесенні на початку цвітіння або зав'язування бобів [32].

Позакореневе обприскування поживними речовинами протягом критичного періоду сої підтримувало баланс поживних речовин у листках, покращувало швидкість фотосинтезу та збільшувало урожайність біомаси [26, 30]. Крім того, позакореневе внесення мікроелементів покращує врожайність сої в ґрунтах з дефіцитом основних поживних речовин [17, 27].

Проведені дослідженнями в Лісостепу України встановлено, що інокуляція насіння біопрепаратом на основі *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003 забезпечила приріст площі листової поверхні відносно не інокульованих варіантів на 2,92 тис. м²/га. Агрозаходи з бактеризації насіння та позакореневої обробки посівів гуматами ефективно впливали на зміну фотосинтетичного потенціалу сої. Варіанти досліду, в яких вирощувались рослини сої без бактеризації насіння, мали в середньому фотосинтетичний потенціал в 1,10 млн м²/га, тоді як застосування для обробки біопрепарату на основі *Bradyrhizobium japonicum* еко/001, еко/002 та еко/003 виявилось ефективнішим і отримано ФП сої в 1,22 млн м²/га [8].

В умовах Польщі було виявлено, що на фізіологічні параметри рослин сої найбільш сприятливо вплинуло підживлення молібденом для сорту Аннушка та міддю для сорту Помпеї. Всі досліджувані мікроелементи позитивно впливають на вміст хлорофілу [23].

За даними експериментів Я. В. Грицюка [2] доведено позитивний вплив систем удобрення, передпосівного оброблення насіння мікоризоутворюючим препаратом, як окремо, так і в поєднанні з

протруювачем та підживлення рослин у критичні фази розвитку мікродобривом на наростання площі листової поверхні, фотосинтетичний потенціал посіву та показники чистої продуктивності фотосинтезу посіву сої упродовж періоду вегетації. Найкращі умови для наростання площі листової поверхні рослин сої сорту Муза, яка у фазі наливу бобів досягала максимального значення 1707,5 см²/рослину, формувалися з передпосівною обробкою насіння мікоризоутворюючим препаратом і протруювачем та підживленням рослин у період цвітіння на фоні внесення N₄₅P₄₅K₆₀, що перевищувало абсолютний контроль на 16 %.

Позакореневе внесення 0,5 % цинку та бору, карбаміду, макродобрив азоту, фосфору та калію у концентрації 2 %, разом із ґрунтовим внесенням добрив є вигідним варіантом управління поживним режимом для виробництва сої в напівпосушливих регіонах [21].

Вченими В. Т. Саблук і М. П. Байда [6] було досліджено, що площа листової поверхні сорту сої Аратта за позакореневого підживлення мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазу бутонізації (0,25 л/га), у поєднанні з регуляторами росту Біосил та Радостим, була 24,9 та 24,5 тис. м²/га, а застосування мікродобрив двічі у поєднанні з вищезазначеними регуляторами росту сприяло збільшенню площі листя до рівня 31,6 та 36,6 тис. м²/га відповідно на час повного цвітіння. Аналогічно, у сорту сої Кордоба кращим варіантом виявилось застосування Yara Vita Моно Молітрак у фазу бутонізації (0,25 л/га) + у фазу цвітіння (0,25 л/га) в комбінації з регулятором росту Радостим, що сприяло збільшенню площі листя до рівня 36,9 тис. м²/га та для сорту Феєрія – 37,0 тис. м²/га.

За даними бразильських вчених, не було виявлено антагоністичного або синергетичного ефекту при застосуванні марганцю разом з фунгіцидом на фізіологічні характеристики рослин сої. Тому у виробництві рекомендується

змішувати марганцеві добрива і фунгіцид з метою зниження операційних витрат без шкоди для втрат врожаю. Застосування марганцю, незалежно від фунгіциду, сприяло збільшенню врожайності сої [13].

Деякі фунгіциди рекомендуються застосовувати для збільшення врожайності, навіть за відсутності хвороб, що було доведено деякими вченими, хоча цей вплив був непостійним [10, 11, 28]. Збільшення врожайності можна пояснити явищем, яке називається «ефектом озеленення». Воно описується як подовження тривалості функціонування зеленої листової поверхні, підтримка фотосинтетичної ефективності та забезпечення продовження накопичення сухої речовини [3, 29, 39].

За результатами досліджень позакорневих застосувань фунгіцидів на посівах сої, проведених у штаті Мінас-Жерайс (Бразилія), доведено, що збільшення кількості позакорневих фунгіцидних обробок забезпечує збільшення врожайності зерна, маси 1000 насінин, добового приросту, сухої маси, а також забезпечує зміни в циклі вегетації, вмісті хлорофілу та індексі листової поверхні [16].

Застосування піраклостробіну сприяло утворенню корневих бульбочок, посиленню фіксації азоту, покращувало ріст, а врожайність сої була вищою [15, 24]. Фізіологічні ефекти, пов'язані із застосуванням фунгіциду, що інгібує зовнішній вплив хінону, зумовлені збільшенням чистого фотосинтезу. Крім того, застосування піраклостробіну затримує старіння, впливаючи на гормональний рівень рослин [31, 34]. Застосування фунгіцидів може збільшити вміст хлорофілу та уповільнити старіння листків [12]. Група листових фунгіцидів QoI підвищує активність антиоксидантних ферментів у рослинах, зменшуючи пошкодження від активних форм кисню, а також може уповільнити втрату хлорофілу та рослинних білків [18].

Отже, актуальність наших досліджень обумовлена необхідністю удосконалення технології вирощування сої шляхом

оптимального поєднання сортових особливостей, передпосівної обробки насіння фунгіцидами та інокулянтами, позакореневого застосування мікроелементів і фунгіцидів для забезпечення високої фотосинтетичної активності та стабільної продуктивності культури.

Метою досліджень було визначення впливу агротехнологічних заходів на зміну фотосинтетичних показників посівів сої.

Матеріал і методи. Дослідження проводилися у 2024–2025 рр. на базі Навчально-виробничого центру (НВЦ) Білоцерківського національного аграрного університету. Схема досліду:

Фактор А. Сорти: РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна.

Фактор В. Передпосівна обробка насіння фунгіцидами та інокулянтами.

1. Контроль. Без застосування.

2. Фунгіцид «Максім XL» (1,0 л/т) + «Апрон XL» (0,5 л/т) + інокулянт «РизоСтарт» (2 кг/т).

3. Фунгіцид «Максім XL» (1,0 л/т) + «Апрон XL» (0,5 л/т) + інокулянт «БіоМАГ Соє» (3 кг/т).

4. Інокулянт «РизоСтарт» (2 кг/т) + біофунгіцид «Екостерн Триходерма, КС» (1,5 л/т).

5. Інокулянт «БіоМАГ Соє» (3 кг/т) + біофунгіцид «Екостерн Триходерма, КС» (1,5 л/т).

Фактор С. Фунгіциди та мікродобрива по вегетації.

1. Контроль. Без застосування.

2. Фунгіцид «Колосаль Про» (0,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59).

3. Фунгіцид «Колосаль Про» (0,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59) і у фазу цвітіння (ВВСН 60-69).

4. Біофунгіцид «Фітоспорин-М Соє» (1,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор

Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59).

5. Біофунгіцид «Фітоспорин-М Соє» (1,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59) і у фазу цвітіння (ВВСН 60-69).

Передпосівне оброблення насіння препаратами «Максім XL» (1,0 л/т) і «Апрон XL» (0,5 л/т) проводили заздалегідь за 5–7 діб, а інокулянтами «РизоСтарт» (2 кг/т) і «БіоМАГ Соє» (3 кг/т) у день сівби, згідно з рекомендаціями виробників щодо застосування препаратів. Насіння і посіви сої у контрольних варіантах обробляли водою.

Площу листової поверхні визначали методом “висічок”, який враховує визначення площі і маси 20–50 висічок, а також маси листової поверхні всієї проби. Метод полягає у встановленні співвідношення між масою і площею еталонної вибірки та екстраполяції цього співвідношення на загальну масу всього листя з проби. З різних листків верхнього, середнього та нижнього ярусів рослини роблять від 20 до 50 висічок. Висічки відбирали з центральної частини листових пластинок, уникаючи товстих головних жилок та країв, оскільки їх питома маса суттєво відрізняється від маси основної тканини листка, що може внести похибку. Отримані 20–50 висічок збирають у тарований бюкс і негайно зважують на аналітичних вагах, щоб уникнути втрати маси через транспірацію. Знаючи площу висічок та їхню масу, обчислюють загальну площу листової поверхні рослини за формулою:

$$S = \frac{P \times S_1 \times n}{P_1} \quad (1)$$

де, S – площа листків однієї рослини (см²);

S₁ – площа однієї висічки (см²);

P – маса листя однієї рослини (г);

P₁ – маса висічки (г);

n – число висічок (шт.);

Фотосинтетичний потенціал посіву (ФПП) визначали за формулою:

$$\Phi\Pi = \frac{Л_1 + Л_2}{2 \times 1000} \times T \quad (2)$$

де, $\Phi\Pi$ – фотосинтетичний потенціал посіву, млн. м²/діб/га;

$Л_1, Л_2$ – зміна площі листової поверхні в часі, тис. м²/га;

T – тривалість періоду, діб.

Індекс листової поверхні (ІЛП) визначається як відношення сумарної площі листя до площі ґрунту, на якій ростуть рослини сої (м²/м²).

Регіон проведення досліджень належить до зони помірно-континентального клімату, що вирізняється достатньою кількістю теплових ресурсів та опадів. Ґрунтовий покрив експериментальних ділянок представлений чорноземом типовим вилугуваним середньоглибоким, малогумусним, грубопилувато-легкосуглинковим, сформованим на карбонатному лесі. За багаторічними спостереженнями Білоцерківської метеостанції, середньорічна температура повітря становить близько +8 °С, із коливаннями в межах 4–7 °С. У літній період максимальні значення сягають +36–38 °С, тоді як узимку мінімальні показники знижуються до –24 °С. Сума активних температур вище +10 °С коливається в діапазоні 2650–2660 °С. Середньорічна відносна

вологість повітря становить 75–77 %. У літні місяці вона знижується до 48–50 %, тоді як у зимовий період підвищується до 80–85 %, що відображає сезонну динаміку гідротермічного режиму.

Розміщення варіантів у дослідах – систематичне послідовне. Загальна площа дослідної ділянки 70 м², облікової – 56 м². Повторність – триразова. Агротехніка вирощування сої, окрім факторів, що поставлені на вивчення, загальноприйнята для Правобережного Лісостепу України. Внесення фунгіцидів і мікродобрив по вегетації проводили ранцевим оприскувачем, відповідно до рекомендованих виробниками норм витрат препарату та робочої рідини. Дослідження проводили за “Методикою державного сорто випробування сільськогосподарських культур” [1].

Результати та обговорення. Аналіз даних щодо зміни площі листової поверхні для сорту РЖТ Сальса засвідчує, що цей показник залежав від застосованих агротехнологічних заходів. У контрольному варіанті (без передпосівної обробки насіння та позакореневих обробок по вегетації) показники були найнижчими на всіх етапах розвитку рослин сої: від 22,2 тис. м²/га у фазі бутонізації до 29,1 тис. м²/га у фазі цвітіння (табл. 1).

1. Динаміка зміни площі листової поверхні посівів сорту сої РЖТ Сальса залежно від проведення агротехнологічних заходів (середнє за 2024–2025 рр.), тис. м²/га

Передпосівна обробка насіння фунгіцидами і інокулянтами	Фунгіциди і мікродобрива*	У фазі бутонізації (ВВСН 51–59)	У фазі цвітіння (ВВСН 60-69)	У фазі наливу бобів (ВВСН 89)
1	2	3	4	5
Контроль	1	22,2	29,1	24,4
	2	22,4	29,8	26,5
	3	22,1	29,3	27,6
	4	22,4	29,8	26,3
	5	22,3	29,9	27,3
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	22,7	31,2	25,7
	2	23,0	31,9	27,2
	3	23,1	32,1	28,1
	4	23,0	32,0	27,3
	5	22,9	32,0	28,0

1	2	3	4	5
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	22,9	32,0	26,0
	2	23,1	32,4	27,5
	3	23,1	32,5	28,7
	4	23,3	32,1	28,0
	5	23,0	32,4	29,0
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	22,4	30,8	25,9
	2	22,7	31,5	27,0
	3	22,9	32,0	28,0
	4	22,6	31,8	27,1
	5	22,8	31,8	27,8
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	22,8	31,5	26,2
	2	23,0	31,9	27,7
	3	23,1	32,3	28,5
	4	22,8	32,0	28,0
	5	22,9	32,2	28,6

Примітка. *Тут і далі в таблицях. 1. Контроль. Без застосування. 2. Фунгіцид «Колосаль Про» (0,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59). 3. Фунгіцид «Колосаль Про» (0,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59) і у фазу цвітіння (ВВСН 60-69). 4. Біофунгіцид «Фітоспорин-М Соя» (1,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59). 5. Біофунгіцид «Фітоспорин-М Соя» (1,5 л/га) + мікродобрива «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазу бутонізації (ВВСН 51-59) і у фазу цвітіння (ВВСН 60-69).

Застосування обробки насіння фунгіцидами та інокулянтами, а також позакоренових обробок фунгіцидами і мікродобривами, призводило до підвищення значень площі листової поверхні на 3,2–18,9 %, залежно від періоду обліків. Найбільш ефективним виявився варіант досліду, що включав передпосівну обробку насіння фунгіцидами «Максім XL» та «Апрон XL» й інокулянтом «БіоМАГ Соя», а також наступне застосування по вегетації фунгіциду «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) і «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фази бутонізації та цвітіння. При цьому площа листової поверхні у фазу цвітіння становила 32,5 тис. м²/га, що перевищувало контроль на 3,4 тис. м²/га. Застосування для передпосівної обробки насіння біофунгіциду «Екостерн Триходерма» у поєднанні з інокулянтами «РизоСтарт» або «БіоМАГ Соя» зумовлювало незначне зменшення цього показника порівняно з варіантами, де використовували хімічні препарати.

Для сорту РЖТ Сайдіна спостерігалась аналогічна закономірність формування площі листової поверхні за етапами органогенезу, але значення були вищими на 4,5–17,3 %, ніж у сорту РЖТ Сальса (табл. 2).

На контрольному варіанті показник становив 23,5; 32,8 і 27,6 тис. м²/га відповідно у фазу бутонізації, цвітіння і наливу бобів. Максимальне значення площі листової поверхні у сорту РЖТ Сайдіна було зафіксовано у варіанті з передпосівною обробкою препаратами «Максім XL» + «Апрон XL» + «БіоМАГ Соя» та подвійним застосуванням «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) + «Квантум Бор Актив» (1 л/га) по вегетації: 24,6; 35,3 і 32,7 тис. м²/га відповідно до періодів обліків. Схеми досліду, що включали застосування біофунгіцидів «Триходерма, КС» і «Фітоспорин-М Соя» також впливали на зростання площі листової поверхні рослин сої, але їх ефектність була меншою.

2. Динаміка зміни площі листкової поверхні посівів сорту сої РЖТ Сайдіна залежно від проведення агротехнологічних заходів (середнє за 2024–2025 рр.), тис. м²/га

Передпосівна обробка насіння фунгіцидами і інокулянтами	Фунгіциди і мікродобрива	У фазі бутонізації (ВВСН 51–59)	У фазі цвітіння (ВВСН 60–69)	У фазі наливу бобів (ВВСН 89)
Контроль	1	23,5	32,8	27,6
	2	23,4	33,1	28,7
	3	23,6	33,0	29,5
	4	23,5	33,2	29,0
	5	23,2	32,9	29,8
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	24,3	34,1	30,2
	2	24,6	34,6	31,5
	3	24,5	34,9	32,2
	4	24,7	34,5	31,1
	5	24,4	34,6	32,0
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	23,9	34,3	30,5
	2	24,3	35,1	31,9
	3	24,6	35,3	32,7
	4	24,7	35,0	32,0
	5	24,4	35,0	32,5
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	24,0	33,5	30,0
	2	24,2	33,9	31,2
	3	24,8	34,3	32,0
	4	24,6	34,5	30,8
	5	24,3	34,2	31,8
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	24,1	33,9	30,2
	2	24,5	34,5	31,6
	3	24,8	34,6	32,4
	4	24,6	34,3	31,8
	5	24,2	34,4	32,2

Динаміка зміни площі листкової поверхні за фазами розвитку для обох сортів мала схожий характер: показники зростали від фази бутонізації до фази цвітіння, а потім дещо знижувалися у фазу наливу бобів, що відповідає фізіологічним процесам сої. Проте, у варіантах із застосуванням фунгіцидів і мікродобрив по вегетації, зниження показника в останній період обліків було менш вираженим, що може свідчити про продовження активного функціонування асиміляційного апарату цієї культури.

Порівняльний аналіз ефективності позакоренових внесень, як хімічних, так і

біологічних фунгіцидів у поєднанні з мікродобривами, підтверджує доцільність їх подвійного застосування у фази бутонізації та цвітіння порівняно з одноразовим обприскуванням у фазу ВВСН 51-59.

Як свідчать дані рисунку 1, площа листкової поверхні сої закономірно зростає від фази бутонізації до фази цвітіння з подальшим зменшенням у фазу наливу бобів, що пов'язано з початком фізіологічного старіння листкового апарату та перерозподілом асимілятив на формування генеративних органів.

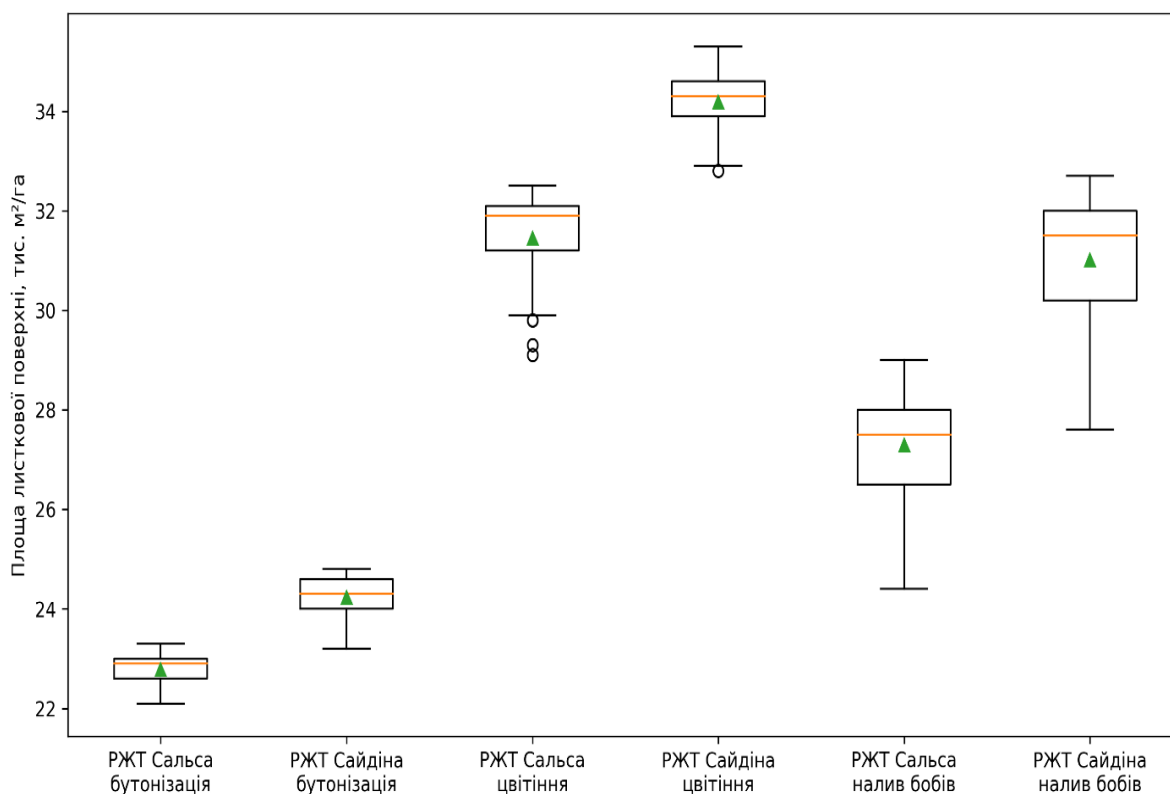


Рис. 1. Варіювання площі листкової поверхні сортів сої у фазу бутонізації, цвітіння та наливу бобів (середнє за 2024–2025 рр.)

У фазу бутонізації для сортів РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна характерною була відносна вирівняність показників площі листкової поверхні, що підтверджується вузьким інтерквартильним розмахом. Це свідчить про стабільний початковий розвиток фотосинтетичного апарату незалежно від варіантів передпосівної обробки насіння.

У фазу цвітіння відмічено істотне зростання площі листкової поверхні та збільшення варіювання ознаки, особливо у сорту РЖТ Сайдіна, що вказує на підвищену чутливість рослин сої до елементів агротехнології в цей критичний період.

У фазу наливу бобів спостерігалось зменшення середніх значень площі листкової поверхні та водночас розширення діапазону варіювання, що засвідчує різну ефективність застосованих фунгіцидів, інокулянтів і мікродобрив щодо збереження асиміляційного апарату рослин на пізніших етапах органогенезу.

Аналіз впливу факторів на

формування площі листкової поверхні сої свідчить про те, що найважливішими є сортові особливості рослин (37,6 %), що підкреслює визначальну роль вибору генетичного матеріалу на формування асиміляційного апарату (рис. 2).

Другим важливим фактором є позакореневе підживлення фунгіцидами та мікродобривами (29,7 %), що підтверджує їх вплив на формування оптимальних розмірів листкової поверхні. Передпосівна обробка насіння сої фунгіцидами і інокулянтами також має суттєвий вплив – 25,1 %. Сумарний вплив трьох досліджуваних факторів становить 92,4 %, тоді на частку неврахованих факторів припадає лише 7,6 %. Таким чином, для максимального розвитку листкової поверхні сої пріоритетним є вибір сорту та застосування агротехнічних заходів: передпосівної обробки насіння фунгіцидами і інокулянтами та своєчасне позакореневе внесення фунгіцидів і мікродобрив протягом вегетації.

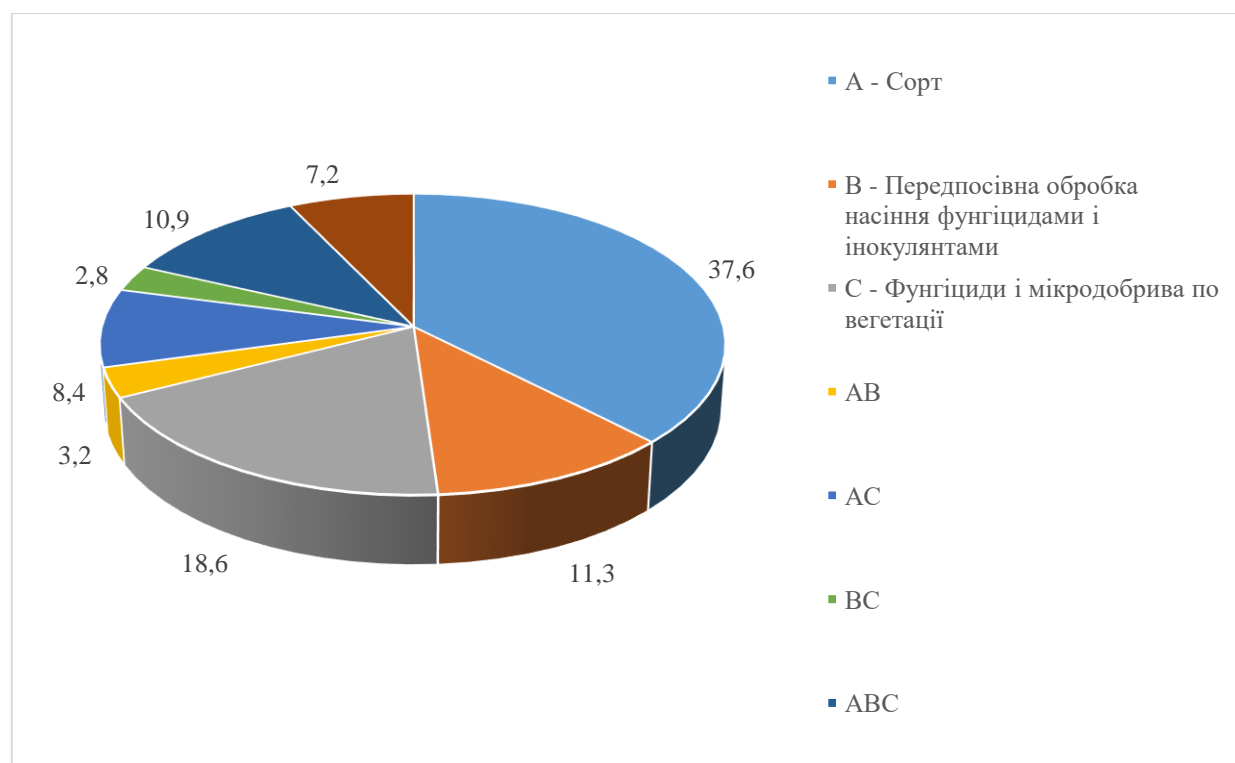


Рис. 2. Частка впливу факторів на формування площі листової поверхні рослин сої залежно від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння фунгіцидами та інокулянтами, а також позакореневого підживлення фунгіцидами і мікродобривами

Для сорту РЖТ Сальса найнижчі значення індексу листової поверхні спостерігалися в контрольному варіанті. У фазу бутонізації вони коливалися від

2,19 до 2,22 м²/м², у фазу цвітіння від 2,88 до 2,96 м²/м², а в фазу наливу бобів від 2,42 до 2,73 м²/м² (табл. 3).

3. Індекс листової поверхні (ІЛП) сорту сої РЖТ Сальса (середнє за 2024–2025 рр.), м²/м²

Передпосівна обробка насіння фунгіцидами і інокулянтами	Фунгіциди і мікродобрива	У фазі бутонізації (ВВСН 51–59)	У фазі цвітіння (ВВСН 60–69)	У фазі наливу бобів (ВВСН 89)
1	2	3	4	5
Контроль	1	2,20	2,88	2,42
	2	2,22	2,95	2,62
	3	2,19	2,90	2,73
	4	2,22	2,95	2,60
	5	2,21	2,96	2,70
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	2,25	3,09	2,54
	2	2,28	3,16	2,69
	3	2,29	3,18	2,78
	4	2,28	3,17	2,70
	5	2,27	3,17	2,77

1	2	3	4	5
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	2,27	3,17	2,57
	2	2,29	3,21	2,72
	3	2,29	3,22	2,84
	4	2,31	3,18	2,77
	5	2,28	3,21	2,87
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	2,22	3,05	2,56
	2	2,25	3,12	2,67
	3	2,27	3,17	2,77
	4	2,24	3,15	2,68
	5	2,26	3,15	2,75
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	2,26	3,12	2,59
	2	2,28	3,16	2,74
	3	2,29	3,20	2,82
	4	2,26	3,17	2,77
	5	2,27	3,19	2,83

Застосування передпосівної обробки насіння фунгіцидами та інокулянтами, а також позакореневих обробок фунгіцидами і мікродобривами, призвело до підвищення ІЛП на всіх етапах органогенезу сої. Найбільш ефективною передпосівною обробкою виявився варіант з хімічними фунгіцидами «Максім XL» та «Апрон XL» з інокулянтом «БіоМАГ Соя» для обробки насіння та подвійним застосуванням по вегетації фунгіциду «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» (1,0 л/га) і «Квантум Бор Актив» (1 л/га). Значення ІЛП мали максимальні показники: 2,29 м²/м² у фазу бутонізації; 3,22 м²/м² у фазу цвітіння та

2,84 м²/м² у фазу наливу бобів. Варіанти з використанням біологічних продуктів, таких як «РизоСтарт» або «БіоМАГ Соя» у поєднанні з фунгіцидами «Екостерн Триходерма» (1,5 л/т) та «Фітоспорин-М Соя» (1,5 л/га) також показали позитивний результат, але їх ефективність була дещо нижчою.

Сорт РЖТ Сайдіна продемонстрував вищі значення індексу листової поверхні порівняно з РЖТ Сальса. У контрольних варіантах ІЛП цього сорту становив від 2,30 до 2,34 м²/м² у фазу бутонізації, від 3,25 до 3,29 м²/м² у фазу цвітіння та від 2,73 до 2,95 м²/м² у фазу наливу бобів (табл. 4).

4. Індекс листової поверхні (ІЛП) сорту сої РЖТ Сайдіна (середнє за 2024–2025 рр.), м²/м²

Передпосівна обробка насіння фунгіцидами і інокулянтами	Фунгіциди і мікродобрива по вегетації	У фазі бутонізації (ВВСН 51–59)	У фазі цвітіння (ВВСН 60-69)	У фазі наливу бобів (ВВСН 89)
1	2	3	4	5
Контроль	1	2,33	3,25	2,73
	2	2,32	3,28	2,84
	3	2,34	3,27	2,92
	4	2,33	3,29	2,87
	5	2,30	3,26	2,95

1	2	3	4	5
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	2,41	3,38	2,99
	2	2,44	3,43	3,12
	3	2,43	3,46	3,19
	4	2,45	3,42	3,08
	5	2,42	3,43	3,17
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	2,37	3,40	3,02
	2	2,41	3,48	3,16
	3	2,44	3,50	3,24
	4	2,45	3,47	3,17
	5	2,42	3,47	3,22
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	2,38	3,32	2,97
	2	2,40	3,36	3,09
	3	2,46	3,40	3,17
	4	2,44	3,42	3,05
	5	2,41	3,39	3,15
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	2,39	3,36	2,99
	2	2,43	3,42	3,13
	3	2,46	3,43	3,21
	4	2,44	3,40	3,15
	5	2,40	3,41	3,19

Найвищий показник ЛПІ у фазу цвітіння ($3,50 \text{ м}^2/\text{м}^2$) зафіксовано у варіанті з передпосівним застосуванням «Максім XL» + «Апрон XL» + «БіоМАГ Соя» та подвійним обприскуванням «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» ($1,0 \text{ л/га}$) і «Квантум Бор Актив» (1 л/га) по вегетації.

Аналіз впливу обробки фунгіцидами та мікродобривами по вегетації вказує на перевагу подвійного застосування цих препаратів у фазі бутонізації та цвітіння, порівняно з одноразовим використанням.

Ця закономірність виявилася універсальною для обох сортів та для обох типів фунгіцидів – як хімічного («Колосаль Про»), так і біологічного («Фітоспорин-М Соя»). Різниця в ЛПІ між варіантами з одноразовим та подвійним застосуванням становила $0,06\text{--}0,10 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Фотосинтетичний потенціал є інтегральним показником, що характеризує сумарну продуктивність листового апарату за певні періоди вегетації сої і безпосередньо впливає на формування врожаю.

Середньоранній сорт РЖТ Сайдіна продемонстрував значно вищі значення фотосинтетичного потенціалу у всі періоди спостережень, порівняно з ранньостиглим сортом РЖТ Сальса. Наприклад, у контрольному варіанті фотосинтетичний потенціал за період бутонізація-налив бобів становив у першого сорту від 2,15 до 2,23 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$, тоді як для другого – від 1,68 до 1,79 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$ (табл. 5 і 6). У сортів РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна максимальний фотосинтетичний потенціал за період бутонізація-налив бобів було отримано при передпосівній обробці насіння комбінацією «Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя» та застосуванні фунгіциду «Колосаль Про» з мікродобривами «Інтермаг Молібден» ($1,0 \text{ л/га}$) і «Квантум Бор Актив» (1 л/га) у фазі бутонізації та цвітіння – 1,87 і 2,41 млн $\text{м}^2/\text{га} \times \text{дїб}$. Тому, найефективнішим варіантом для обох сортів є інтегрована система, що поєднує хімічний захист насіння, інокуляцію та подвійне позакореневе живлення і захист у критичні фази росту та розвитку рослин сої.

5. Фотосинтетичний потенціал посіву сорту сої РЖТ Сальса (середнє за 2024–2025 рр.), млн м²/га × діб

Передпосівна обробка насіння	Фунгіциди і мікродобрива	Бутонізація-цвітіння	Цвітіння-налив бобів	Бутонізація-налив бобів
Контроль	1	0,43	1,18	1,68
	2	0,44	1,24	1,76
	3	0,43	1,25	1,79
	4	0,44	1,23	1,75
	5	0,44	1,26	1,79
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	0,45	1,25	1,74
	2	0,46	1,30	1,81
	3	0,46	1,32	1,84
	4	0,46	1,30	1,81
	5	0,46	1,32	1,83
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	0,46	1,28	1,76
	2	0,46	1,32	1,82
	3	0,46	1,35	1,86
	4	0,46	1,32	1,85
	5	0,46	1,35	1,87
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	0,44	1,25	1,74
	2	0,45	1,29	1,79
	3	0,46	1,32	1,83
	4	0,45	1,30	1,79
	5	0,46	1,31	1,82
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	0,45	1,27	1,76
	2	0,46	1,31	1,83
	3	0,46	1,34	1,86
	4	0,46	1,32	1,83
	5	0,46	1,34	1,85

6. Фотосинтетичний потенціал посіву сорту сої РЖТ Сайдіна (середнє за 2024–2025 рр.), млн м²/га×діб

Передпосівна обробка насіння	Фунгіциди і мікродобрива	Бутонізація-цвітіння	Цвітіння-налив бобів	Бутонізація-налив бобів
1	2	3	4	5
Контроль	1	0,61	1,51	2,15
	2	0,61	1,55	2,19
	3	0,61	1,56	2,23
	4	0,61	1,56	2,21
	5	0,61	1,57	2,23
Максім XL + Апрон XL + РизоСтарт	1	0,63	1,61	2,29
	2	0,64	1,65	2,36
	3	0,64	1,68	2,38
	4	0,64	1,64	2,34
	5	0,64	1,67	2,37

1	2	3	4	5
Максім XL + Апрон XL + БіоМАГ Соя	1	0,63	1,62	2,28
	2	0,64	1,68	2,36
	3	0,65	1,70	2,41
	4	0,65	1,68	2,38
	5	0,64	1,69	2,39
РизоСтарт + Екостерн Триходерма, КС	1	0,62	1,59	2,27
	2	0,63	1,63	2,33
	3	0,64	1,66	2,39
	4	0,64	1,63	2,33
	5	0,63	1,65	2,36
БіоМАГ Соя» + Екостерн Триходерма, КС	1	0,63	1,60	2,28
	2	0,64	1,65	2,36
	3	0,64	1,68	2,40
	4	0,64	1,65	2,37
	5	0,63	1,67	2,37

Аналізуючи внесок окремих періодів, можна відзначити, що для обох сортів період цвітіння-налив бобів був найбільш продуктивним, що підкреслює його критичну важливість для формування врожаю сої. У сорту РЖТ Сальса фотосинтетичний потенціал цього періоду становив 1,35 млн м²/га × діб, а для сорту Сайдіна – 1,70 млн м²/га × діб (3 варіант досліду), що вище на 0,17 і 0,19 млн м²/га × діб, порівняно з контрольними варіантами.

Застосування біологічних препаратів в технології вирощування сої також мало позитивний вплив на фотосинтетичний потенціал, але дещо менший за хімічні. Так, для сорту РЖТ Сальса варіант з передпосівною обробкою насіння «БіоМАГ Соя + Екостерн Триходерма» та варіант 3 по вегетації забезпечив фотосинтетичний потенціал 1,86 млн м²/га × діб, що лише на 0,01 млн м²/га × діб менше від варіанту «Максім XL» + «Апрон XL» + «БіоМАГ Соя».

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено, що фотосинтетичні показники посівів сої істотно залежать від сортових особливостей і комплексу агротехнологічних заходів. Формування фотосинтетичних показників сої суттєво залежить від сортових особливостей: сорт РЖТ Сайдіна мав більшу площу та індекс

листяної поверхні (ЛПП), а також вищий фотосинтетичний потенціал порівняно із сортом РЖТ Сальса. Найвищу ефективність на обох сортах продемонструвала інтегрована система, що включає застосування фунгіцидів «Максім XL» (1,0 л/т) + «Апрон XL» (0,5 л/т) + інокулянт «БіоМАГ Соя» (3 кг/т) для передпосівної обробки насіння у поєднанні з дворазовим позакореневим внесенням фунгіциду «Колосаль Про» (0,5 л/га) та мікродобрив «Інтермаг Молибден» (1,0 л/га) і «Квантум Бор Актив» (1,0 л/га) у фазах бутонізації та цвітіння. Площа листяної поверхні у сортів РЖТ Сальса і РЖТ Сайдіна становила 23,1 і 24,6 тис. м²/га у фазу бутонізації, 32,5 і 35,3 тис. м²/га у фазу цвітіння та 28,7 і 32,7 тис. м²/га у фазу наливу бобів, а індекс листяної поверхні – 2,29 і 2,44; 3,22 і 3,50 та 2,84 і 3,24 м²/м². Дворазове позакореневе застосування фунгіцидів і мікродобрив виявилось ефективнішим за одноразове, оскільки воно не лише стимулює максимальне наростання листяної поверхні, а й подовжує життєдіяльність асиміляційного апарату, суттєво сповільнюючи відмирання листків.

Перспективами для подальших досліджень є вивчення взаємозв'язку фотосинтетичних показників з урожайністю та якісними показниками

насіння сої, а також оцінку ефективності біологічних фунгіцидів і інокулянтів у довгострокових дослідях у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Актуальним є також вивчення строків і норм позакореневого

внесення мікроелементів з метою оптимізації технологій вирощування сої та підвищення стабільності функціонування її фотосинтетичного апарату.

Список використаної літератури

1. Волкодав В. В. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Випуск третій (олійні, технічні, прядильні та кормові культури). Київ : Алефа, 2001. 76 с.
2. Голодна А. В., Грицюк Я. В. Фотосинтетична продуктивність посіву сої за різних варіантів удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 2. С. 133–142.
3. Грабовський М. Б., Мостипан О. В. Економічна оцінка застосування фунгіцидного і гербіцидного захисту сортів сої різних груп стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 45–53. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/134_2023/7.pdf.
4. Дідур І. М., Голованюк А. Б. Стан та перспективи виробництва сої в Україні. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 193–196. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.27>.
5. Німенко С. С., Грабовський М. Б. Урожайність зерна сортів сої залежно від елементів органічної технології вирощування. *Зрошуване землеробство*. 2023. Вип. 79. С. 52–59.
6. Саблук В. Т., Байда М. П. Морфологічні особливості рослин сої залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту. *Новітні агротехнології*. 2025. 13 (1). <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.306989>.
7. Фітосанітарний стан посівів сої за різного фунгіцидного захисту / О. В. Мостипан та ін. *Агробіологія*. 2024. № 2. С. 96–107. https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/mostypan_2_2024.pdf.
8. Agrobiological assessment of productivity and nitrogen fixation of vegetable soybean (edamame) in the conditions of Forest-Steppe of Ukraine / V. Yatsenko et al. *Agronomy Research*. 2023. No. 21 (2). P. 1006–1026. <https://doi.org/10.15159/AR.23.097>.
9. Alloway B. J. Zinc in Soils and Crop Nutrition; International Fertilizer Industry Association and International Zinc Association: Brussels, Belgium; Paris, France, 2004, p. 135.
10. Analyses of yield and net economic response from foliar fungicide and insecticide applications to soybean in the North Central United States / Y. R. Kandel et al. *Plant Health Prog.* 2016. No. 17. P. 232–238. DOI: 10.1094/PHP-RS-16-0038.
11. Bradley K. W., Sweets L. E. Influence of glyphosate and fungicide coapplications on weed control, spray penetration, soybean response, and yield in glyphosate-resistant soybean. *Agron. J.* 2008. No. 100. P. 1360–1365.

References

1. Volkodav V. V. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Third edition (oil, technical, spinning and fodder crops). Kyiv : Alefa, 2001. 76 p.
2. Holodna A. V., Hrytsiuk Ya. V. Photosynthetic productivity of soybean crops under different fertilization and pre-sowing seed treatment options. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2024. No. 2. P. 133–142.
3. Hrabovskyi M. B., Mostypan O. V. Economic evaluation of the use of fungicidal and herbicidal protection of soybean varieties of different maturity groups. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. 2023. No. 134. P. 45–53. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/134_2023/7.pdf.
4. Didur I. M., Holovaniuk A. B. Status and prospects of soybean production in Ukraine. *Ahrarni innovatsii*. 2025. No. 30. P. 193–196. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.27>.
5. Nimenko S. S., Hrabovskyi M. B. Grain yield of soybean varieties depending on elements of organic growing technology. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2023. Vyp. 79. P. 52–59.
6. Sabluk V. T., Baida M. P. Morfolohichni osoblyvosti rosllyn soi zalezno vid zastosuvannya mikrodoobryv ta rehuliatoriv rostu. *Novitni ahrotekhnolohii*. 2025. 13 (1). <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.306989>.
7. Phytosanitary condition of soybean crops under different fungicide protection / O. V. Mostypan et al. *Ahrobiolohiia*. 2024. No. 2. P. 96–107. https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/mostypan_2_2024.pdf.
8. Agrobiological assessment of productivity and nitrogen fixation of vegetable soybean (edamame) in the conditions of Forest-Steppe of Ukraine / V. Yatsenko et al. *Agronomy Research*. 2023. No. 21 (2). P. 1006–1026. <https://doi.org/10.15159/AR.23.097>.
9. Alloway B. J. Zinc in Soils and Crop Nutrition; International Fertilizer Industry Association and International Zinc Association: Brussels, Belgium; Paris, France, 2004, p. 135.
10. Analyses of yield and net economic response from foliar fungicide and insecticide applications to soybean in the North Central United States / Y. R. Kandel et al. *Plant Health Prog.* 2016. No. 17. P. 232–238. DOI: 10.1094/PHP-RS-16-0038.
11. Bradley K. W., Sweets L. E. Influence of glyphosate and fungicide coapplications on weed control, spray penetration, soybean response, and yield in glyphosate-resistant soybean. *Agron. J.* 2008. No. 100. P. 1360–1365.

12. Bryson R. J., Leandro L., Jones D. R. The physiological effects of kresoxim-methyl on wheat leaf greenness and the implications for crop yield. In Proceedings of the BCPC Conf., Brighton, UK, 13–16 November 2000; British Crop Production Council: Hampshire, UK. P. 739–749.
13. Combining micronutrient (Mn) and fungicide applications in soy bean productive systems / L. D. L. D. Raimo et al. *Nativa Sinop*. 2018. V. 6. No. 1. P. 9–14.
14. Delfim J., Moreira A., Moraes L. A. Foliar application of molybdenum combined with cobalt affects leaf nitrogen concentration, grain yield, and yield components of soybean. *Agronomy Journal*. 2025. No. 117 (5). e70160.
15. Economic and energy efficiency of fungicides and herbicides in soybean crops / M. Grabovskiy et al. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development"*. 2025. Vol. 25. Issue 1. P. 445–453.
16. Effects and management of foliar fungicide application on physiological and agronomical traits of soybean / E. V. Zambiazzi et al. *Australian Journal of Crop Science*. 2018. No. 12 (2). P. 265–273.
17. Effect of foliar application of nutrients on soybean / P. Kumari et al. *Journal of Plant Development Sciences*. 2017. No. 9 (3). P. 261–264.
18. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat / Y.-J. Zhang et al. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2010. No. 98. P. 151–157.
19. European soybean to benefit people and the environment / J. L. Rotundo et al. *Scientific reports*. 2024. No. 14 (1). 7612. DOI: 10.1038/s41598-024-57522-z.
20. Fageria N. Soil fertility and plant nutrition research under field conditions: Basic principles and methodology. *J. Plant Nutr.* 2007. No. 30. P. 203–223.
21. Foliar application of macro-and micronutrients improves the productivity, economic returns, and resource-use efficiency of soybean in a semiarid climate / A. Dass et al. *Sustainability*. 2022. No. 14 (10). 5825.
22. Genotypic variation in common bean in response to zinc deficiency in calcareous soil / G. Hacısalihoglu et al. *Plant Soil*. 2004. No. 259. P. 71–83.
23. Jarecki W., Lachowski T., Migut D. The Influence of Applying Foliar Micronutrients at Nodulation and the Physiological Properties of Common Soybean Plants. *Agriculture*. 2024. No. 14 (1). 154.
24. Joshi J., Sharma S., Guruprasad K. N. Foliar application of pyraclostrobin fungicide enhances the growth, rhizobial-nodule formation and nitrogenase activity in soybean (var. JS-335). *Pestic. Biochem. Physiol.* 2014. No. 114 P. 61–66.
25. Keyser H. H., Li F. Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean. *Plant Soil*. 1992. No. 141. P. 119–135.
26. Khan W., Prithiviraj B., Smith D. L. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar
12. Bryson R. J., Leandro L., Jones D. R. The physiological effects of kresoxim-methyl on wheat leaf greenness and the implications for crop yield. In Proceedings of the BCPC Conf., Brighton, UK, 13–16 November 2000; British Crop Production Council: Hampshire, UK. P. 739–749.
13. Combining micronutrient (Mn) and fungicide applications in soy bean productive systems / L. D. L. D. Raimo et al. *Nativa Sinop*. 2018. V. 6. No. 1. P. 9–14.
14. Delfim J., Moreira A., Moraes L. A. Foliar application of molybdenum combined with cobalt affects leaf nitrogen concentration, grain yield, and yield components of soybean. *Agronomy Journal*. 2025. No. 117 (5). e70160.
15. Economic and energy efficiency of fungicides and herbicides in soybean crops / M. Grabovskiy et al. *Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development"*. 2025. Vol. 25. Issue 1. P. 445–453.
16. Effects and management of foliar fungicide application on physiological and agronomical traits of soybean / E. V. Zambiazzi et al. *Australian Journal of Crop Science*. 2018. No. 12 (2). P. 265–273.
17. Effect of foliar application of nutrients on soybean / P. Kumari et al. *Journal of Plant Development Sciences*. 2017. No. 9 (3). P. 261–264.
18. Effects of fungicides JS399-19, azoxystrobin, tebuconazole, and carbendazim on the physiological and biochemical indices and grain yield of winter wheat / Y.-J. Zhang et al. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2010. No. 98. P. 151–157.
19. European soybean to benefit people and the environment / J. L. Rotundo et al. *Scientific reports*. 2024. No. 14 (1). 7612. DOI: 10.1038/s41598-024-57522-z.
20. Fageria N. Soil fertility and plant nutrition research under field conditions: Basic principles and methodology. *J. Plant Nutr.* 2007. No. 30. P. 203–223.
21. Foliar application of macro-and micronutrients improves the productivity, economic returns, and resource-use efficiency of soybean in a semiarid climate / A. Dass et al. *Sustainability*. 2022. No. 14 (10). 5825.
22. Genotypic variation in common bean in response to zinc deficiency in calcareous soil / G. Hacısalihoglu et al. *Plant Soil*. 2004. No. 259. P. 71–83.
23. Jarecki W., Lachowski T., Migut D. The Influence of Applying Foliar Micronutrients at Nodulation and the Physiological Properties of Common Soybean Plants. *Agriculture*. 2024. No. 14 (1). 154.
24. Joshi J., Sharma S., Guruprasad K. N. Foliar application of pyraclostrobin fungicide enhances the growth, rhizobial-nodule formation and nitrogenase activity in soybean (var. JS-335). *Pestic. Biochem. Physiol.* 2014. No. 114 P. 61–66.

application of salicylates. *Journal of plant physiology*. 2003. No. 160 (5). P. 485–492.

27. Kobraee S., Shamsi K. Impact of micronutrients foliar application on soybean yield and its components under water deficit condition. *J. Biodivers. Environ. Sci.* 2013. No. 3. P. 39–45.

28. Kyveryga P. M., Blackmer T. M., Mueller D. S. When do foliar pyraclostrobin fungicide applications produce profitable soybean yield responses? *Online Plant Health Prog.* 2013. No. 14. 6.

29. Mechanisms involved in soybean rust-induced yield reduction / S. Kumudini et al. *Crop Sci.* 2008. No. 48. P. 2334–2342.

30. Patterson R. P., Raper C. D. Influence of duration and rate of seed fill on soybean growth and development. In World Soybean Research Conference. CRC Press. 2022. P. 875–883.

31. Physiological effects of strobilurin and carboxamides on plants: An overview / A. C. E. Amaro et al. *Acta Physiol. Plant* 2019. No. 42 (1). P. 4–10. DOI: 10.1007/s11738-019-2991-x.

32. Randall G. W., Schulte E. E., Corey R. B. Effect of soil and foliar-applied manganese on the micronutrient content and yield of soybeans. *Agron. J.* 1975. No. 67. P. 502–507.

33. Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production / B. Guo et al. *Theoretical and Applied Genetics*. 2022. No. 135 (11). P. 4095–4121.

34. Soybean leaf disease detection and classification using deep learning approach / A. K. Adimas et al. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2025. No. 14 (4). P. 2697–2704.

35. Soybean yield components and seed potassium concentration responses among nodes to potassium fertility / M. R. Parvej et al. *Agronomy Journal*. 2016. No. 108 (2). P. 854–863.

36. The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed / V. Ghasemian et al. *J. Phytol.* 2010. No. 2. P. 73–79.

37. The effect of molybdenum and boron in soil on the growth and photosynthesis of three soybean varieties / P. Liu et al. *Plant, Soil and Environment*. 2005. No. 51 (5). P. 197–205.

38. The importance of soybean (*Glycine max*) as a source of biologically valuable substances / G. Kamshybayeva et al. *International Journal of Biology and Chemistry*. 2017. No. 10 (2). P. 23–27.

39. The strobilurin fungicides / D. W. Bartlett et al. *Pest Manag. Sci.* 2002. No. 58. P. 649–662.

40. Zinc-enriched fertilisers as a potential public health intervention in Africa / E. Joy et al. *Plant Soil*. 2015. No. 389. P. 1–24.

25. Keyser H. H., Li, F. Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean. *Plant Soil*. 1992. No. 141. P. 119–135.

26. Khan W., Prithviraj B., Smith D. L. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of plant physiology*. 2003. No. 160 (5). P. 485–492.

27. Kobraee S., Shamsi K. Impact of micronutrients foliar application on soybean yield and its components under water deficit condition. *J. Biodivers. Environ. Sci.* 2013. No. 3. P. 39–45.

28. Kyveryga P. M., Blackmer T. M., Mueller D. S. When do foliar pyraclostrobin fungicide applications produce profitable soybean yield responses? *Online Plant Health Prog.* 2013. No. 14. 6.

29. Mechanisms involved in soybean rust-induced yield reduction / S. Kumudini et al. *Crop Sci.* 2008. No. 48. P. 2334–2342.

30. Patterson R. P., Raper C. D. Influence of duration and rate of seed fill on soybean growth and development. In World Soybean Research Conference. CRC Press. 2022. P. 875–883.

31. Physiological effects of strobilurin and carboxamides on plants: An overview / A. C. E. Amaro et al. *Acta Physiol. Plant* 2019. No. 42 (1). P. 4–10. DOI: 10.1007/s11738-019-2991-x.

32. Randall G. W., Schulte E. E., Corey R. B. Effect of soil and foliar-applied manganese on the micronutrient content and yield of soybeans. *Agron. J.* 1975. No. 67. P. 502–507.

33. Soybean genetic resources contributing to sustainable protein production / B. Guo et al. *Theoretical and Applied Genetics*. 2022. No. 135 (11). P. 4095–4121.

34. Soybean leaf disease detection and classification using deep learning approach / A. K. Adimas et al. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2025. No. 14 (4). P. 2697–2704.

35. Soybean yield components and seed potassium concentration responses among nodes to potassium fertility / M. R. Parvej et al. *Agronomy Journal*. 2016. No. 108 (2). P. 854–863.

36. The effect of iron, zinc and manganese on quality and quantity of soybean seed / V. Ghasemian et al. *J. Phytol.* 2010. No. 2. P. 73–79.

37. The effect of molybdenum and boron in soil on the growth and photosynthesis of three soybean varieties / P. Liu et al. *Plant, Soil and Environment*. 2005. No. 51 (5). P. 197–205.

38. The importance of soybean (*Glycine max*) as a source of biologically valuable substances / G. Kamshybayeva et al. *International Journal of Biology and Chemistry*. 2017. No. 10 (2). P. 23–27.

39. The strobilurin fungicides / D. W. Bartlett et al. *Pest Manag. Sci.* 2002. No. 58. P. 649–662.

40. Zinc-enriched fertilisers as a potential public health intervention in Africa / E. Joy et al. *Plant Soil*. 2015. No. 389. P. 1–24.