



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№ 14
Український журнал природничих наук
№ 14

ISSN: 2786-6335 print
ISSN: 2786-6343 online

УДК 631.526.32: 633.34:631.8
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.22>

**ВИВЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ ТА ЗАЛЕЖНОСТЕЙ
ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ (*GLICINE HISPIDA*)
ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ПРОТРУЄННЯ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ІНОКУЛЯЦІЇ
В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ**

**В. З. Панчишин¹, Б. В. Матвійчук², А. А. Мелешко³, Л. А. Журавська⁴,
Л. М. Безверха⁵**

У статті наведені основні результати дослідження щодо вивчення впливу протруєння насіння та проведення передпосівної інокуляції на листову поверхню рослин сої залежно від сорту, а також взаємозв'язку між масою бульбочкових бактерій і їх кількістю в умовах Полісся України. Мета дослідження полягала в порівнянні сортових особливостей сої залежно від застосованих агротехнічних заходів – протруєння насіння та передпосівної інокуляції. Матеріалом для проведення експерименту були сорти сої Ментор і Фаворит. Передпосівну інокуляцію насіння проводили препаратом РизоСтарт, протруєння – препаратом Бастіон.

¹ кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: panch22@ukr.net
ORCID: 0000-0001-5256-5052

² кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри ботаніки, біоресурсів та збереження біорізноманіття
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: bogdanmatviychuk@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2226-814X

³ здобувач вищої освіти першого (бакалаврського рівня)
за спеціальністю «Біологія»
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
ORCID: 0009-0008-5846-4699

⁴ кандидат сільськогосподарських наук,
викладач спеціальних дисциплін кафедри агрономії та лісового господарства
(Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир)
e-mail: innazhuravska1@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9332-1134

⁵ кандидат сільськогосподарських наук,
викладач спеціальних дисциплін кафедри агрономії та лісового господарства
(Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир)
e-mail: lovov_bezverxa@ukr.net
ORCID: 0000-0003-2518-972x

Встановлено, що вегетаційний період сорту Ментор був на 10 днів довшим порівняно із сортом Фаворит, що безпосередньо вплинуло на показники висоти рослин і розвиток листового апарату. Також відмічена висока пряма залежність маси зерна з рослини від кількості бульбчастих бактерій, що підкреслює важливість інокуляції насіння для підвищення продуктивності культури.

Висота рослин сої у варіанті без протруєння та інокуляції у фазу цвітіння (BBCH 69) збільшилася на 50,7–41,0% порівняно з фазою бутонізації (BBCH 59). За інокуляції без протруєння приріст становив 61,9–59,3%, у разі застосування протруйника без інокуляції – 60,4–42,9%. У варіантах із комбінованим використанням протруйника Бастіон та інокулянту РизоСтарт висота рослин зросла на 65,7–46,8% порівняно з контрольним варіантом, що свідчить про стимулюючий вплив обох препаратів на розвиток вегетативної маси сої.

За результатами досліджень були визначені показники площі листової поверхні рослин сої на різних фазах розвитку культури. Окрім того, проведено аналіз вегетаційного періоду та побудовано рівняння регресії, яке відображає кореляційну залежність маси зерна з рослини від кількості бульбчастих бактерій на рослині під час фази цвітіння (BBCH 69). Отримані результати підтверджують ефективність застосування протруйника й інокулянту для оптимізації росту, розвитку та продуктивності сої, а також демонструють значення цих агротехнічних заходів для підвищення врожайності культури в умовах Полісся України.

Ключові слова: площа листової поверхні, протруйник, сорт, зерно, інокуляція.

STUDY OF THE PARAMETERS OF THE LEAF SURFACE AND THE DEPENDENCIES OF THE INDIVIDUAL PRODUCTIVITY OF SOYBEANS (GLICINE HISPIDA) DEPENDING ON VARIETY, TREATMENT AND PRE-SOWING INOCULATION IN THE POLISSYA REGION OF UKRAINE

V. Z. Panchyshyn, B. V. Matviychuk, A. A. Meleshko, I. A. Zhuravska,
L. M. Bezverkha

The article presents the main results of a study on the influence of seed treatment and pre-sowing inoculation on the leaf surface area of soybean plants depending on the variety, as well as the relationship between the mass and number of nodule bacteria under the conditions of Polissia of Ukraine.

The aim of the study was to compare varietal characteristics of soybean depending on the applied agrotechnical measures – seed treatment and pre-sowing inoculation. The experimental material included soybean varieties Mentor and Favorit. Pre-sowing inoculation was carried out using the RhizoStart preparation, and seed treatment was performed with the Bastion fungicide.

It was established that the vegetation period of the Mentor variety was 10 days longer than that of the Favorit variety, which directly affected plant height and the development of the leaf apparatus. A strong positive correlation was noted between the grain mass per plant and the number of nodule bacteria, emphasizing the importance of inoculation in increasing crop productivity.

In the variant without seed treatment and inoculation, the plant height during the flowering phase (BBCH 69) increased by 50,7–41,0% compared to the budding phase (BBCH 59). In the inoculated variant without seed treatment, the increase was 61,9–59,3%, while with seed treatment only (without inoculation), the increase was 60,4–42,9%. In the combined variant using both BASTION and RhizoStart, plant height increased by 65,7–46,8% compared to the control, indicating the stimulating effect of both products on vegetative growth of soybean plants.

The study also measured leaf surface area at different growth stages. Additionally, an analysis of the vegetation period was conducted, and a regression equation was constructed to reflect the correlation between grain mass per plant and the number of nodule bacteria during the flowering phase (BBCH 69). The results confirm the effectiveness of seed treatment and inoculation in optimizing soybean growth, development, and productivity, highlighting the importance of these agrotechnical practices for improving yields of Polissia of Ukraine.

Key words: leaf surface area, seed treatment, variety, grain, inoculation.

Вступ

Соя посідає провідні позиції у світі за обсягами вирощування та використання серед усіх високобілкових і олійних культур.

Її популярність зумовлена низкою переваг, серед яких – виняткова здатність адаптуватися до різноманітних кліматичних і ґрунтових умов, що дозволяє успішно вирощу-

вати цю культуру в багатьох регіонах світу. Завдяки своїй універсальності соя широко застосовується як у харчовій промисловості, так і у виробництві кормів, олії та переробленої продукції.

Особливо цінним є її білковий склад: соєвий білок має добре збалансований амінокислотний профіль, високі показники засвоюваності та функціональної активності, що робить його одним із найважливіших рослинних джерел білка для людини й тварин. Саме поєднання високої врожайності, поживної цінності та широких можливостей використання робить сою стратегічно важливою культурою у світовому аграрному секторі (Бабич, 1996; Mourtzinis et al., 2017).

Соя вирощується на всіх континентах світу, серед зернобобових і технічних культур вона є найбільш розповсюдженою. Ця культура має велике значення для формування зернового, продовольчого та кормового балансів. Її особливість полягає в тому, що соєвий білок, насичений незамінними амінокислотами, є значно доступнішим за вартістю порівняно з іншими джерелами: він удвічі дешевший за білок пшениці, у сім разів – за рисовий, приблизно у двадцять – за білок тваринного походження.

У складі насіння сої міститься 38–42% білка, 18–23% жиру та 25–30% вуглеводів, а також присутні ферменти, вітаміни й мінеральні елементи (Бабич, 1993).

Сучасні високопродуктивні сорти сої потребують не лише ретельного добору технологій вирощування з урахуванням гідротермічних показників, а й створення умов, які забезпечують повне розкриття їхнього біологічного потенціалу. Це є запорукою досягнення максимальної врожайності культури. Використання сучасних адаптивних технологій вирощування дає змогу отримувати стабільно високі врожаї сої, що відіграє важливу роль у розвитку галузі рослинництва (Бабич та ін., 2001).

Останніми роками створено багато сортів сої, які вирізняються невисоким ростом і швидким досяганням і є найбільш придатними для традиційного рядкового посіву з міжряддями 15 см. Такі сорти мають вертикальний тип росту, слабо розгалужуються, формують міцне потовщене стебло й за дотримання оптимальної густоти дають відносно велике насіння. Їх доцільно застосовувати як у широкорядних посівах, так і в суцільному рядковому висіві, проте за більшої густоти рослин порівняно з пізньостиглими сортами (Бахмат і Чинчик, 2010).

У нових селекційних сортах сої більшість бобів формується переважно на головному стеблі, тоді як на бічних пагонах закладається значно менша їх кількість. Така морфологічна особливість сприяє більш рівномірному досягання рослин та полегшує механізоване збирання. Важливою перевагою цих сортів є підвищене розташування нижнього ярусу бобів, що істотно зменшує втрати під час збирання врожаю, оскільки комбайн менше зачіпає рослини біля самої поверхні ґрунту. Це дозволяє отримати чистіше та якісніше зерно, що має вагоме значення як для продовольчого, так і для кормового використання.

Продуктивність новостворених сортів значною мірою залежить від їх групи стиглості. Скоростиглі сорти здатні забезпечувати врожай на рівні 19,0–25,0 ц/га, що є оптимальним для регіонів із коротшим вегетаційним періодом або менш сприятливими кліматичними умовами. Ранньостиглі сорти демонструють вищий потенціал – 26,0–30,0 ц/га, поєднують відносно швидке досягання з підвищеною врожайністю. Найбільш продуктивними є середньостиглі сорти, які за сприятливих умов можуть формувати 35,0–40,0 ц/га, забезпечувати максимальне використання біологічного потенціалу рослин.

Використання нових високоефективних сортів сої відіграє ключову роль у підвищенні загальної врожайності культури. Їхні покращені властивості дають можливість частково компенсувати негативний вплив несприятливих ґрунтово-кліматичних умов, зменшити залежність від надмірного внесення мінеральних добрив і скоротити потребу в застосуванні засобів захисту рослин. У результаті вирощування таких сортів стає більш економічно вигідним, екологічно збалансованим і технологічно ефективним, що є важливим чинником розвитку сучасного рослинництва (Каленська та ін., 2011).

Соя є одним із найважливіших джерел рослинного білка й олії. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (далі – ФАО), добове споживання білка має становити приблизно 12% від загальної калорійності харчування, що відповідає 90–100 г білка на день, 60–70% цього обсягу рекомендується отримувати із продуктів тваринного походження. На світовому рівні питання забезпечення населення достатньою кількістю рослинного білка стає все більш нагальним. Одним з ефективних

шляхів вирішення цієї проблеми є нарощування виробництва зернобобових культур.

У сільському господарстві бобові мають особливе значення, оскільки завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* вони здатні фіксувати атмосферний азот і збагачувати ним ґрунт упродовж усього періоду вегетації. Це покращує родючість ґрунту, сприяє підвищенню врожайності та зменшує потребу у внесенні мінеральних азотних добрив (Надкернична та ін., 2011; Бахмат та ін., 2017).

Виробництво й використання інокулянтів є значно більш економічним, ніж внесення мінеральних добрив. Завдяки процесу біологічної фіксації азоту, який забезпечують бульбочкові бактерії, у ґрунті після вирощування бобових культур додатково залишається 0,35–0,55 ц азоту.

Соя здатна нагромаджувати після себе приблизно 0,6–1,5 ц/га біологічного азоту (60–150 кг/га), рослини наступних культур засвоюють його на 90–100%, тоді як коефіцієнт засвоєння мінеральних добрив становить лише 50–60%. Додатково соя залишає у ґрунті приблизно 0,2–0,25 ц/га фосфору (20–25 кг/га) та 0,3–0,4 ц/га калію (30–40 кг/га) (Патика та ін., 2003).

Інокуляція є обов'язковою технологічною операцією тоді, коли на полі протягом останніх 2–3 років не вирощувалися бобові культури, отже, у ґрунті бракує активних і життєздатних бульбочкових бактерій. За таких умов рослини без додаткового внесення специфічних мікроорганізмів, які містять інокулянти, не здатні повноцінно утворювати бульбочки на кореневій системі, що призводить до зниження рівня біологічної азотфіксації, отже, і врожайності.

Передпосівна обробка насіння сої бактеріальними препаратами, створеними на основі високоефективних штамів *Rhizobium*, забезпечує швидке заселення коренів корисними мікроорганізмами вже на початкових етапах розвитку рослин. У результаті формуються численні й такі, що добре функціонують, бульбочки, які активно фіксують атмосферний азот і перетворюють його на форму, доступну для живлення сої.

Саме через ці бульбочки відбувається ключовий для бобових культур процес – біологічна фіксація азоту, що дозволяє рослинам мінімізувати потребу в азотних добривах, а ґрунту – накопичувати природний азот для наступних культур у сівозміні. Отже, інокуляція стає важливим елементом ефективною та екологічно збалансованою тех-

нології вирощування сої (Щербачук та ін., 2016).

Для кожної бобової культури добирають окремі, спеціалізований штам бактерій, здатний ефективно стимулювати формування бульбочок. Зокрема, соя найкраще взаємодіє саме з азотфіксуючими бактеріями виду *Bradyrhizobium japonicum*, щодо яких вона проявляє особливо високу чутливість і позитивну реакцію (Гуменюк та ін., 2018).

Керівникам і спеціалістам сільськогосподарських підприємств, а також фермерам приватного сектору, які прагнуть зменшити собівартість вирощування сої та забезпечити стабільно високі врожаї, варто приділяти більше уваги препаратам на основі бульбочкових бактерій. Це особливо актуально з огляду на те, що посівні площі сої в Україні щороку збільшуються. Часто культуру висівають на нових ділянках, де у ґрунті природно відсутні специфічні бульбочкові бактерії, необхідні для її повноцінного розвитку, що зрештою позначається на кінцевих показниках урожайності (Бабич, 2003).

Низка вчених вивчала вплив фунгіцидів на площу листків, де виявлено, що максимальних значень площа листової поверхні рослин сої в сортів Ауреліна й Амадеа досягала у фазу наливу зерна – 44,85 і 45,91 тис. м²/га відповідно. Найменші показники асиміляційної поверхні спостерігалися у фазу бутонізації – 15,10 і 15,07 тис. м²/га. Застосування фунгіцидів сприяло збільшенню площі листової поверхні в сортів Амадеа й Ауреліна у фазу цвітіння на 0,90 і 0,94 тис. м²/га, а в період наливу зерна – на 3,11 і 3,46 тис. м²/га, порівняно з контролем. Найбільший приріст листової поверхні зафіксовано за поєднання передпосівної обробки насіння препаратом Стандак Топ (2 л/т) з обприскуванням посівів Абаксом (2 л/га) протягом вегетації. За даними дисперсійного аналізу, визначальними чинниками формування площі листової поверхні були сортові особливості (37,7%) та фунгіцидний захист (35,4%), тоді як їхня взаємодія становила 12,3% (Мостипан і Грабовський, 2023; Грабовський і Мостипан, 2023).

Ефективність сучасних технологій вирощування сої залежить не лише від якісного та своєчасного виконання комплексу технологічних заходів, але й від правильно обраного агротехнічного прийому. Цей технологічний захід має узгоджуватися з агро-

кліматичними умовами місцевості та враховувати специфічні властивості обраного сорту сої (Анішин та ін., 2000).

Матеріал і методи

Схему досліду було сформовано так: Фактор 1 (сорт): а) Ментор, б) Фаворит; Фактор 2 (протруєння насіння): а) без протруєння (контроль), б) передпосівне протруєння; Фактор 3 (інокуляція): а) без інокуляції, б) передпосівна інокуляція насіння.

Дослід проводили у триразовій повторності. Об'єктом вивчення була соя сортів Ментор і Фаворит.

Сорт сої Ментор. Оригіном сорту є компанія «Євраліс Семанс» (Франція). Сорт сої Ментор рекомендовано для вирощування в умовах Степу, Лісостепу та Полісся України. Він відзначається середньоранніми строками початку цвітіння та досягання, а після повного дозрівання рослини характерно скидають листя. На стадії появи примордіальних листків гіпокотиль має антоціанове забарвлення.

У період формування бобів приблизно до середини їх досягання рослини цього сорту проявляють проміжний тип росту та формують напівстиснутий кущ. Висота рослин коливається від середньої до високої, опушення має сірий відтінок. Стебло зазвичай тонке, з помірною кількістю вузлів, не схильне до фасціації; скручування стебла або відсутнє, або виражене дуже слабо.

Такий комплекс морфологічних і фізіологічних особливостей забезпечує добру адаптивність сорту Ментор до різних агрокліматичних умов і визначає його високий потенціал урожайності (Бахмат і Бахмат, 2012).

У сорту Ментор у фазі повного цвітіння листки набувають світло-зеленого відтінку, вирізняються слабкою пухирчастістю, а центральний листочок має середні розміри та клиноподібну форму із заокругленою верхівкою. Квітки характеризуються фіолетовим забарвленням. Боби – світло-піщані, короткі, вузькі, з легким вигином.

Насіння має округло-вишуклу форму, жовту оболонку та лінійний рубчик без вічка, зі специфічним смугастим рисунком навколо нього. Маса 1 000 насінин належить до дрібної фракції і коливається в межах 148,4–200,1 г. Сорт є ранньостиглим, забезпечує високий рівень врожайності та характеризується середнім умістом олії.

Сорт сої Фаворит. Оригіном сорту є компанія «NS SEME» («НС СЕМЕ»), спільно створена Україною та Сербією. Рослини

цього сорту мають гіпокотиль з антоціановим забарвленням на стадії формування примордіальних листків. Сорт характеризується дуже раннім цвітінням і дозріванням, після дозрівання листя природно опадає. Рослини належать до індетермінантного типу росту й мають напівстислу форму куща. Їхня висота варіюється від середньої до високої, а опушення – жовто-коричнєве. Завивання стебла в цьому сорті відсутнє або дуже слабке. Стебло середньої товщини, з помірною кількістю вузлів, без проявів фасціації (Панасюк і Панасюк, 2016).

Листя сої сорту Фаворит у фазі повного цвітіння має помірно-зелений колір, що свідчить про оптимальний рівень хлорофілу й активну фотосинтетичну діяльність. Листова пластинка проявляє слабку пухирчастість, що забезпечує ефективний газообмін і зниження ризику розвитку грибкових захворювань. Середній листочок у цій фазі невеликий за розміром, клиноподібної форми із загостреною верхівкою, що сприяє рівномірному освітленню нижніх ярусів листя та покращує процес фотосинтезу. Квіти сорту мають фіолетове забарвлення, що є типовою ознакою сорту й полегшує його ідентифікацію в польових умовах.

Боби рослин сорту Фаворит світло-піщаного кольору, слабко вигнуті, середньої довжини та ширини. Вони характеризуються високою якістю насіння та відносною однорідністю, що є важливим для механізованого збирання та подальшої обробки. Насіння під час повної стиглості має випукло-округлу форму, жовту оболонку та темно-коричневий рубчик. Рубчик має лінійну форму з вічком і характерним смужкуватим візерунком, що є морфологічною ознакою сорту й використовується в його селекційній ідентифікації.

Маса насіння сорту Фаворит коливається в межах 131–190 г, переважно між 143,6 і 177,1 г, що відображає стабільність продуктивності сорту та його потенціал для отримання високого врожаю. Цей сорт характеризується скоростиглістю, високою продуктивністю та помірним вмістом олії в насінні, що робить його цінним для харчової та технічної переробки. Соя сорту Фаворит проявляє високу стійкість до основних грибкових і бактеріальних захворювань, як-от аскохітоз, септоріоз, фузаріоз, бактеріоз і пероноспороз. Окрім того, рослини добре протистоять виляганню, осипанню насіння та посушливим умовам, що робить сорт придатним для вирощування в різних агрокліматичних зонах.

Отже, сорт сої Фаворит поєднує в собі високу продуктивність, стійкість до хвороб і несприятливих умов зовнішнього середовища, що робить його перспективним для вирощування в різних регіонах України та для використання як у продовольчих, так і у промислових цілях.

Для підвищення схожості та захисту насіння під час проростання застосовували препарат Бастіон у нормі 1,5 л/т насіння. Обробку проводили за тиждень до посіву, що забезпечувало надійний захист від ґрунтових патогенів і шкідників. Інокуляція насіння проводилась у день посіву препаратом РизоСтарт із нормою 2,5 кг/т. Цей препарат обрали через його високу ефективність: він містить високоякісні штами бульбочкових бактерій (*Bradyrhizobium elkanii*, штами U1301 та U1302), які забезпечують максимальну фіксацію атмосферного азоту, покращують азотне живлення рослин і сприяють підвищенню врожайності без додаткових внесень мінеральних добрив.

Для статистичної обробки отриманих даних застосовували методи дисперсійного аналізу, що дозволили оцінити достовірність отриманих даних. Кількісні показники обробляли методами математичної статистики із застосуванням комп'ютерних програм "Microsoft Excel 2015" та "Statistica 10". Було розраховано середнє арифметичне, стандартне відхилення та показники кореляції між досліджуваними значеннями (Волкодав та ін., 2000; Ермантраут і Присяжнюк, 2007).

Площу листків сої визначали за допомогою методу «висічок» (Савченко і Кожушко, 2013).

Розрахунки здійснювалися за відповідною формулою:

$$П = \frac{Зм * П_1 * к}{Мв},$$

де: П – загальна площа листків, см²;

Зм – загальна маса листків, г;

П₁ – площа однієї висічки, см²;

к – кількість висічок, шт.

Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин проводили відповідно до положень «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур». Для визначення міжфазних періодів і етапів розвитку сої було використано шкалу ВВСН (Волкодав та ін., 2000; Meier, 2001).

Висоту визначали за допомогою мірної лінійки, аналізували 10 рослин, заміри про-

водили у триразовому повторенні (Єщенко та ін., 2005).

Результати та їх обговорення

Ми визначили тривалість міжфазних періодів сої залежно від досліджуваних факторів. Сходи сорту Фаворит з'явилися на 14-й день після сівби, тоді як сорт Ментор – на 16-й день. Середня тривалість міжфазного періоду «сходи – бутонізація» (ВВСН 10–49) становила 20 днів для сорту Фаворит і 23 дні для Ментор. Період «цвітіння – налив зерна» (ВВСН 70–79) тривав 27–29 днів. Міжфазний період «бутонізація – цвітіння» (ВВСН 51–69) становив 3 дні незалежно від сорту. Тривалість періоду «налив зерна – повна стиглість» (ВВСН 80–99) становила 24–26 днів.

Загальна вегетація сої сорту Ментор тривала 106 днів, а сорту Фаворит – 96 днів, що на 10 днів (або 10,4%) коротше (рис. 1).

У результаті досліджень встановлено, що на контрольних ділянках без протруєння та інокуляції насіння висота рослин сої сорту Фаворит у фазу бутонізації (ВВСН 59) становила 43,0 ± 2,8 см, а сорту Ментор – 43,4 ± 3,0 см. У результаті застосування протруєння препаратом Бастіон без інокуляції висота рослин обох сортів збільшилася на 0,2 см. Отже, у фазу бутонізації (ВВСН 59) висота рослин обох сортів була приблизно на одному рівні (табл. 1).

У фазу цвітіння (ВВСН 69) рослини сорту Фаворит показали вищі показники висоти. На варіанті без інокуляції та без протруєння висота рослин сорту Фаворит перевищила сорт Ментор на 3,6 см, а за протруєння насіння препаратом Бастіон – на 7 см. На варіантах із проведенням інокуляції різниця між сортами становила 1,3–8,5 см. У фазу дозрівання (ВВСН 85) спостерігалася аналогічна тенденція: висота рослин сорту Фаворит коливалася в межах 88,9–89,6 см, що на 10,2–13,1 см більше порівняно із сортом Ментор.

Збільшення висоти рослин сої у варіанті без протруєння та інокуляції у фазу цвітіння (ВВСН 69) становило 50,7–41,0%, без протруєння із проведенням інокуляції – 61,9–59,3%, із застосуванням протруйника без інокуляції – 60,4–42,9%. Використання комбінованого варіанту із протруйником Бастіон та інокулянтном РизоСтарт забезпечило зростання висоти на 65,7–46,8% порівняно з контрольним варіантом.

У фазу дозрівання (ВВСН 85) висота рослин без протруєння та інокуляції збільшилася на 37,2–23,9%, тоді як у варіанті

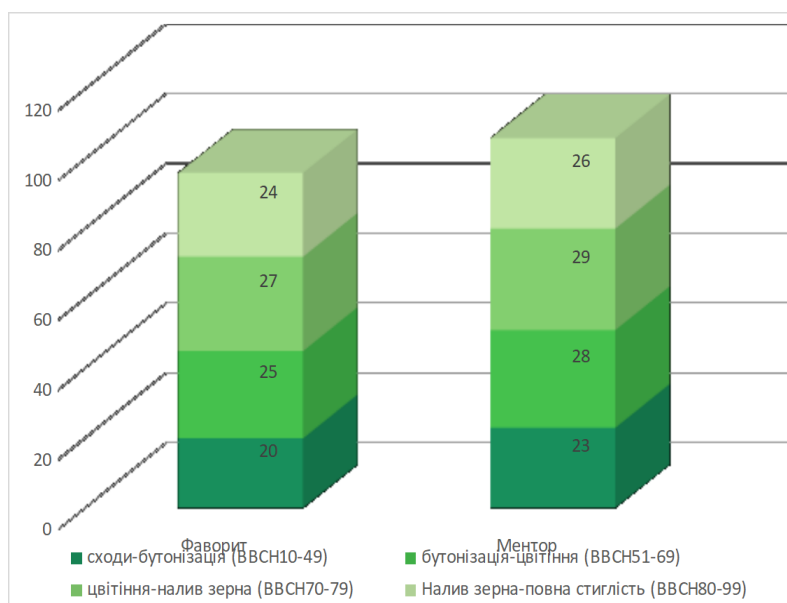


Рис. 1. Тривалість вегетаційного періоду в різних сортах сої, днів

Таблиця 1

Висота рослин сої залежно від досліджуваних факторів, см, $M \pm m$

Сорт	Протруйник	Інокуляція	Фаза вегетації		
			бутонізація (BVCH 59)	цвітіння (BVCH 69)	дозрівання (BVCH 85)
Фаворит	без протруєння	без інокуляції	43,0 $\pm$ 2,8	64,8 $\pm$ 5,3	88,9 $\pm$ 1,4
		РизоСтарт	43,3 $\pm$ 2,3	70,1 $\pm$ 2,5	89,0 $\pm$ 1,1
	Бастіон	без інокуляції	43,2 $\pm$ 2,3	69,3 $\pm$ 3,9	89,2 $\pm$ 1,4
		РизоСтарт	43,4 $\pm$ 2,1	71,9 $\pm$ 1,7	89,6 $\pm$ 1,1
Ментор	без протруєння	без інокуляції	43,4 $\pm$ 3,0	61,2 $\pm$ 5,8	75,8 $\pm$ 2,2
		РизоСтарт	43,2 $\pm$ 2,6	68,8 $\pm$ 5,4	76,5 $\pm$ 1,6
	Бастіон	без інокуляції	43,6 $\pm$ 2,8	62,3 $\pm$ 3,6	78,7 $\pm$ 1,9
		РизоСтарт	43,2 $\pm$ 2,4	63,4 $\pm$ 3,8	79,4 $\pm$ 2,0

з інокуляцією показники були значно меншими – 27,0–11,2%. За внесення протруйника без інокуляції приріст становив 28,7–26,3%, а з використанням препарату РизоСтарт – 24,6–25,2%.

У фазі цвітіння (BVCH 69) у сорту Фаворит висота рослин без протруєння насіння з інокуляцією перевищувала висоту рослин без інокуляції на 5,3 см, а в разі застосування протруйника Бастіон ця різниця становила 2,6 см, що вказує на позитивний вплив інокуляції на ріст рослин у цій фазі. У фазу дозрівання різниця була незначною – 0,1–0,7 см. З використанням протруйника без інокуляції приріст висоти рослин у період цвітіння становив 4,5 см, а з інокуляцією – 1,8 см. У фазу дозрівання різниця між варіантами становила 0,3–0,6 см. Аналіз показав,

що препарати РизоСтарт і Бастіон мають мінімальний вплив на висоту рослин сорту Фаворит.

У сорту Ментор у фазу цвітіння (BVCH 69) без протруєння, але із проведенням інокуляції, висота рослин перевищувала варіант без інокуляції на 7,6 см, а в разі застосування протруйника ця різниця становила 1,1 см. Використання препарату Бастіон без інокуляції забезпечило приріст висоти на 1,1 см, а з інокуляцією – на 5,4 см. У фазу дозрівання показники висоти рослин варіювали в межах 2,9 см.

У результаті досліджень динаміки площі листової поверхні сої на різних фазах росту та розвитку встановлено, що на контрольних ділянках без протруєння та інокуляції під час фази бутонізації (BVCH 59) площа

листової поверхні становила 357,7 см²/рослину для обох сортів. Це свідчить про стандартний рівень розвитку вегетативної маси рослин без застосування додаткових агротехнічних заходів.

У результаті застосування інокулянту РизоСтарт площа листової поверхні в сорту Фаворит становила 356,7 см²/рослину, а в сорту Ментор – 347,7 см²/рослину. Незначне зменшення порівняно з контролем пояснюється специфікою впливу мікробіологічної обробки, яка стимулює не лише нарощування листової поверхні, а й розвиток кореневої системи та накопичення асимілатів у стеблі. Використання протруйника Бастіон сприяло формуванню площі листової поверхні в межах 360,0–348,0 см²/рослину, що свідчить про незначну стимулювальну та захисну дію препарату на молоді рослини. Комбіноване застосування протруйника й інокулянту забезпечило площу листової поверхні 356,7 см²/рослину в сорту Фаворит та 347,7 см²/рослину в сорту Ментор, що підтверджує взаємодоповнюваний ефект цих препаратів.

У фазі цвітіння (ВВСН 69) на контрольних ділянках без обробки насіння площа листової поверхні становила 534,3 см²/рослину в сорту Фаворит і 537,0 см²/рослину в сорту Ментор. Проведення інокуляції привело до незначного збільшення цього показника в межах 535,3–537,0 см²/рослину, що можна пояснити активізацією азотфіксуючої діяльності бульбочкових бактерій, які забезпечують кращу доступність азоту

для рослин у фазу інтенсивного росту листя. Застосування протруйника Бастіон сприяло формуванню площі листової поверхні на рівні 538,7 см²/рослину в сорту Фаворит та 536,3 см²/рослину в сорту Ментор, що відображає стимулювальний ефект на розвиток вегетативної маси за одночасного захисту рослин від патогенів. Комбіноване використання протруйника й інокулянту забезпечило площу листків 536,7 см²/рослину в сорту Фаворит і 537,0 см²/рослину в сорту Ментор, що демонструє синергетичний ефект обох препаратів на оптимізацію росту листової поверхні.

У фазі дозрівання (ВВСН 85) спостерігалось зменшення площі листової поверхні до 310,3–313,7 см²/рослину, що є закономірним процесом старіння листя та початку відмирання нижніх ярусів. Незважаючи на застосування препаратів Бастіон і РизоСтарт, тенденція до зменшення листової поверхні зберігається, оскільки основна роль листя на цьому етапі розвитку – завершення фотосинтезу та перенесення накопичених асимілатів у насіння.

Отримані дані свідчать, що обробка насіння протруйником та інокулянтом загалом сприяє оптимізації росту листової поверхні, забезпечує кращий розвиток вегетативної маси на початкових етапах росту та підтримку продуктивності рослин у фазу цвітіння. Проте у фазу дозрівання вплив препаратів стає мінімальним, оскільки процес старіння листя і природне зменшення площі листової поверхні є біологічно запрограмованими.

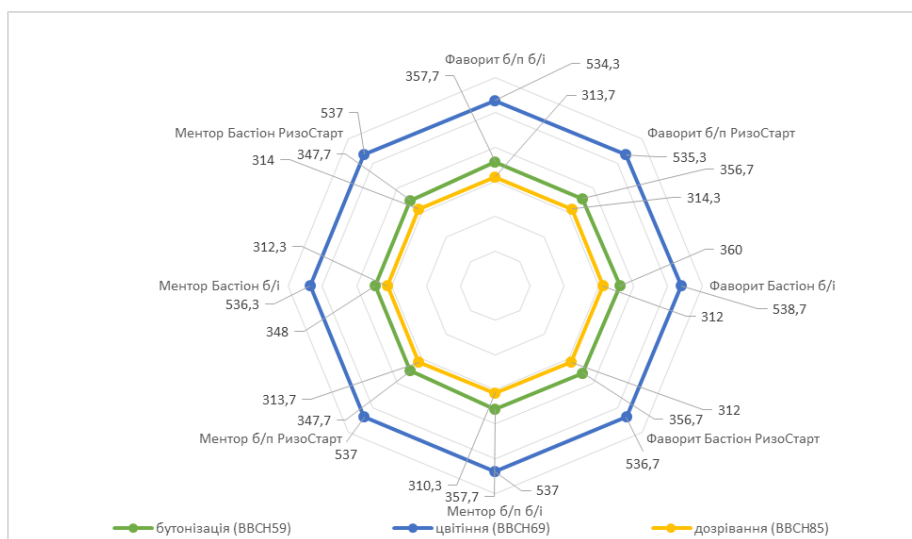


Рис. 2. Площа листової поверхні сої за фазами росту та розвитку, см²/рослину

У разі проведення інокуляції площа листової поверхні становила для сорту Фаворит 314,3 см²/рослину, а для сорту Ментор – 313,7 см²/рослину. У варіанті з використанням препарату Бастіон середні показники становили 312,0–312,3 см²/рослину. За комбінованого застосування обох препа-

ратів площа листової поверхні коливалася в межах 312,0–314,0 см²/рослину.

На основі отриманих даних було розраховано кореляційну залежність маси зерна з рослини від кількості бульбочкових бактерій на рослині у фазу цвітіння (ВВСН 69) сої (рис. 3).

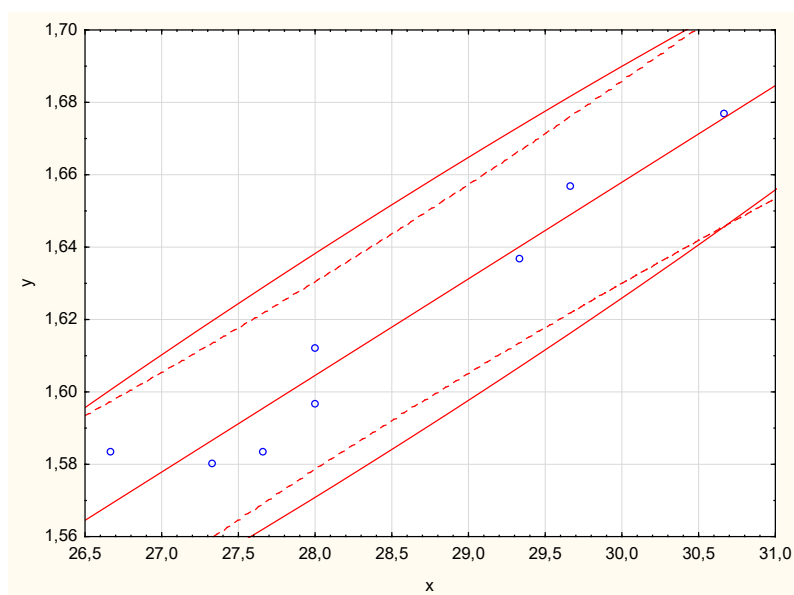


Рис. 3. Кореляційна залежність маси зерна з рослини від кількості бульбочкових бактерій на рослині під час фази цвітіння сої (ВВСН 69)

На основі отриманих даних виявлено сильну пряму залежність між досліджуваними факторами ($r = 0,96$). Було побудовано відповідне рівняння регресії:

$$y = 0,8571 + 0,0268 * x,$$

де: y – маса зерна з рослини сої, г/рослину;
 x – кількість бульбочкових бактерій на рослині, шт./рослину.

Коефіцієнт детермінації (r^2) – 0,94.

Висновки

Встановлено, що сорт Фаворит зійшов на 14-й день після сівби, а сорт Ментор – на 16-й день. Середня тривалість міжфазного періоду «сходи – бутонізація» (ВВСН 10–49) становила 20 днів для сорту Фаворит і 23 дні для сорту Ментор. Період «цвітіння – налив зерна» (ВВСН 70–79) тривав 27–29 днів, а міжфазний період «бутонізація – цвітіння» (ВВСН 51–69) тривав три дні незалежно від сорту. Період «налив зерна – повна стиглість» (ВВСН 80–99) тривав 24–26 днів.

На контрольних ділянках без протруєння та інокуляції насіння висота рослин у фазу бутонізації (ВВСН 59) становила $43,0 \pm 2,8$ см у сорту Фаворит та $43,4 \pm 3,0$ см у сорту Ментор. Застосування протруйника Бастіон без інокуляції спричинило незначне збільшення висоти рослин обох сортів – на 0,2 см.

У фазу цвітіння (ВВСН 69) площа листової поверхні на контрольних ділянках без обробки насіння становила 534,3 см²/рослину в сорту Фаворит і 537,0 см²/рослину в сорту Ментор. У результаті проведення інокуляції площа листової поверхні зростає до 535,3–537,0 см²/рослину. Використання протруйника Бастіон забезпечило площу листової поверхні 538,7 см²/рослину в сорту Фаворит і 536,3 см²/рослину в сорту Ментор. Комбіноване застосування протруйника й інокулянту дало показники 536,7 см²/рослину в сорту Фаворит і 537,0 см²/рослину в сорту Ментор.

Список використаної літератури

- Анішин Л.А., Жилкін В.О., Пономаренко С.П. Рекомендації із впровадження регуляторів росту рослин у сільськогосподарське виробництво. Київ : Високий урожай, 2000. 32 с.
- Бабич А.О. Світове виробництво зернобобових культур для вирішення проблеми білка і біологічного азоту. *Оптимізація агроландшафтів: раціональне використання, рекультивация, охорона* : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 2003 р. Дніпропетровськ, 2003. С. 8–12.
- Бабич А.О. Світові земельні, продовольчі і кормові культури : монографія. Київ : Аграр. наука, 1996. 570 с.
- Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ : Урожай, 1993. 429 с.
- Бабич А.О., Колісник С.І., Венедіктов О.М. Посів та захист сої від хвороб. *Пропозиція*. 2001. № 5. С. 40–42.
- Бахмат М.І., Бахмат О.М. Формування сортової врожайності сої в умовах Лісостепу Західного. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С. 138–144.
- Бахмат О.М., Бахмат М.І., Федорук І.В. Аграрна наука та освіта Поділля. *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції*, 14–16 березня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський, ПДАТУ. Тернопіль : Крок, 2017. Ч. 1. С. 59–62.
- Бахмат О.М., Чинчик О.С. Агротехнічні заходи при вирощуванні сої на насіння в умовах Поділля. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2010. Вип. 74. С. 159–164.
- Біологічний азот / В.П. Патики та ін. Київ : Світ, 2003. 424 с.
- Волкодав В.В., Андрущенко А.В., Пількевич А.В. Методика сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ : ДКУПВТОСР, 2000. 100 с.
- 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://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.7>
- Гуменюк І.І., Грузинський С.Ю., Бровко І.С., Чабанюк Я.В. Коренева система сої за дії *Bradyrhizobium japonicum*. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 138–143.
- Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті "Statistika-6" : методичні вказівки. Київ : Поліграф-Консалтинг, 2007. 55 с.
- Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Дія, 2005. 288 с.
- Каленська С.М., Новицька Н.В., Андрієць Д.В. Продуктивність як інтегральний показник застосування технологічних прийомів вирощування сої на чорноземах типових. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 74–78.
- Мостипан О.В., Грабовський М.Б. Вплив фунгіцидного захисту на формування фотосинтетичних показників посівів сої. *Агробіологія*. 2023. № 2. С. 50–59. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-183-2-50-59>
- Надкернична О.В., Ковалевські Т.М., Козар С.Ф. Особливості впливу деяких азотфіксуючих бактерій на розвиток рослин сої. *Корми і кормовиробництво*. 2001. Вип. 27. С. 112–114.
- Панасюк О.Я., Панасюк Р.М. Інокуляція насіння як основний чинник підвищення врожайності зерна сої та родючості ґрунту. *Актуальні проблеми агрохімії та ґрунтознавства* : матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 18–19 лютого 2016 р. Львів, 2016. С. 299–303.
- Савченко П.В., Кожушко Н.С. Методи визначення площі листової поверхні рослини. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. № 11(26). С. 191–195.
- Щербачук В.М., Панасюк Р.М., Панасюк О.В., Лихочвор В.В. Вплив удобрення на формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сої в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 60. С. 88–96.
- Meier U. Growth Stages of Mono and Dicotyledonous Plants. *BBCH Monograph, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry*. Bonn, 2001. 158 p.
- Mourtzinis S., Marburger D., Gaska J., Diallo Th., Lauer Joe G., Conley S. Corn, soybean, and wheat yield response to crop rotation, nitrogen rates, and foliar fungicide application. *Crop Science*. 2017. № 57. P. 983–992. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0876>

References

- Anishyn, L.A., Zhylykin, V.O., & Ponomarenko, S.P. (2000). Rekomendatsiyi z vprovadzhennya rehulyatoriv rostu roslyn u silskohospodarske vyrobnytstvo [Recommendations for the introduction of plant growth regulators into agricultural production]. Kyiv: *Vysokyy urozhay* [in Ukrainian].
- Babych, A.O. (1993). Suchasne vyrobnytstvo i vykorystannya soyi [Modern production and use of soybeans]. Kyiv: Urozhay [in Ukrainian].
- Babych, A.O. (1996). Svitovi zemelni, prodovolchi i kormovi kultury : monohrafiya [World land, food and fodder crops: monograph]. Kyiv: Ahrar. Nauka [in Ukrainian].
- Babych, A.O. (2003). Svitove vyrobnytstvo zernobobovykh kultur dlya vyrishennya problemy bilka i biolohichnoho azotu. Optyimizatsiya ahrolandshaftiv: ratsionalne vykorystannya, rekultyvatsiya, okhorona: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. [World production of leguminous crops to solve the problem of protein and biological nitrogen. Optimization of agricultural landscapes: rational use, reclamation, protection: materials of the international scientific and practical conference]. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
- Babych, A.O., Kolisnyk, S.I., & Venediktov, O.M. (2001). Posiv ta zakhyst soyi vid khvorob [Sowing and protection of soybeans from diseases]. *Propozytsiya* [Offer], 5, 40–42 [in Ukrainian].
- Bakhmat, M.I., & Bakhmat, O.M. (2012). Formuvannya sortovoyi vrozhaynosti soyi v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Formation of varietal yield of soybeans in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Feed and feed production], 73, 138–144 [in Ukrainian].
- Bakhmat, O., Bakhmat, M., & Fedoruk, I. (2017). Sortova produktyvnist zerna soyi v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Varietal productivity of soybean grain in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Zb. Naukovykh prats Mizhnar. nauk.-prakt. konf* [Collection of Scientific Papers of the International Scientific-Practical Conference]. [in Ukrainian].
- Bakhmat, O.M., & Chynchyk, O.S. (2010). Ahrotekhnichni zakhody pry vyroshchuvanni soyi na nasinniya v umovakh Podillya. *Zb. naukovykh prats Umanskoho nats. universytetu sadivnytstva* [Agrotechnical measures when growing soybeans for seeds in Podillia. Collection of Scientific Works of the Uman National University of Horticulture], 74, 159–164 [in Ukrainian].
- Volkodav, V.V., Andrushchenko, A.V., & Pilkevych, A.V. (2000). Metodyka sortovyprobuvannya s.-h. kultur [Methodology of variety testing of agricultural crops.]. Kyiv: *DKU PVTOSR* [in Ukrainian].
- Hrabovskiy, M.B., & Mostypan, O.V. (2023). Ekonomichna otsinka zastosuvannya funhitsydnogo i herbitsydnogo zakhystu sortiv soi riznykh hrup styhlosti [Economic evaluation of the use of fungicide and herbicide protection of soybean varieties of different maturity groups]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk* [Tavria Scientific Bulletin], 134, 45–53. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.7> [in Ukrainian]
- Ermantaut, E.R., & Prysyazhnyuk, O.I. (2007). Statystychnyy analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi “Statistika-6”: metod. vkazivky [Statistical analysis of agronomic research data in the package “Statistika-6”: method. instructions]. Kyiv: Polihraf konsaltnyh [Polygraph consulting]. [in Ukrainian].
- Humenyuk, I.I., Hruzinsky, C.Yu., Brovko, I.S., & Chabanyuk, Ya. (2018). Koreneva systema soyi za diyi Bradyrhizobium japonicum [The root system of soybean under the action of Bradyrhizobium japonicum]. *Ahroekolohichnyy zhurnal* [Agroecological Journal], 1, 138–143 [in Ukrainian].
- Kalenska, S.M., Novytska, N.V., & Andriyets, D.V. (2011). Produktyvnist yak intehralnyy pokaznyk zastosuvannya tekhnolohichnykh pryomiv vyroshchuvannya soyi na chornozemakh typovykh. [Productivity as an integral indicator of the application of technological methods of growing soybeans on typical chernozems.]. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Feed and feed production], 69, 74–78 [in Ukrainian].
- Mostypan, O.V., & Hrabovskiy, M.B. (2023). Vplyv funhitsydnogo zakhystu na formuvannya fotosyntetichnykh pokaznykiv posiv soyi [The influence of fungicide protection on the formation of photosynthetic indicators of soybean crops]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology], 2, 50–59. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-183-2-50-59> [in Ukrainian].
- Nadkernychna, O.V., Kovalevski, T.M., & Kozar, S.F. (2001) Osoblyvosti vplyvu deyakykh azot-fiksuyuchykh bakteriy na rozvytok roslyn soyi [Peculiarities of the influence of some nitrogen-fixing bacteria on the development of soybean plants]. *Kormy i kormovyrobnytstvo* [Feed and feed production], 27, 112–114 [in Ukrainian].
- Panasyuk, O.Ya., & Panasyuk, R.M. (2016). Inokulyatsiya nasinniya yak osnovnyy chynnyk pidvyshchennya vrozhaynosti zerna soyi ta rodyuchosti grunt. Aktualni problemy ahrokhimiya ta gruntoznastva: materialy mizhnar. nauk.-prakt. inter.-konf. [Seed inoculation as the main factor

in increasing soybean grain yield and soil fertility. Current problems of agrochemistry and soil science: materials of the international scientific-practical intern. conference]. Lviv. [in Ukrainian].

Patyka, V.P., Kots, S.Ya., Volkohon, V.V., & et al. (2003). Biologichnyy azot. [Biological nitrogen] Kyiv: Svit [in Ukrainian].

Savchenko, P.V., & Kozhushko, N.S. (2013). Metody vyznachennya ploshchi lystkovoyi poverkhni rosliny [Methods for determining the area of the leaf surface of a plant]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu [Bulletin of Sumy National University]*, 11(26), 191–195 [in Ukrainian].

Shcherbachuk, V.M., Panasyuk, R.M., Panasyuk, O.V., & Lykhochvor, V.V. (2016). Vplyv udobrennya na formuvannya fotosyntetychnoyi ta zernovoyi produktyvnosti soyi v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [The influence of fertilizer on the formation of photosynthetic and grain productivity of soybean in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynytstvo [Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]*, 60, 88–96 [in Ukrainian].

Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P., & Kostohryz, P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomiyi [Fundamentals of Scientific Research in Agronomy]. Kyiv: Diya [in Ukrainian].

Meier, U. (2001). Growth Stages of Mono and Dicotyledonous Plants. *BBCH Monograph, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry*. Bonn [in English].

Mourtzinis, S., Marburger, D., Gaska, J., Diallo, Th., Lauer, Joe, G., & Conley, S. (2017). Corn, soybean, and wheat yield response to crop rotation, nitrogen rates, and foliar fungicide application. *Crop Science*, 57, 983–992. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0876> [in English].

Отримано: 31.10.2025

Прийнято: 15.12.2025

Опубліковано: 30.12.2025

