

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ДІДУР ІГОР МИКОЛАЙОВИЧ



УДК [633.1+633.31/.37] : 631.5 (477.4) (292.485)

**НАУКОВІ ОСНОВИ БІОЛОГІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ  
ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ  
ПРАВОБЕРЕЖНОГО**

06.01.09 – рослинництво  
20 – Аграрні науки та продовольство

**РЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора сільськогосподарських наук

Кам'янець-Подільський – 2024

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано самостійно у Вінницькому національному аграрному університеті Міністерства освіти і науки України

**Офіційні опоненти:**

доктор сільськогосподарських наук, професор,  
академік НААН України

**Камінський Віктор Францевич,**

Національна академія аграрних наук України,

академік-секретар відділення землеробства, меліорації  
та механізації

доктор сільськогосподарських наук, професор  
член-кореспондент НААН України

**Лихочвор Володимир Володимирович,**

Львівський національний університет

природокористування, професор кафедри технологій у  
рослинництві

доктор сільськогосподарських наук, професор

**Бахмат Олег Миколайович,**

Заклад вищої освіти «Подільський державний  
університет», професор кафедри екології і  
загальнобіологічних дисциплін

Захист відбудеться «10» травня 2024 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 71.831.01 при Закладі вищої освіти «Подільський державний університет» за адресою: вул. Шевченка 13, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область, 32316

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» за адресою: вул. Шевченка 13, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область, 32316

Реферат розісланий «09» квітня 2024 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент



Віталій СТЕПАНЧЕНКО

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

У сучасних економічних умовах однією із найголовніших проблем агропромислового комплексу України є стабілізація та істотне збільшення виробництва зернобобових культур, які є основним джерелом збалансованого за амінокислотним складом рослинного білка.

Із зернобобових культур, за кількісним та якісним складом білка, провідне місце займають соя, горох, нут та сочевиця. Існуючі технології їх вирощування ґрунтуються на максимальному використанні факторів інтенсифікації, а саме, мінеральних добрив та пестицидів, частка яких у економічних та енергетичних витратах на вирощування врожаю складає біля 50-60% та чинить високе екологічне навантаження на екосистему.

Таким чином, в складних умовах сьогодення, при порушеній системі логістики, спостерігається гострий дефіцит та зростання цін на різні види енергоресурсів, у тому числі, і на мінеральні добрива. Вже відомо, що мінливість гідротермічних умов спонукає до пошуку альтернативних підходів щодо оптимізації існуючих та розробки нових моделей технологій вирощування зернобобових культур на основі широкого впровадження біологічних препаратів та біодобрив різного механізму дії.

**Актуальність теми.** Актуальність досліджень обумовлюється необхідністю розробки та обґрунтування біологізованих елементів технологій вирощування зернобобових культур, формуванню і забезпеченню їх сталого виробництва з урахуванням біологічних вимог рослин до дії гідротермічних умов регіону; потребою в модернізації окремих технологічних прийомів та оптимізації їх комплексної дії у технологічному циклі вирощування зернобобових культур. Розроблення на принципах біологізації технологій, впровадження яких забезпечило б стале виробництво високоякісного насіння сої та гороху в Лісостеповій зоні України із одночасним зниженням економічних та енергетичних витрат.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Наукові розробки, узагальнені в дисертаційній роботі, були складовою частиною тематичного плану Вінницького національного аграрного університету, їх проводили у відповідності до виконання науково-дослідних робіт за тематикою у період 2017-2021 рр.: «Удосконалення елементів технології вирощування зернових та зернобобових культур в умовах Лісостепу Правобережного» (державний реєстраційний номер 0117U004702), а також прикладного дослідження, що виконувалось у період 2020-2022 рр. за рахунок видатків загального фонду державного бюджету НДР: «Розробка методів удосконалення технології вирощування зернобобових культур з використанням біодобрив, бактеріальних препаратів, позакореневих підживлень та фізіологічно-активних речовин» (державний реєстраційний номер 0120U102034) та впровадження розроблених технологій у аграрне виробництво Лісостепу правобережного протягом 2022-2023 рр..

**Мета й завдання досліджень.** Головною метою роботи є теоретичне обґрунтування та розробка адаптивних технологій вирощування сої та гороху в умовах Лісостепу правобережного шляхом використання сучасних біологічних препаратів різного механізму дії.

*Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:*

- провести оцінку агроекологічного потенціалу регіону відносно продуктивності сої та гороху, враховуючи тенденції зміни основних гідротермічних характеристик;
- визначити ефективність використання біологічних препаратів та мікродобрив за обробки насіння та позакореневого підживлення на продуктивність сої та гороху;
- встановити закономірності та розкрити механізм дії біологічних препаратів на фізіологічні особливості формування й реалізації біологічного потенціалу продуктивності зернобобових культур;
- дослідити динаміку наростання надземної біомаси, листкової поверхні, інтенсивності процесу фотосинтезу в основні періоди вегетації сої та гороху;
- встановити вплив біологічних препаратів на діяльність симбіотичних систем рослин сої та гороху, а також на величину біологічно фіксованого азоту;
- змодельовати потенційний рівень врожайності зернобобових культур залежно від досліджуваних факторів та гідротермічних умов;
- провести енергетичне та економічне обґрунтування удосконалених моделей технологій вирощування сої та гороху на основі комплексного застосування біологізованих чинників.

*Об'єкт дослідження* – фізіологічні та біохімічні процеси формування й реалізації потенціалу продуктивності сої та гороху залежно від дії організованих факторів.

*Предмет досліджень* – перспективні сорти сої та гороху, показники урожайності та якості насіння; біодобриво; мікродобрива; бактеріальні препарати; ґрунт; моделі технологій вирощування зернобобових культур.

**Методи дослідження.** Теоретичною та методологічною основою досліджень є спеціальні та загальноприйняті методи та методики у агрономії. Гіпотези (для постановки проблематики досліджень), індукції і дедукції (аналіз та узагальнення результатів досліджень), аналогії (проведення порівняння між варіантами), узагальнення (висновки та пропозиції), закони логіки (синтез, аналіз та порівняння) та спеціальні: польовий в поєднанні із візуальним – для встановлення фенологічних змін процесів росту і розвитку рослин залежно від взаємодії об'єкта із досліджуваними та гідротермічними чинниками, ваговий – для визначення індивідуальної та насінневої продуктивності рослин, фізіологічний – для визначення показників фотосинтетичної та симбіотичної діяльності рослин сої та гороху, біохімічний – для визначення хімічного складу насіння. Для обробки і узагальнення експериментальних даних використовували розрахунковий, статистичний та порівняльно-обчислювальний методи: дисперсійний, кореляційний та регресійний аналізи. Для моделювання врожайності

досліджуваних зернобобових культур використовували спеціальне програмне забезпечення (Microsoft Excel, Statistica 10, Agrostat New (2013)).

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у теоретичному обґрунтуванні принципів біологізації технологій вирощування сої і гороху з урахуванням біологічних вимог рослини до дії кліматичних факторів, погодних умов регіону, технологічних факторів і встановленні залежностей проходження процесів росту, розвитку та формування максимальних рівнів урожайності насіння від впливу сучасних біологічних препаратів різного механізму дії та норм мінеральних добрив. Обґрунтовано вплив організованих факторів на формування фотосинтетичної та симбіотичної діяльності сої та гороху залежно від умов довкілля та біологічних препаратів. Встановлено позитивний вплив досліджуваних чинників на збільшення величини показників урожайності насіння зернобобових культур. Обґрунтовано доцільність використання біодобрив для трансформації важкодоступних форм фосфору та калію у легкодоступні для рослин сої та гороху.

*Уперше для умов Лісостепу України:*

- обґрунтовано принципи біологізації технологій вирощування сої та гороху, формування й функціонування зони їх сталого виробництва з врахуванням біологічних вимог сортів зернобобових культур до змін клімату;
- встановлено, вплив досліджуваних факторів на тривалість вегетаційного періоду, морфобіологічну структуру рослин, фотосинтетичний та симбіотичний потенціал зернобобових культур;
- описано тісноту зв'язків та залежності між основними показниками, що характеризують рівень урожайності і якості насіння зернобобових культур;
- обґрунтовано фізіологічні особливості формування та реалізації генетичного потенціалу показників урожайності насіння сої та гороху за їх вирощування на сірому лісовому ґрунті залежно від дії екологічних та організованих факторів, а саме: при застосуванні позакореневих підживлень посівів сучасними біологічними препаратами Біокомплекс БТУ, Гуміфренд, Хелпрост соя.

*Удосконалено:*

- систему мінерального живлення сої та гороху на основі узагальнення результатів багаторічних досліджень, проведених у різні за гідротермічними умовами роки вирощування;
- технологію вирощування сої та гороху, шляхом використання біологічних та мікоризних препаратів різного механізму дії і біодобрива для трансформації важкодоступних форм макроелементів у легкодоступні для рослин.

*Набули подальшого розвитку:*

- наукові положення щодо особливостей проходження процесів росту, розвитку, формування продуктивності сої та гороху залежно від гідротермічних ресурсів регіону та факторів, що були поставлені на дослідження;
- теоретичні положення щодо необхідності біологізації технологій вирощування сої та гороху з використанням біо- та мікоризних препаратів та

біодобрива для трансформації важкодоступних форм макроелементів фосфору та калію;

- набуло подальшого розвитку уявлення щодо проходження процесів фотосинтезу та біологічної фіксації азоту за комплексного використання біологічних препаратів у технології вирощування сої та гороху.

**Практичне значення одержаних результатів.** Наукові положення, практичні аспекти, висновки та пропозиції, які відображенні у дисертаційній роботі, направлені на оптимізацію процесів, пов'язаних із формуванням продуктивності сої та гороху в зоні Лісостепу правобережного, зокрема за рахунок зниження використання матеріальних та енергетичних ресурсів на формування одиниці врожаю. Розроблено й рекомендовано виробництву нові та удосконалено існуючі технології вирощування сої та гороху з обґрунтуванням оптимізації систем удобрення на основі використання сучасних біологічних форм мікоризоутворюючих препаратів та біодобрив.

Розроблені моделі технологій вирощування сої і гороху впроваджено у агроформуваннях Вінницької області. Виробничу перевірку результатів досліджень було пройдено впродовж 2022 – 2023 рр. на площі близько 1000 га в наукових установах та агроформуваннях Вінницької області, а саме: Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур та цукрових буряків НААН України, ТОВ «Кусто Агро Фармінг», ФГ «Куманівецьке», ФГ «Агро-Сад», ТОВ «Ольга», в яких було підтверджено, зроблені нами раніше висновки щодо високої ефективності оптимізації системи живлення сої і гороху на основі широкого використання біологічних факторів інтенсифікації.

Матеріали дисертаційної роботи були включені до монографій і навчальних посібників за профілем агрономія та впроваджено у освітній процес факультету агрономії, садівництва та захисту рослин ННІ агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету. Розробки дисертанта використано при підготовці та проведенні лекційних і практичних занять з навчальних дисциплін «Рослинництво», «Інноваційні технології у рослинництві», «Агрохімія», «Системи сучасних інтенсивних технологій».

**Особистий внесок здобувача** полягає у теоретичному аналізі проблематики та формуванні концепції, завдань і цілей програми досліджень, плануванні польових дослідів, їх постановці та виконанні завдань, узагальненні результатів, підбору методів статистичної обробки даних та оцінки результатів експериментів, формулюванні висновки та сучасних рекомендацій для науки і виробництва. Публікації за темою дисертації виконано самостійно та у співавторстві. Частка особистого внеску в опублікованих у співавторстві працях складається із методичного обґрунтування, виконання польових досліджень, узагальнення результатів та підготовки експериментальних матеріалів до друку.

#### **Апробація результатів дисертації.**

Результати досліджень дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на засіданнях кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету та значній кількості конференцій, а саме, на

Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації сучасної агрономії», 30-31 травня 2019 р. Вінниця; на Міжнародній науково-практичній конференції «Використання інноваційних технологій в агрономії», 3-4 червня 2020 р. Вінниця; на VI Міжнародній науково-практичній конференції «*About the problems of science and practice, tasks and ways to solve them*», 26-30 жовтня 2020 р., Мілан, Італія; на Науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і фахівців у сфері захисту і карантину рослин «*Сучасні аспекти вирішення проблем у захисті і карантині рослин*», 25 лютого 2021 р. Житомир; на XIV Міжнародній науковій конференції «*Корми і кормовий білок*», 12 жовтня 2022 р. Вінниця; на V Міжнародній науково-практичній конференції «*Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових досліджень у виробництво*», 19-21 жовтня 2022 р. Миколаїв; на V Міжнародній науково-практичній конференції «*Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*», 15 листопада 2022 р. Київ; на Всеукраїнській науково-практичній конференції «*Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку*», 24-25 травня 2023 р. Вінниця. Апробацію матеріалів також висвітлено у співавторстві у ряду монографій. За результатами досліджень одержано авторське свідоцтво на науковий твір та патенти України.

**Публікації.** Матеріали дисертації висвітлено у 38 публікаціях, в тому числі – у 6 наукових статтях, що індексуються у наукометричних базах Scopus і Web of Science, 20 статей у наукових фахових виданнях України, 3 – у монографіях у співавторстві, 1 у авторському свідоцтві, 8 у тезах та матеріалах доповідей.

**Об'єм і структура роботи.** Дисертаційну роботу викладено на 377 сторінках тексту комп'ютерного набору. Вона складається з анотації, вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних літературних джерел та додатків. Робота містить 51 таблицю, 24 рисунки, 28 формул. Список використаних літературних джерел включає 493 найменування, зокрема – 128 латиницею.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

### **НАУКОВІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО**

У розділі проаналізовано значення, сучасний стан та напрямки інтенсифікації виробництва зернобобових культур в умовах Лісостепу правобережного. Узагальнено вимоги до агрокліматичних ресурсів при вирощуванні сої та інших зернобобових культур в умовах змін клімату, наведено результати досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів, щодо особливостей формування їх продуктивності, урожайності та якості насіння залежно від сортової специфіки, впливу мінерального удобрення, передпосівного оброблення насіння та позакореневого підживлення біологічними препаратами різного механізму дії. На основі проведеного детального аналізу джерел наукової літератури обґрунтовано важливе народно-господарське значення зернобобових культур у рослинництві та доцільність проведення досліджень за темою дисертаційної роботи.

## ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальну частину дисертаційної роботи виконано впродовж 2017–2021 рр. в умовах науково-дослідного господарства «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету, що розташоване у с. Агрономічне Вінницького району Вінницької області. Рельєф дослідного поля – рівний, тип ґрунту – сірі лісові, гранулометричний склад – середньо-суглинкові, структура – грудочкувата, щільність – 1,35 – 1,4 г/см<sup>3</sup>, глибина орного шару ґрунту – 30 см. За морфологічними ознаками, фізичними та фізико-хімічними показниками вони є типовими для Лісостепу правобережного.

За даними еколого-агрохімічного обстеження орний шар ґрунту має такі фізико-хімічні показники: вміст гумусу (за Тюрнімом) становить 1,97 – 2,25 %, легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) 65 – 67 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію (за Чириковим) відповідно 140 – 150 і 85 – 90 мг на 1 кг ґрунту, рН сольової витяжки 5,5 – 5,9. Гідролітична кислотність – 2,90 – 3,31 мг-екв на 100 г ґрунту.

Аналіз гідротермічних умов проводили на основі метеорологічних даних Вінницького обласного центру гідрометеорології. Гідротермічні умови за роки досліджень були сприятливими для росту і розвитку рослин, проте, в окремі роки спостерігались суттєві відхилення від багаторічних показників, що у свою чергу відобразилось на продуктивності зернобобових культур.

Загалом було проведено три польових дослідів. Окремо проведено науково-виробничі дослідження по апробації розроблених моделей технологій вирощування сої і гороху.

**Дослід 1. «Вплив передпосівної обробки насіння бактеріальними препаратами та позакореневого підживлення на формування продуктивності сої»**, проведено впродовж 2017-2021 рр. Повторність у досліді чотирьохразова. Розміщення варіантів – систематичне. Площа облікової ділянки – 25 м<sup>2</sup>, загальної – 40 м<sup>2</sup>. Факторіальна схема дослідів 4:4=16 варіантів.

Схема дослідів включала наступні фактори:

**Фактор А – обробка насіння:** 1. Без обробки; 2. Біоінокулянт БТУ (2 л/т); 3. Різолан (2 л/т) + Різосейв (2 л/т); 4. Андеріз (1,5 л/т).

**Фактор В – позакореневе підживлення:** 1. Без підживлення (Контроль); 2. Біокомплекс БТУ (1,0 л/га); 3. Гуміфренд (1,0 л/га); 4. Хелпрост соя (2,5 л/га).

**Дослід 2. «Вплив сумісного використання мінеральних добрив, біодобрив та мікорізо-утворюючого препарату на продуктивність сої»**, проведено впродовж 2017-2021 рр. Повторність у досліді чотирьохразова. Розміщення варіантів – систематичне. Площа облікової ділянки – 25 м<sup>2</sup>, загальної – 40 м<sup>2</sup>. Факторіальна схема дослідів 5:2=10 варіантів.

Схема дослідів включала наступні фактори:

**Фактор А – норми добрив:** 1. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 2. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + Граундфікс (3 л/га); 3. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + Граундфікс (5 л/га); 4. N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> + Граундфікс (3 л/га); 5. N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> + Граундфікс (5 л/га);

*Фактор В – обробка насіння:* 1. Без обробки; 2. Мікофренд (1,5 л/т).

**Дослід 3. «Вплив оптимізації системи мінерального живлення на продуктивність сортів гороху»**, проведено впродовж 2019-2021 рр. Повторність у досліді чотирьохразова. Розміщення варіантів – систематичне. Площа облікової ділянки – 25 м<sup>2</sup>, загальної – 40 м<sup>2</sup>. Факторіальна схема досліді 2:4=8 варіантів.

Схема досліді включала наступні фактори:

*Фактор А – сорти:* 1. Девіз; 2. Царевич;

*Фактор В – Системи удобрення:* 1. N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (фон); 2. Фон + Андеріз (2,0 л/т); 3. Фон+Андеріз (2,0 л/т) + Мікофренд (1,5 л/т); 4. Фон + Андеріз (2,0 л/т) + Мікофренд (1,5 л/т) + Гуміфренд (1,0 л/га);

Технологія вирощування сої включала всі базові елементи рекомендовані для зони Лісостепу правобережного. Гербіцидний контроль передбачав застосування Харнесу (д.р. 900 г/л ацетохлор) 2,5 л/га до появи сходів та Базаграну (д.р. 480 г/л бентазон) 2,0 л/га у фазу 3 трійчастого листка.

Попередник у всіх дослідіх пшениця озима. Основний обробіток ґрунту проводився після збирання попередника і передбачав дискування на глибину 8-10 см та полицевий обробіток на глибину 23–25 см. Навесні проводили передпосівний обробіток ґрунту, який передбачав культивуацію на глибину загортання насіння. Під передпосівний обробіток ґрунту вносили мінеральні добрива у вигляді нітроамофоски в нормі відповідно до варіантів досліді, а також проводилось внесення біологічних препаратів і обробка насіння відповідно до схем дослідів. Позакореневі підживлення проводили препаратами, що передбачено схемами досліді у фазі 3-го трійчастого листка (ВВСН 13) та бутонізації (ВВСН 51).

Сівбу сої проводили у третій декаді квітня широкорядним (45 см) способом, норма висіву 650 тис. схожих насінин на 1 гектар з глибиною загортання насіння – 4-5 см.

Сівбу гороху здійснювали звичайним рядковим способом у другій декаді квітня в добре прогрійтий ґрунт на глибину 4-5 см, норма висіву – 1,3 млн. схожих насінин на 1 гектар.

Дослідження за темою дисертаційної роботи проводили згідно загальноприйнятих методик. Фенологічні спостереження проводили відповідно до «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (2001 р.). Площу листової поверхні рослин, фотосинтетичний потенціал посівів та симбіотичну продуктивність рослин сої визначали згідно ДСТУ та за допомогою методик А.А. Ничипоровича (1961 р.) та Г.С. Посипанова (1993 р.).

Визначення хімічного складу насіння сортів сої та гороху проводили у сертифікованій лабораторії моніторингу якості, безпеки кормів і сировини Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. Хімічні аналізи проводили за наступними методиками і стандартами: вміст у насінні загального азоту і сирого протеїну - за методикою К'ельдаля (ДСТУ ISO 5983 – 2003); сирого клітковини – за методикою Ганнеберга – Штомана (ДСТУ ISO 6865:2004); сирого жиру – методом знежиреного залишку на приладі Сокслета (ДСТУ ISO 6492 – 2003); сирого золи – методом сухого озолення (ДСТУ ISO 5984:2004); БЕР

(безазотисті екстрактивні речовини) визначали розрахунковим методом.

Математичну обробку одержаних результатів досліджень виконано методом дисперсійного аналізу згідно «Основи наукових досліджень в агрономії» (2005 р.) за допомогою пакетів програм на ПЕОМ (Excel, Statistica 10, Agrostat (2013 р.)).

Енергетичну оцінку технологій вирощування сої та гороху проводили згідно методики О. К. Медведовського та П. І. Іваненка (1988 р.); економічну оцінку технологій вирощування проводили на основі складених технологічних карт використовуючи існуючі параметри нормативних витрат на виробництво сільськогосподарської продукції.

### **ВПЛИВ ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ**

Встановлено, що при наявності сприятливих гідротермічних умов рослини сої розвивались оптимально, а тривалість періоду вегетації відповідала групі стиглості досліджуваного сорту, однак в умовах посушливих років його тривалість змінювалася.

Аналіз тривалості міжфазних періодів у розрізі варіантів досліду показав, що період від сівби до повних сходів на контрольному варіанті тривав – 16 діб, а на варіанті досліду, де проводили передпосівну інокуляцію насіння препаратом Біоінокулянт БТУ сходи з'явилися на 2 доби раніше, ніж на контролі. При обробці насіння препаратами Андеріз або композицією Різолاین + Різосейв сходи з'являлись на 1 добу раніше в порівнянні з контролем.

Період від сходів до формування третього трійчастого листка, у середньому за роки досліджень, тривав на контролі 23 доби, на варіантах, де проводили передпосівну інокуляцію насіння препаратом Біоінокулянт БТУ 21 добу, а за обробки інокулянтами Андеріз та Різолاین + Різосейв, відповідно, 22 доби.

Відомо, що критичним періодом щодо забезпечення вологою для рослин сої є період цвітіння. За роки наших досліджень даний період характеризувався підвищеним температурним режимом та різною кількістю опадів. Так, у 2017 р. показники ГТК за даний період становили 0,55, у 2018 – 0,91, у 2019 – 0,65 та у 2020 і 2021 роках, відповідно 0,41 і 0,73. Відмічено, що позакореневі підживлення рослин сої, які проводили у фазу третього трійчастого листка та повного цвітіння мали позитивний вплив на тривалість генеративного періоду та подовжували його.

Починаючи від фази цвітіння рослини сої інтенсивніше реагували на досліджувані фактори. На варіантах, де проводили позакореневе підживлення орано-мінеральним добривом Хелпрост Соя (2,5 л/га) на фоні інокуляції препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) період цвітіння тривав –  $28 \pm 3,6$  діб, що на 3 доби більше порівняно з ділянками, де позакореневе підживлення не проводили та на 6 діб – порівняно з контролем. Аналогічна залежність була зафіксована і на фоні інших досліджуваних інокулянтів.

В середньому за роки проведення досліджень тривалість періоду вегетації сої коливалась від 110 до 118 діб, при цьому найдовшим періодом вегетації зафіксований на варіантах дослідів, де проводили інокуляцію насіння препаратом Біоінокулянт БТУ та проводили два позакореневі підживлення у фази 3 – й трійчастий листок та бутонізації Хелпрост соя. На варіантах дослідів, де проводили лише передпосівну інокуляцію насіння, вегетація рослин тривала 112-113 діб, в той час, як на контрольному варіанті тривалість вегетаційного періоду сої становила відповідно 110 діб.

На період повних сходів густина рослин сої знаходилась у межах від  $560 \pm 16,3$  до  $594 \pm 23,9$  тис./га, при цьому її польова схожість становила, відповідно,  $86,2 \pm 2,5$  –  $91,3 \pm 3,7$  % (табл. 1).

**Таблиця 1 – Вплив інокуляції насіння та позакорневих підживлень на польову схожість та збереження рослин сої, (середнє за 2017–2021 рр.),  $M \pm m$ \***

Обробка насіння	Позакореневе підживлення	Густина стояння рослин, тис./га		Польова схожість, %	Коефіцієнт збереження рослин, % до кількості сходів
		Повні сходи	Повна стиглість		
Без обробки	Без підживлення (К)	$560 \pm 16,3$	$488 \pm 28,3$	$86,2 \pm 2,5$	$87,1 \pm 2,6$
	Біокомплекс БТУ	$563 \pm 20,2$	$508 \pm 29,8$	$86,6 \pm 3,1$	$90,1 \pm 2,2$
	Гуміфренд	$567 \pm 18,2$	$499 \pm 28,6$	$87,3 \pm 2,8$	$87,8 \pm 2,3$
	Хелпрост соя	$569 \pm 17,8$	$517 \pm 26,2$	$87,5 \pm 2,7$	$90,8 \pm 2,1$
Біо-інокулянт БТУ	Без підживлення (К)	$588 \pm 22,8$	$524 \pm 30,9$	$90,5 \pm 3,5$	$89,1 \pm 2,0$
	Біокомплекс БТУ	$589 \pm 23,8$	$542 \pm 36,8$	$90,6 \pm 3,7$	$92,0 \pm 2,6$
	Гуміфренд	$587 \pm 25,7$	$530 \pm 37,1$	$90,3 \pm 4,0$	$90,2 \pm 2,4$
	Хелпрост соя	$591 \pm 21,2$	$552 \pm 34,5$	$91,0 \pm 3,3$	$93,2 \pm 2,8$
Різолайн + Різосейв	Без підживлення (К)	$583 \pm 22,2$	$514 \pm 30,4$	$89,7 \pm 3,4$	$88,2 \pm 2,1$
	Біокомплекс БТУ	$587 \pm 21,4$	$534 \pm 30,3$	$90,3 \pm 3,3$	$90,8 \pm 2,1$
	Гуміфренд	$591 \pm 24,0$	$522 \pm 29,1$	$90,9 \pm 3,7$	$88,4 \pm 1,8$
	Хелпрост соя	$594 \pm 23,9$	$543 \pm 31,1$	$91,3 \pm 3,7$	$91,3 \pm 2,0$
Андеріс	Без підживлення (К)	$581 \pm 18,9$	$518 \pm 30,0$	$89,4 \pm 2,9$	$89,1 \pm 2,3$
	Біокомплекс БТУ	$583 \pm 23,3$	$537 \pm 31,0$	$89,8 \pm 3,6$	$92,0 \pm 1,8$
	Гуміфренд	$588 \pm 25,4$	$527 \pm 30,8$	$90,4 \pm 3,9$	$89,7 \pm 1,5$
	Хелпрост соя	$593 \pm 21,3$	$545 \pm 32,3$	$91,2 \pm 3,3$	$91,8 \pm 2,2$
<i>Коефіцієнт варіації V, %</i>		<i>1,9</i>	<i>3,3</i>	<i>1,9</i>	<i>1,9</i>
<i>Відносна похибка Sx %</i>		<i>0,5</i>	<i>0,8</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>

**Примітка:** \* $M \pm m$  – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5 %-му рівні значущості.

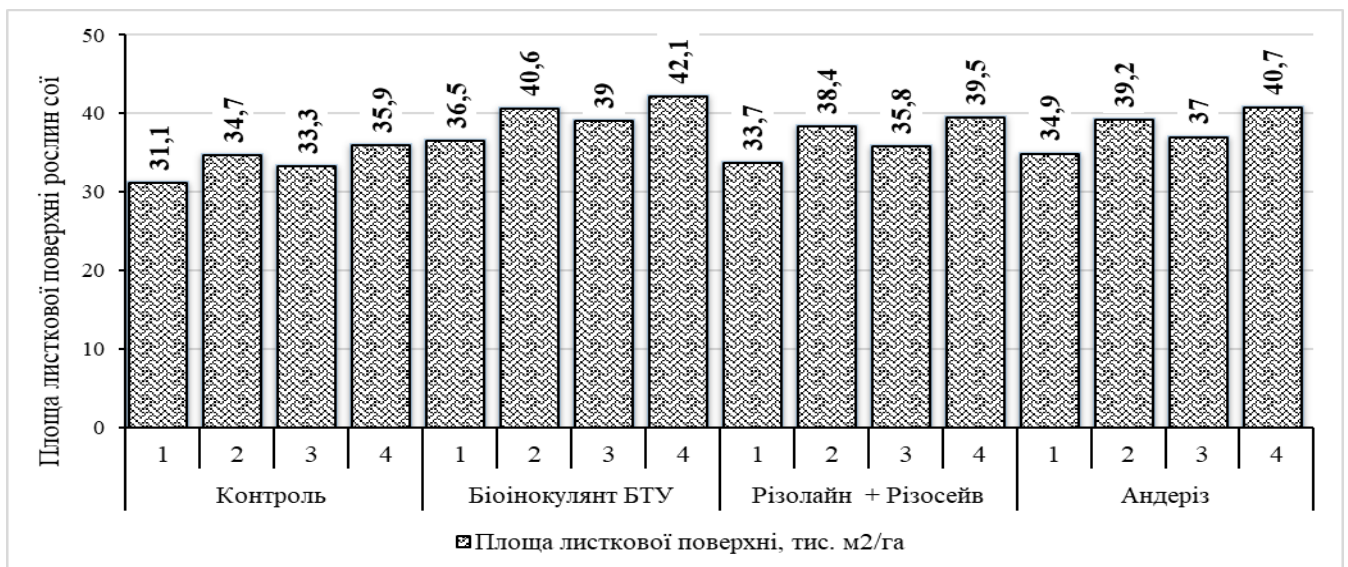
На варіантах дослідів без інокуляції густина рослин на час повної стиглості знаходилась від  $488 \pm 28,3$  до  $517 \pm 26,2$  тис./га. залежно від позакорневих підживлень. На варіантах, де була проведена передпосівна бактеризація насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т), у фітоценозі збереглося, залежно від позакореневого підживлення, на 6,7 – 7,3 % ( $524 \pm 30,9$  –  $552 \pm 34,5$  тис./га.) більше рослин порівняно з контролем, а при використанні препаратів Різолайн

(2 л/т)+Різосейв (2 л/т) та Андеріз (1,5 л/т), відповідно, на 5,0 – 5,3 % (514±30,4 – 543±31,1 тис./га.) та 5,4 – 6,1 % (518±30,0 – 545±32,3 тис./га.).

Позакореневі підживлення біопрепаратом Біокомплекс БТУ (1 л/га), комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1 л/га) та органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га) суттєво підвищували коефіцієнт збереження рослин від повних сходів до повної стиглості. Так, на варіантах з позакореневим підживленням Біокомплексом БТУ густота рослин на момент повної стиглості становила від 508±29,8 до 542±36,8 тис./га., залежно від інокуляції насіння, що на 18-20 тис./га. перевищувало варіанти без підживлення, коефіцієнт збереження рослин при цьому становив 90,1±2,2 – 92,0±2,6 %. Деяко нижчий показник збереженості рослин отримали за використання добрива на основі гумату калію Гуміфренд. При цьому густота рослин коливалась у межах 499±28,6 – 530±37,1 тис./га., що на 6-11 тис./га. більше контролю, коефіцієнт збереження рослин становив 87,8±2,3 – 90,2±2,4 %.

Найбільш ефективним виявилось проведення позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га). На даних варіантах густота рослин на час повної стиглості знаходилася у межах від 517±26,2 до 552±34,5 тис./га., що перевищувало контроль на 27-29 тис./га., а коефіцієнт збереження на даних варіантах становив 90,8±2,1 – 93,2±2,8 %.

Основним джерелом синтезу і нагромадження рослинами сухої речовини у результаті складних біохімічних процесів, які відбуваються з використанням сонячного світла і вуглекислого газу є процес фотосинтезу, інтенсивність якого безпосередньо залежить від площі листової поверхні посіву (Рис. 1).



**Примітка:** 1. без підживлення (контроль); 2. Біокомплекс БТУ (1 л/га); 3. Гуміфренд (1 л/га); 4. Хелпрост соя (2,5 л/га).

**Рис. 1 – Площа листової поверхні рослин сої залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень у фазу кінець цвітіння, (середнє за 2017-2021 рр.), тис. м<sup>2</sup>/га.**

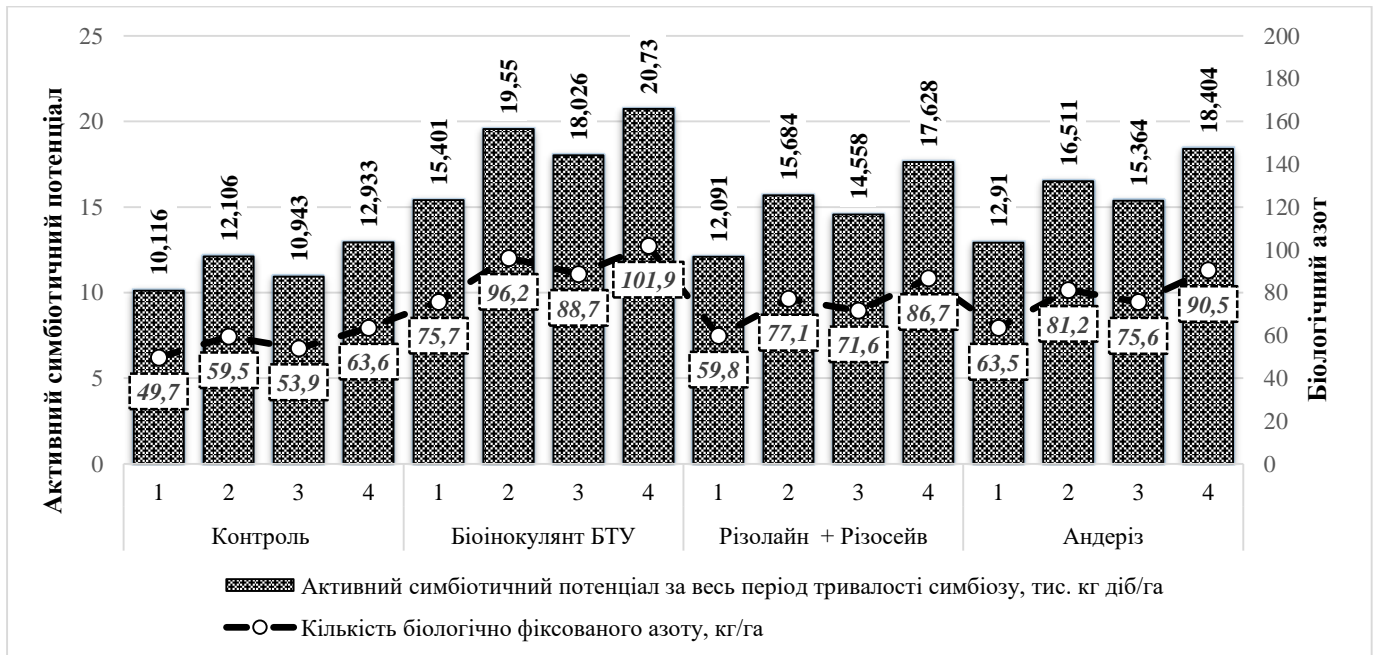
Найменша площа листової поверхні формувалась на контролі дослідів і становила 31,1±5,3 тис. м<sup>2</sup>/га. На варіантах дослідів, де проводили інокуляцію

насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т), площа листової поверхні рослин сої зростала на 5,4 тис. м<sup>2</sup>/га, і складала 36,5±6,6 тис. м<sup>2</sup>/га. Використання препарату Різолан (2 л/т) із протектором Різосейв (2 л/т) забезпечило зростання площі листової поверхні до 33,7±6,0 тис. м<sup>2</sup>/га, що більше на 2,6 тис. м<sup>2</sup>/га при порівнянні з контролем. На варіанті із проведенням інокуляції препаратом Андеріз (1,5 л/т) площа листової поверхні збільшилась до 34,9±6,7 тис. м<sup>2</sup>/га, що на 3,8 тис. м<sup>2</sup>/га перевищувало контроль без інокуляції. Таким чином, встановлено залежність позитивного впливу організованих факторів на формування фотосинтетичних показників у рослин сої.

Виявлено позитивний вплив біологізації системи удобрення на кількість і масу бульбочок на корінні рослин упродовж вегетації та показників активного симбіотичного потенціалу порівняно з контрольним варіантом.

Передпосівна обробка насіння біологічними препаратами сприяла інтенсивнішому заселенню коренів рослин сої симбіотичними бактеріями, і як наслідок, формуванню більшої кількості бульбочок та підвищенню їх потенційної маси, внаслідок чого зростала і величина активного симбіотичного потенціалу.

Таким чином, за весь період тривалості симбіозу обробка насіння препаратами Різолан (2 л/т) + Різосейв (2 л/т) та Андеріз (1,5 л/т) забезпечила зростання показників ЗСП та АСП, відповідно, на 2,466-3,280 тис. кг діб /га та 1,975-2,794 тис. кг діб /га, порівняно із контролем без інокуляції. Передпосівна обробка насіння інокулянт БТУ (2 л/га) виявилась більш продуктивною. При цьому зростання рівня загального симбіотичного потенціалу порівняно із контрольним варіантом становила 7,118 тис. кг·діб/га, а активного – 5,285 тис. кг·діб/га (Рис. 2).



**Примітка:** 1. без підживлення (контроль); 2. Біокомплекс БТУ (1 л/га); 3. Гуміфренд(1 л/га); 4. Хелпрост соя (2,5 л/га).

**Рис. 2 – Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на формування активного симбіотичного потенціалу та рівень біологічної фіксації азоту рослинами сої, (середнє за 2017–2021 рр.)**

Відзначено позитивний вплив на формування активного симбіотичного потенціалу позакореневих підживлень. Використання препарату Біокомплекс БТУ (1,0 л/га) забезпечило зростання АСП залежно від передпосівної інокуляції насіння, на 1,990-4,149 тис. кг діб /га. Дещо менша ефективність відмічена при використанні Гуміфренду (1,0 л/га), при цьому підвищення АСП порівняно до контролю становило 0,827-2,625 тис. кг діб /га. Проведення позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га) підвищувало даний показник на 2,817-5,537 тис. кг діб /га.

Отже, найкращі умови для максимальної реалізації симбіотичного потенціалу рослин сої створювались на варіантах дослідів, у якому поєднували передпосівну обробку насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) та позакореневі підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га). При цьому значення АСП становило 20,730 тис. кг діб /га, а кількість біологічно фіксованого азоту в ґрунті – 101,9 кг/г, що на 52,2 кг/га більше контролю.

Биометричні дослідження засвідчили, що найбільша кількість бобів насіння на одній рослині 28,8 шт., кількість насінин на одній рослині 51,7 шт., маса насіння з однієї рослини 8,19 г. та маса 1000 насінин 157,5 г формувались на варіантах, де проводили передпосівну обробку насіння Біоінокулянтом БТУ (2 л/т) та проводили два позакореневі підживлення Хелпрост соя (2,5 л/га).

Величина урожайності насіння сої у значній мірі залежала від гідротермічних умов років досліджень та організованих чинників, а саме передпосівної інокуляції насіння та позакореневих підживлень. Так, у середньому за 2017 – 2021 рр. урожайність насіння формувалась у межах від 2,47 до 3,31 т/га (табл. 2).

Серед досліджуваних інокулянтів, найбільш ефективним виявилось використання препарату Біоінокулянт БТУ (2 л/т). При цьому урожайність насіння сої становила 2,81 т/га, що на 0,34 т/га (13,7 %) більше порівняно з варіантом без передпосівної обробки насіння. На варіантах, де використовували інокулянти Різолан (2 л/т) + Різосейв (2 л/т) та Андеріз (1,5 л/т) урожайність насіння становила, відповідно, 2,68 т/га і 2,70 т/га, що на 0,21 т/га (7,6 %) і 0,23 т/га (9,3 %) більше контролю без інокуляції.

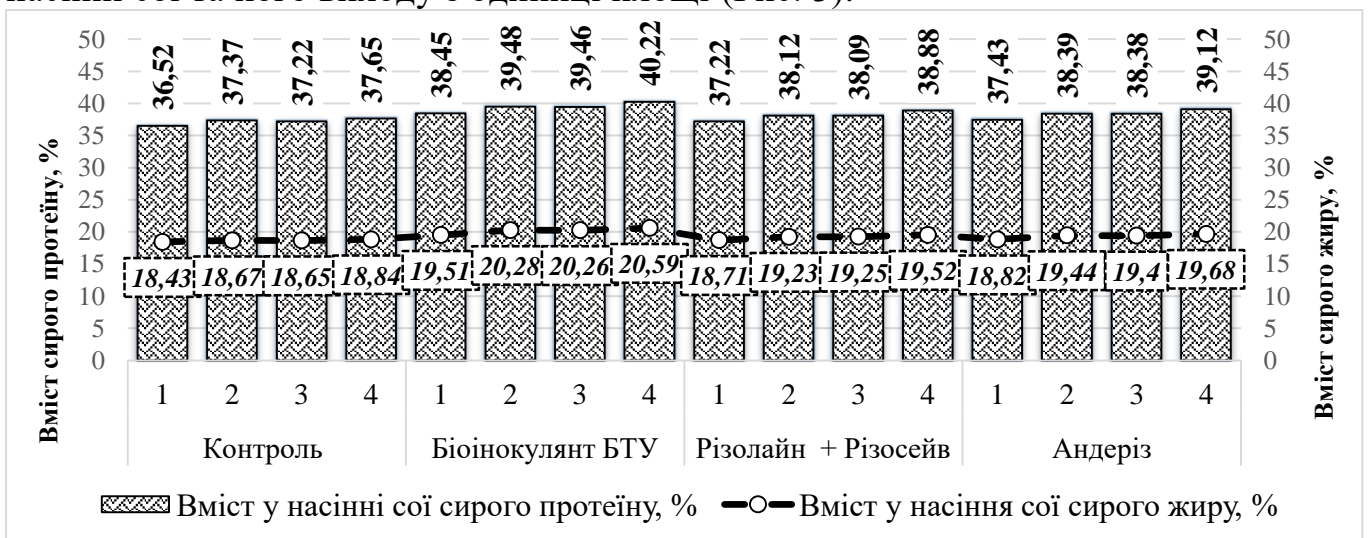
Позакореневе підживлення препаратом Біокомплекс БТУ (1,0 л/га) забезпечило прибавку урожайності насіння до контролю 0,27-0,38 т/га (10,9-13,5 %), на варіантах з використанням Гуміфренду (1,0 л/га) та Хелпрост соя (2,5 л/га) прибавки становили, відповідно, 0,19-0,26 т/га (7,7-9,3 %) і 0,33-0,50 т/га (13,4-17,8 %).

Максимальна урожайність насіння сої 3,31 т/га формувалася на варіантах, де перед сівбою насіння сої обробляли інокулянтом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) та проводили два позакореневі підживлення у фазі 3- го трійчастого листка та бутонізації органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га), що на 0,84 т/га (34,0 %) більше порівняно з контрольним варіантом.

**Таблиця 2 – Урожайність насіння сої залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення, т/га**

Обробка насіння	Позакоренеve підживлення	Роки досліджень					Середнє за 2017-2021 рр.
		2017	2018	2019	2020	2021	
Без обробки	Без підживлення (К)	2,12	3,01	2,60	1,83	2,78	2,47
	Біокомплекс БТУ	2,27	3,34	2,89	2,03	3,16	2,74
	Гуміфренд	2,20	3,28	2,78	1,98	3,07	2,66
	Хелпрост соя	2,31	3,42	2,90	2,16	3,23	2,80
Біо-інокулянт БТУ	Без підживлення (К)	2,42	3,51	3,07	2,01	3,05	2,81
	Біокомплекс БТУ	2,73	3,95	3,46	2,28	3,54	3,19
	Гуміфренд	2,64	3,82	3,32	2,16	3,43	3,07
	Хелпрост соя	2,84	4,11	3,55	2,42	3,61	3,31
Різолайн + Різосейв	Без підживлення (К)	2,26	3,32	2,87	1,93	3,01	2,68
	Біокомплекс БТУ	2,50	3,69	3,19	2,19	3,26	2,97
	Гуміфренд	2,32	3,47	3,08	2,03	3,13	2,81
	Хелпрост соя	2,63	3,86	3,24	2,26	3,34	3,07
Андерізі	Без підживлення (К)	2,32	3,31	2,86	1,95	3,05	2,70
	Біокомплекс БТУ	2,61	3,79	3,26	2,22	3,34	3,04
	Гуміфренд	2,56	3,68	3,20	2,07	3,21	2,94
	Хелпрост соя	2,70	3,92	3,39	2,32	3,49	3,16
<i>Середнє по варіантах</i>		2,46	3,59	3,10	2,12	3,23	2,90
НІР 0,5, т/га	<i>по фактору А</i>	0,055	0,073	0,086	0,064	0,076	-
	<i>по фактору В</i>	0,055	0,073	0,086	0,064	0,076	-
	<i>взаємодія АВ</i>	0,110	0,147	0,172	0,128	0,153	-

Поряд із позитивним впливом на рівень урожайності досліджувані фактори сприяли зростанню вмісту сирого протеїну та сирого жиру протеїну у насінні сої та його виходу з одиниці площі (Рис. 3).



**Примітка:** 1. без підживлення (контроль); 2. Біокомплекс БТУ (1 л/га); 3. Гуміфренд(1 л/га); 4. Хелпрост соя (2,5 л/га).

**Рис. 3 – Вміст сирого протеїну і сирого жиру в насіння сої залежно від обробки насіння та позакорневих підживлень, (середнє за 2017–2021 рр.)**

Характеризуючи вплив комплексної взаємодії досліджуваних бактеріальних препаратів і різних біологічних добрив для позакореневих підживлень на синтез сирого протеїну і сирого жиру слід відмітити, що максимальні показники їх вмісту, відповідно, 40,22 % і 20,59 %, та виходу з одиниці площі – 1,39 т/га і 0,70 т/га, відмічено на варіантах, де використовували інокулянт Біоінокулянт БТУ (2 л/т) та проводили два позакореневі підживлення добривами у фазі 3- го трійчастого листка та бутонізації органомінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га), що перевищувало контроль, відповідно, на 3,70 % і 2,16 % та 0,48 т/га і 0,23 т/га.

### ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД РІВНЯ УДОБРЕННЯ ТА МІКОРИЗОУТВОРЮЮЧОГО ПРЕПАРАТУ

Встановлено, що внесення у передпосівну культивування біологічного добрива Граундфікс у нормі 3 л/га, на фоні мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , сприяло зростанню показників польової схожості, до  $88,0 \pm 2,6$  %, а за норми Граундфікса 5 л/га до  $89,3 \pm 2,3$  %, що перевищувало показники контрольного варіанту на 3,0 %.

Використання мікоризоутворюючого препарату Мікофренд забезпечило підвищення польової схожості насіння на 2,4 % порівняно з контрольним варіантом. На варіантах, з обробкою насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т), на фоні мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та внесенням біологічного добрива Граундфікс у нормах 3 та 5 л/га забезпечило підвищення польової схожості на 1,5–2,5 % (табл. 3).

**Таблиця 3 – Показники польової схожості та збереженості рослин сої залежно від обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом та рівня удобрення, (середнє за 2017–2021 рр.),  $M \pm m^*$**

Обробка насіння	Норми добрив	Густота стояння рослин, тис./га		Польова схожість, %	Коефіцієнт збереження рослин, % до кількості сходів
		Повні сходи	Повна стиглість		
Без обробки	$N_{60}P_{60}K_{60}$	561±15,9	510±21,6	86,3±2,4	90,8±2,3
	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 3 л/га	572±16,8	523±22,2	88,0±2,6	91,5±2,0
	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 5 л/га	580±14,9	532±27,3	89,3±2,3	91,7±3,0
	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + Граундфікс 3 л/га	565±15,7	491±23,5	87,0±2,4	86,9±3,2
	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + Граундфікс 5 л/га	562±16,6	498±22,0	86,4±2,6	88,6±2,0
Мікофренд (1,5 л/т)	$N_{60}P_{60}K_{60}$	577±22,3	522±24,2	88,7±3,4	90,5±1,8
	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 3 л/га	587±22,7	537±25,8	90,2±3,5	91,6±2,7
	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 5 л/га	593±19,8	550±27,0	91,2±3,0	92,7±2,6
	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + Граундфікс 3 л/га	576±21,3	515±20,7	88,6±3,3	89,5±2,0
	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + Граундфікс 5 л/га	581±22,3	524±18,9	89,4±3,4	90,2±1,8
<i>Коефіцієнт варіації V, %</i>		1,9	3,6	1,8	2,0
<i>Відносна похибка Sx %</i>		0,5	0,9	0,5	0,4

Так, на основі підрахунку густоти рослин у період дозрівання, встановлено, що внаслідок впливу гідротермічних ресурсів та дії організованих чинників, які були передбачені технологією вирощування сої у досліді, густина рослин за варіантами становила  $491 \pm 23,5$  –  $550 \pm 27,0$  тис./га. Внесення біологічного добрива Граундфікс у нормах 3 і 5 л/га забезпечило підвищення коефіцієнта збереження рослин на 0,7-2,2 %.

Найвищий коефіцієнт збереження рослин сої – 92,7 %, зафіксовано на варіанті, де проводили передпосівну обробку насіння Мікофрендом (1,5 л/т) на фоні мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та внесення біодобрива Граундфікс у нормі 5 л/га у передпосівну культивуацію, що на 1,9 % більше порівняно з контрольним варіантом.

Децю менший коефіцієнт збереження рослин спостерігався на варіантах із зниженою нормою мінеральних добрив  $N_{45}P_{45}K_{45}$ . Він становив – 86,9 %, за норми Граунфікса 3 л/га, і 88,6 % за норми 5 л/га. На аналогічних варіантах з обробкою насіння Мікофрендом, даний показник був на 1,6-2,6 % більшим і коливався у межах 89,5 – 90,2 %.

Внесення у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс на фоні мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , забезпечило зростання площі листової поверхні на 8,9 – 12,7 % або на 3,1 – 4,4 тис. м<sup>2</sup>/га порівняно із контрольним варіантом (табл. 4).

**Таблиця 4 – Динаміка площі листової поверхні рослин сої залежно від обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом та рівня удобрення, (середнє за 2017-2021 рр.), тис. м<sup>2</sup>/га,  $M \pm m^{**}$**

Обробка насіння	Удобрення*	Фази росту і розвитку				
		3-й трійчастий листок	початок цвітіння	кінець цвітіння	повний налив насіння	фізіологіч на стиглість
Контроль	1	11,9±2,0	21,6±2,5	28,8±3,8	23,6±2,9	18,6±2,1
	2	12,2±2,0	22,0±2,4	31,9±4,3	26,4±3,4	20,7±2,2
	3	12,3±2,1	23,6±1,9	32,7±4,5	27,2±3,3	21,5±2,4
	4	11,0±1,8	20,3±2,2	25,9±3,4	22,8±2,5	17,1±1,8
	5	10,4±1,5	20,4±2,6	27,7±3,5	23,4±2,7	18,2±1,8
Мікофренд	1	12,8±2,2	22,9±2,4	34,5±4,5	27,2±3,0	21,6±2,1
	2	13,6±2,3	24,1±2,2	38,9±4,6	30,5±3,5	23,4±2,2
	3	14,1±2,2	25,3±2,3	40,4±4,4	31,9±3,4	24,0±2,4
	4	12,3±1,8	21,1±2,5	31,6±4,1	24,7±2,8	19,4±1,8
	5	12,2±1,9	23,5±2,4	34,9±4,0	28,3±3,2	21,4±2,0
<i>Коефіцієнт варіації V, %</i>		8,1	7,4	10,9	9,5	9,2
<i>Відносна похибка Sx%</i>		2,8	2,3	4,7	3,6	3,5

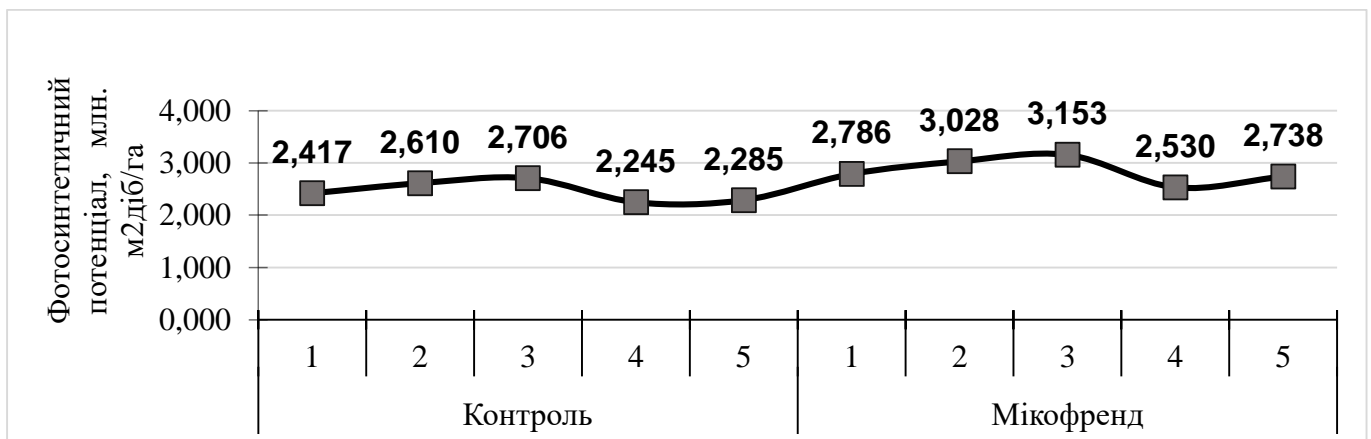
**Примітка:**\* 1)  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ; 2)  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + Граундфікс 3 л/га; 3)  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + Граундфікс 5 л/га; 4)  $N_{45}P_{45}K_{45}$  + Граундфікс 3 л/га; 5)  $N_{45}P_{45}K_{45}$  + Граундфікс 5 л/га.

На контрольному варіанті площа листової поверхні у фазу кінець цвітіння становила 28,8 тис. м<sup>2</sup>/га, а за внесення Граунфікса у нормах 3 л/га і 5 л/га даний

показник зріс, відповідно до 31,9 тис.м<sup>2</sup>/га і 32,7 тис.м<sup>2</sup>/га. На варіантах з передпосівною обробкою насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) ці показники становили, відповідно 34,5 тис. м<sup>2</sup>/га на контрольному варіанті та 38,9 тис. м<sup>2</sup>/га і 40,4 тис. м<sup>2</sup>/га за внесення Граундфікса 3 л/га і 5 л/га.

Для більш детальної характеристики продуктивності фотосинтезу в агрофітоценозі сої за період вегетації необхідно також аналізувати показник фотосинтетичного потенціалу, який на відміну від площі листової поверхні, повніше характеризує фактичні можливості посівів нагромаджувати органічну речовину і залежить від дії та взаємодії природних та антропогенних факторів.

Отримані дані щодо формування фотосинтетичного потенціалу підтвердили позитивний вплив досліджуваних чинників біологізації системи удобрення сої. Зафіксоване закономірне зростання даного показника у співставленні міжфазних періодів від повних сходів до фізіологічної стиглості. При цьому на фазу фізіологічної стиглості мінімальне значення фотосинтетичного потенціалу було зафіксовано на контрольному варіанті – 2,417 млн. м<sup>2</sup>/га, а максимальне – 3,153 млн. м<sup>2</sup>/га на варіанті із комплексним застосуванням Граундфікса 5 л/га і Мікофренда 1,5 л/т (Рис. 4).



**Примітка:**\* 1) N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 2) N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + Граундфікс 3 л/га; 3) N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + Граундфікс 5 л/га; 4) N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>+ Граундфікс 3 л/га; 5) N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>+Граундфікс 5 л/га.

**Рис. 4 – Динаміка наростання фотосинтетичного потенціалу рослин сої залежно від рівня удобрення та обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом, (середнє за 2017-2021 рр.), млн. м<sup>2</sup>/га**

Аналіз показників індивідуальної продуктивності рослин показав, що максимальна кількість бобів на одній рослині – 27,2±3,9 шт., із кількістю насінин із рослини – 47,2±5,2 шт. формувались на варіантах дослідів із внесенням мінеральних добрив у нормі N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, біологічного добрива Граундфікс 5 л/га та обробкою насіння перед сівбою мікоризоформулюючим препаратом Мікофренд 1,5 л/т. На цих же варіантах дослідів було отримано і найвищу масу 1000 насінин – 160,9±14,2 г.

Урожайність насіння сої в середньому за роки досліджень залежала від гідротермічних умов регіону та організованих чинників. Вона становила – 2,13 т/га у варіанті дослідів, де вносили N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> + Граундфікс 3 л/га без обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом та зростала до 2,97 т/га у варіанті з

внесенням  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + Граундфікс 5 л/га та обробкою насіння Мікофрендом 1,5 л/т. При цьому, у середньому по досліді врожайність насіння була максимальною у 2018 році – 2,91 т/га, а мінімальною у 2020 році – 2,05 т/га (табл. 5).

**Таблиця 5 – Урожайність насіння сої залежно від обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом та норм добрив, т/га**

Обробка насіння	Норми добрив	Роки досліджень					Середнє за 2017-2021 рр.
		2017	2018	2019	2020	2021	
Без обробки	$N_{60}P_{60}K_{60}$ (st)	2,17	2,64	2,32	1,85	2,46	2,29
	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 3 л/га	2,40	2,92	2,52	2,01	2,71	2,51
	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 5 л/га	2,58	2,99	2,65	2,12	2,84	2,64
	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + Граундфікс 3 л/га	2,01	2,47	2,21	1,69	2,29	2,13
	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + Граундфікс 5 л/га	2,14	2,56	2,30	1,80	2,44	2,25
Мікофренд (1,5 л/т)	$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,44	2,97	2,53	2,09	2,77	2,56
	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 3 л/га	2,72	3,29	2,76	2,31	3,06	2,83
	$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Граундфікс 5 л/га	2,88	3,45	2,84	2,45	3,23	2,97
	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + Граундфікс 3 л/га	2,25	2,86	2,41	2,05	2,68	2,45
	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + Граундфікс 5 л/га	2,45	2,99	2,54	2,13	2,82	2,59
<i>Середнє по варіантах</i>		2,40	2,91	2,51	2,05	2,73	2,52
НІР 0,5, т/га	<i>по фактору А</i>	0,047	0,040	0,046	0,042	0,036	-
	<i>по фактору В</i>	0,067	0,057	0,065	0,059	0,052	-
	<i>взаємодія АВ</i>	0,094	0,081	0,092	0,083	0,073	-

Встановлено, що урожайність насіння послідовно зростала при додаванні до технологічної схеми вирощування сої біодобрива Граундфікс та обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом. Таким чином, у середньому за період досліджень, використання біологічного добрива Граундфікс у нормі 3 л/га на фоні повного мінерального удобрення, забезпечило істотне зростання урожайності насіння, у співставленні до контрольного варіанту, на 0,22 т/га (9,6 % приріст), а у нормі 5 л/га на 0,35 т/га (15,2 % приріст).

Застосування мікоризоутворюючого препарату Мікофренд 1,5 л/га для передпосівної обробки насіння забезпечило зростання урожайності насіння у розрізі варіантів досліді на 0,27 – 0,34 т/га, або на 11,7 – 15,1 %.

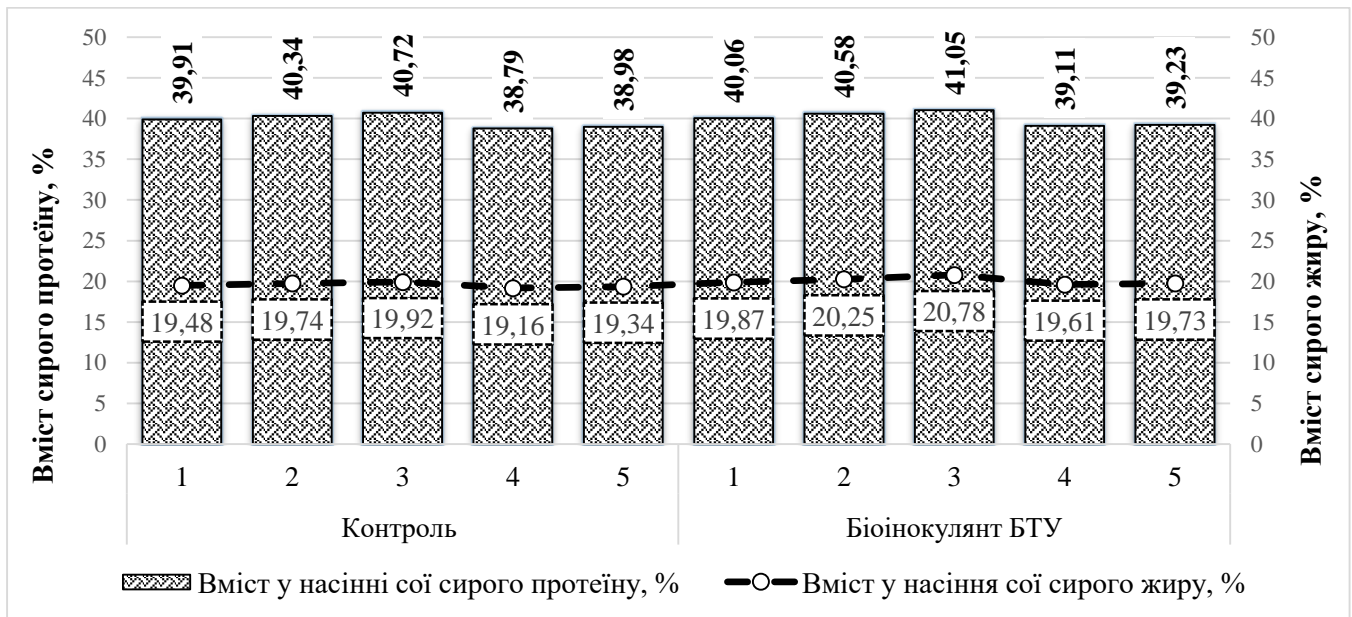
На варіантах досліді, де норму мінеральних добрив було знижено до  $N_{45}P_{45}K_{45}$  при внесенні біодобрива Граундфікс 3 л/га, урожайність насіння становила 2,13 т/га, а за норми Граундфікс 5 л/га – 2,25 т/га, що на 17,3 і 17,8 % менше ніж на аналогічних варіантах з нормою мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . На варіантах з обробкою насіння препаратом Мікофренд 1,5 л/га дані показники становили 2,45 т/га і 2,59 т/га відповідно, що на 14,6 і 15,5 % менше, ніж у варіантах досліді, де вносили мінеральні добрива у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

На основі результатів кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що характеристика сили зв'язку величини урожайності насіння сої у середньому за

2017-2021 рр. є суттєвою та тісно корелює із кількістю опадів за вегетаційний період ( $r = 0,758$ ).

Поряд із цим, проведений нами кореляційно-регресійний аналіз показав, що також існує позитивний зв'язок високої сили між показниками фотосинтетичної продуктивності та рівнем урожайності насіння сої. Так, коефіцієнт кореляції між урожайністю та чистою продуктивністю фотосинтезу становив  $r = 0,697$ , між площею листя та урожайністю -  $r = 0,932$ , між сумарним фотосинтетичним потенціалом посіву та урожайністю -  $r = 0,889$ . На основі проведеного математичного аналізу встановлено, що між показниками індивідуальної продуктивності та врожайністю сої наявний сильний позитивний взаємозв'язок. Так, між урожайністю та кількістю бобів на одній рослині  $r = 0,935$ , між урожайністю та масою насіння з однієї рослини  $r = 0,963$ , між врожайністю та масою 1000 насінин  $r = 0,887$ .

Також було відмічено збільшення вмісту сирого протеїну за поступового зростання норми використання біологічного добрива Граундфікс від 3 до 5 л/га, на фоні мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . За таких умов уміст сирого протеїну у насінні сої склав 40,58 % у варіанті із нормою внесення 3 л/га і збільшувався до 41,05 % на варіанті із нормою 5 л/га (Рис. 5).



**Примітка:**\* 1)  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ; 2)  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + Граундфікс 3 л/га; 3)  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + Граундфікс 5 л/га; 4)  $N_{45}P_{45}K_{45}$  + Граундфікс 3 л/га; 5)  $N_{45}P_{45}K_{45}$  + Граундфікс 5 л/га.

**Рис. 5 – Вміст сирого протеїну і сирого жиру в насіння сої залежно від обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом та норм добрив, (середнє за 2017–2021 рр.)**

На варіантах дослідів із мінеральним удобренням  $N_{45}P_{45}K_{45}$  внесення Граундфікса у нормі 3 і 5 л/га сприяло накопиченню сирого протеїну у насінні сої на рівні 39,11 % і 39,23 % відповідно.

Встановлено, що, найвищий вміст сирого жиру 20,78 %, та відповідно його вихід 0,62 т/га був одержаний на варіанті дослідів у якому насіння перед сівбою обробляли препаратом Мікофренд 1,5 л/т та вносили у передпосівну

культивувацію біологічне добриво Граундфікс (5 л/га) на фоні повного мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

### ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ГОРОХУ

У середньому за роки проведення досліджень (2019 – 2021 рр.) максимальна висота рослин гороху у фазі фізіологічної стиглості  $84,3 \pm 11,0$  см у сорту Девіз та  $82,9 \pm 10,5$  см у сорту Царевич відмічена на варіантах досліду, де вносили мінеральні добрива у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$ , проводили обробку насіння інокулянтном Андеріз (2 л/т), мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) у поєднанні із позакореневим підживленням комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1 л/га), що відповідно, на 7,3 см і 7,9 см більше порівняно з контролем.

Встановлено, що на час фази повних сходів густина рослин коливалася у межах від  $103 \pm 3,8$  до  $113 \pm 3,2$  шт./м<sup>2</sup> (табл. 6). На контрольних варіантах польова схожість становила 86,1 % у сорту Девіз та 89,2 % у сорту Царевич. На варіантах, де проводили інокуляцію насіння препаратом Андеріз даний показник був на 1,4 – 1,7 % вищий, і становив 87,8 % у сорту Девіз та 90,6 % у сорту Царевич, а за обробки насіння сумісно інокулянтном та мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд польова схожість знаходилась на рівні 89,7 % і 92,8 %, що на 3,6 % перевищувало контроль.

**Таблиця 6 – Динаміка густоти рослин сортів гороху залежно від досліджуваних факторів, шт./м<sup>2</sup> (середнє за 2019-2021 рр.)  $M \pm m$ \***

Сорт	Системи удобрення	Густина стояння рослин, шт./м <sup>2</sup>		Польова схожість, %	Коефіцієнт збереження рослин, % до кількості сходів
		Повні сходи	Повна стиглість		
Девіз	1(st)	$103 \pm 3,8$	$88 \pm 6,4$	$86,1 \pm 3,2$	$85,4 \pm 3,1$
	2	$105 \pm 2,9$	$93 \pm 5,8$	$87,8 \pm 2,4$	$87,9 \pm 3,0$
	3	$108 \pm 3,2$	$96 \pm 6,1$	$89,7 \pm 2,7$	$89,1 \pm 3,1$
	4	$108 \pm 3,8$	$98 \pm 6,1$	$90,3 \pm 3,2$	$90,4 \pm 2,5$
Царевич	1(st)	$107 \pm 4,6$	$93 \pm 9,0$	$89,2 \pm 3,8$	$87,1 \pm 5,0$
	2	$109 \pm 3,2$	$97 \pm 8,1$	$90,6 \pm 2,7$	$89,5 \pm 4,9$
	3	$111 \pm 2,9$	$101 \pm 7,2$	$92,8 \pm 2,4$	$90,9 \pm 4,2$
	4	$113 \pm 3,2$	$104 \pm 9,3$	$93,9 \pm 2,7$	$91,9 \pm 5,7$
Коефіцієнт варіації V, %		2,8	4,9	2,8	2,2
Відносна похибка Sx %		1,0	1,7	1,0	0,8

**Примітка:** 1 -  $N_{30}P_{60}K_{60}$  (фон); 2 - Фон + Андеріз; 3 - Фон+Андеріз + Мікофренд; 4 - Фон + Андеріз + Мікофренд + Гуміфренд.

\*\* $M \pm m$  – довірчий інтервал середньої арифметичної на 5 %-му рівні значущості.

Встановлено, що максимально сприятливі умови для ростових процесів, а як наслідок і найбільшої виживаності рослин сортів гороху, формувались на варіантах досліду із поєднанням передпосівної обробки насіння Андерізом (2 л/т) та Мікофрендом (1,5 л/т) із позакореневим підживленням комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1 л/га). На даних варіантах коефіцієнт збереження рослин гороху сорту Девіз становив 90,4 %, а сорту Царевич 91,9 %. На контрольних варіантах досліду даний показник знижувався на 5,0 % у сорту Девіз та на 4,8 % – у сорту Царевич.

Максимальна площа асиміляційної поверхні була зафіксована у фазу наливання насіння. Визначено, що як і у попередні фази прирости площі прилистків та вусів у рослин гороху мають сталу тенденцію щодо зростання в міру насичення технології вирощування досліджуваними факторами (табл. 7).

**Таблиця 7 – Динаміка площі асиміляційної поверхні рослин сортів гороху залежно від обробки насіння та позакорневих підживлень, (середнє за 2019-2021 рр.), тис. м<sup>2</sup>/га**

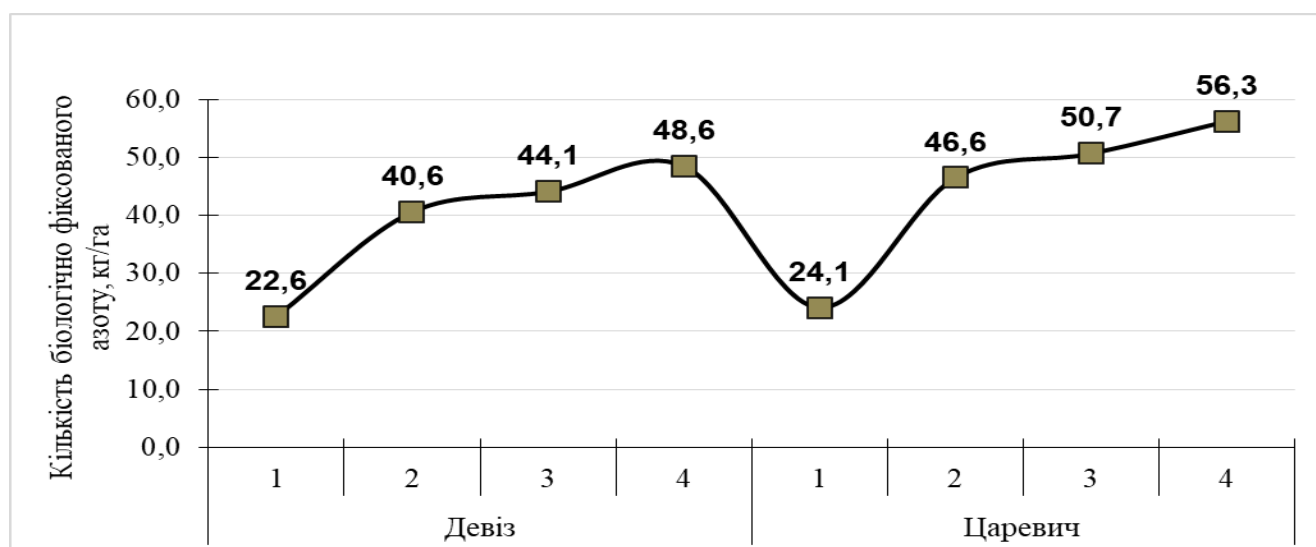
Сорт	Системи удобрення*	Фази росту і розвитку				
		3-й листок	Бутонізація	Повне цвітіння	Налив насіння	Фізіологічна стиглість
Девіз	1(st)	4,0	30,1	42,6	44,2	25,6
	2	4,0	31,6	45,1	47,4	26,7
	3	4,0	32,1	46,6	51,3	27,5
	4	4,0	32,8	48,5	53,5	28,9
Царевич	1(st)	4,0	31,6	47,0	51,1	30,5
	2	4,1	32,8	51,4	54,0	33,1
	3	4,1	33,9	54,9	57,2	35,0
	4	4,1	35,1	56,1	59,5	37,2
Коефіцієнт варіації V, %		1,3	3,9	9,7	9,3	13,7
Відносна похибка Sx%		0,5	1,4	3,4	3,3	4,8

**Примітка:** 1 - N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (фон); 2 - Фон + Андеріз; 3 - Фон+Андеріз + Мікофренд; 4 - Фон + Андеріз + Мікофренд + Гуміфренд.

Так, на контрольному варіанті у сорту Девіз площа асиміляційної поверхні становила 44,2 тис. м<sup>2</sup>/га, а у сорту Царевич – 52,1 тис. м<sup>2</sup>/га, передпосівна інокуляція препаратом Андеріз (2 л/т) забезпечила підвищення даних показників до 47,4 тис. м<sup>2</sup>/га і 54,0 тис. м<sup>2</sup>/га або на 7,2 % і 5,6 %, відповідно по сортах. У варіантах досліду, де застосовували мікоризоутворюючий препарат Мікофренд (1,5 л/т) у поєднанні з передпосівною обробкою насіння Андерізом (2 л/т), площа асиміляційної поверхні рослин становила 51,3 тис.м<sup>2</sup>/га у сорту Девіз та 57,2 тис.м<sup>2</sup>/га у сорту Царевич, що відповідно на 16,0 % і 11,9 % більше контрольного варіанту.

Проведення позакореневих підживлень також мало позитивний вплив на наростання площі асиміляційної поверхні сортів гороху. Так, на варіантах досліду, де застосовували мінеральні добрива у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  в поєднанні з передпосівною обробкою насіння Андерізом та Мікофрендом і проводили позакореневі підживлення комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1 л/га) площа асиміляційної поверхні була максимальною і становила 53,5 тис.м<sup>2</sup>/га у сорту Девіз та 59,5 тис.м<sup>2</sup>/га у сорту Царевич, що більше на 9,3 і 8,4 тис.м<sup>2</sup>/га порівняно з контрольним варіантом. Крім того, даний варіант досліду забезпечив формування і максимальних показників фотосинтетичного потенціалу на рівні 2,769 млн м<sup>2</sup> діб/га і 2,978 млн м<sup>2</sup> діб/га відповідно по сортах.

За результатами проведених досліджень встановлено, що передпосівна інокуляція насіння значно підвищувала симбіотичну продуктивність рослин гороху. Проведення обробки насіння досліджуваних сортів перед сівбою Андерізом сприяло підвищенню накопичення біологічно фіксованого азоту на 18,0-22,5 кг/га, а поєднання Андерізу і Мікофренда підвищувало даний показник, відповідно, на 21,5-26,6 кг/га порівняно з варіантами без обробки (Рис. 6).



**Примітка:** 1 -  $N_{30}P_{60}K_{60}$  (фон); 2 - Фон + Андеріз; 3 - Фон+Андеріз + Мікофренд; 4 - Фон + Андеріз + Мікофренд + Гуміфренд.

**Рис. 6 – Кількість біологічно фіксованого азоту рослинами гороху залежно від обробки насіння та позакореневого підживлення, (середнє за 2019-2021 рр.), кг/га**

На основі результатів досліджень встановлено, що сумісно із обробкою насіння досліджуваними препаратами проведення двох позакореневих підживлень у фази бутонізації та зелених бобів комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд 1,0 л/га підвищувало симбіотичну фіксацію азоту у сорту Девіз – до 48,6 кг/га та Царевич – до 56,3 кг/га, що більше на 26,0-32,2 кг/га порівняно з контрольним варіантом.

Максимальну індивідуальну продуктивність рослини гороху формували за проведення обробки насіння Андерізом (2,0 л/т) та Мікофрендом (1,5 л/т) і проведенні позакореневих підживлень у фази бутонізації та зелених бобів

комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1,0 л/га). За даних умов у сорту Девіз кількість бобів на одній рослині становила – 4,49 шт. кількість зерен у бобі – 5,08 шт., маса зерна з однієї рослини – 4,62 г, та маса 1000 зерен – 202,5 г. У сорту Царевич дані показники становили, відповідно, кількість бобів на рослину – 5,32 шт., кількість зерен в бобі – 5,12 шт., маса 1000 зерен – 204,5 г, маса зерна з однієї рослини – 5,57 г.

Найбільш сприятливим для формування високої врожайності культури, був 2021 рік, у якому зафіксовано максимальний рівень реалізації генетичного потенціалу продуктивності досліджуваних сортів гороху. При цьому врожайність сорту Девіз знаходилась в межах 3,27 – 4,15 т/га, а сорту Царевич 3,75 – 4,62 т/га. У середньому за роки проведення досліджень найвищі показники урожайності зерна гороху – 3,76 т/га у сорту Девіз та 4,16 т/га у сорту Царевич, забезпечили моделі технології вирощування, які передбачали комплексне застосування факторів інтенсифікації, зокрема проведення обробки насіння препаратами Андеріз (2,0 л/т) + Мікофренд (1,5 л/т) та проведення двох позакореневих підживлень у фази бутонізації та зелених бобів комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1,0 л/га) на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  (табл. 8).

**Таблиця 8 – Урожайність зерна сортів гороху залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення, т/га**

Сорт	Системи добрива	Роки			Середнє за 2019-2021рр.
		2019	2020	2021	
Девіз	$N_{30}P_{60}K_{60}$ (st)	2,59	3,08	3,27	2,98
	Фон + Андеріз	2,83	3,44	3,65	3,31
	Фон+Андеріз + Мікофренд	3,02	3,67	3,87	3,52
	Фон + Андеріз + Мікофренд + Гуміфренд	3,22	3,92	4,15	3,76
Царевич	$N_{30}P_{60}K_{60}$ (st)	2,79	3,51	3,75	3,35
	Фон + Андеріз	3,06	3,92	4,19	3,72
	Фон+Андеріз + Мікофренд	3,30	4,11	4,33	3,91
	Фон + Андеріз + Мікофренд + Гуміфренд	3,54	4,32	4,62	4,16
<i>Середнє по варіантах</i>		<i>3,04</i>	<i>3,75</i>	<i>3,98</i>	<i>3,59</i>
НІР <sub>0,5, т/га</sub>	<i>по фактору А</i>	<i>0,075</i>	<i>0,069</i>	<i>0,058</i>	-
	<i>по фактору В</i>	<i>0,106</i>	<i>0,098</i>	<i>0,082</i>	-
	<i>взаємодія АВ</i>	<i>0,150</i>	<i>0,138</i>	<i>0,116</i>	-

На варіантах досліду, де на фоні мінерального удобрення та використання для обробки насіння інокулянта і мікоризоутворюючого препарату проведення двох позакореневих підживлень комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1,0 л/га) підвищило вміст сирого протеїну в порівнянні до контролю на 2,3 %, при цьому дані значення становили – 24,8 %, а на контролі – 22,5 %.

Така ж тенденція щодо формування вмісту білка в зерні гороху зафіксована і у сорту Царевич. Так, на контрольному варіанті досліду вміст сирого протеїну

становив 22,9 %, тоді як проведення інокуляції насіння препаратом Андеріс (2,0 л/т) забезпечило підвищення даного показника до 24,2 %, що на 1,3 % перевищувало контроль. Сумісна обробка насіння Андерісом (2,0 л/т) та Мікофрендом (1,5 л/т) сприяла зростанню вмісту протеїну в зерні до 24,6 %, що на 1,7 % більше контрольного варіанту. Максимальний вміст протеїну в зерні гороху сорту Царевич формувався на варіантах досліду із комплексним використанням факторів інтенсифікації, а саме обробки насіння та позакоренових підживлень і становив 25,1 %, що на 2,2 % більше контролю.

## **ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ТА ГОРОХУ**

Проведений економічний аналіз отриманих результатів досліджень підтвердив сформовані нами висновки щодо доцільності біологізації системи мінерального живлення сої. Так, найбільш ефективною з економічної точки зору є модель технології вирощування сої, яка передбачає передпосівну обробку насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) у поєднанні із двома позакореновими підживленнями, органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га), у фазі 3-й трійчастий листок та бутонізації, що забезпечило максимальний умовно чистий прибуток 20216 грн./га, та найвищий рівень рентабельності 124,8 %, і енергетичний коефіцієнт 3,0.

Встановлено, що використання Граундфіксу у нормі 3 л/га на фоні повної мінеральної системи удобрення забезпечило рівень рентабельності 91,3 % , а за внесення 5 л/га – 96,1 %, що 8,9-13,7% більше при порівнянні з мінеральною системою удобрення. На аналогічних варіантах з використанням для обробки насіння мікоризоутворюючого препарату Мікофренд дані показники становили відповідно 112,6 і 117,4 %, що перевищувало контроль на 11,9-16,7 %.

Ключовим аспектом який варто відмітити є те, що зниження норми мінеральних добрив на 25 % і внесення Граундфіксу (3 і 5 л/га) забезпечувало рівень рентабельності виробництва, який вищий від варіантів з повним мінеральним добривом. Так, на варіантах без використання Мікофренду з економічної точки зору найпродуктивнішим був варіант з удобренням  $N_{45}P_{45}K_{45}$  та внесенням Граундфіксу 5 л/га. При цьому рівень рентабельності становив 98,8 %, а на варіантах із передпосівною обробкою насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) на фоні  $N_{45}P_{45}K_{45}$  і внесення Граундфіксу 3 л/га і 5 л/га рівень рентабельності становив відповідно 119,4 і 125,0 %.

Найвище значення показників економічної ефективності вирощування сортів гороху Девіз та Царевич, а саме: собівартість 1 т зерна, відповідно, 4128,7 грн/га та 3802,4 грн/га, умовно чистого прибутку 16812 грн/га та 19958 грн/га та рівня рентабельності 108,3 та 126,2 %, отримано на варіантах з обробкою насіння препаратами Андеріс (2,0 л/т) і Мікофренд (1,5 л/т) та проведенні двох позакоренових підживлень у фазі бутонізації та зелених бобів комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1,0 л/га) на фоні мінерального удобрення  $N_{30}P_{60}K_{60}$ . За даних умов вирощування енергетичний коефіцієнт становив, відповідно, 2,07 і 2,30.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано і узагальнено результати багаторічних досліджень по розробці моделей технологій вирощування сої та гороху на основі біологізації систем їх мінерального живлення в умовах Лісостепу правобережного, що дозволяє вирішити актуальні завдання підвищення рівня реалізації їх генетичного потенціалу урожайності та якості насіння, а також створення оптимальних умов для проходження процесів росту, розвитку та формування ефективних фотосинтезуючих систем та симбіотичних потенціалів їх агрофітоценозів.

Результати отриманих експериментальних даних дозволяють сформулювати наступні основні наукові узагальнення і висновки:

1. Аналіз тривалості вегетаційного періоду рослин сої у середньому за роки досліджень показав, що найдовшим (118 діб) він формувався на варіантах досліду, де проводили інокуляцію насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) у поєднанні з позакореневими підживленнями органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га). Тоді як на варіантах, де проводилась інокуляція насіння Біоінокулянтом БТУ (2 л/т) вегетація рослин сої тривала на 3-5 діб довше, порівняно до контрольного варіанту. Встановлено, що позакореневі підживлення подовжували тривалість вегетаційного періоду рослин сої на 4-5 діб при порівнянні з контролем.

2. Встановлено, що найбільш сприятливі умови для росту та розвитку рослин, а також і максимальної збереженості сої, формувались на варіанті досліду із інокуляцією насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) та позакореневим підживленням органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га). На цьому варіанті досліду коефіцієнт збереження рослин становив 93,2 %, в той час, як на контрольному варіанті лише 87,1 %.

3. Комплексне застосування передпосівної обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд 1,5 л/т та використання біологічного добрива Граундфікс 5 л/га на фоні мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  забезпечило найвищий коефіцієнт збереження рослин сої  $92,7 \pm 2,6$  %.

4. Найкращі умови для росту і розвитку сортів гороху, та максимальна збереженість їх рослин формувалась на варіантах досліду, де поєднували передпосівну обробку насіння Андерізом (2 л/т) із Мікофрендом (1,5 л/т) та проводили позакореневе підживлення комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1 л/га). За цих умов коефіцієнт збереження рослин гороху сорту Девіз становив 90,4 %, а сорту Царевич 91,9 %.

5. Максимальну висоту рослин сої 78,3 см зафіксовано у фазу повної стиглості насіння на варіанті досліду при застосуванні інокуляції насіння препаратом Біоінокулянт БТУ та позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост соя, що на 13,3 см або 20,4 % більше при порівнянні з контролем. При цьому середньодобові прирости рослин сої становили 0,66 см/добу.

6. Встановлено, що сумісне використання біологічного добрива Граундфікс у нормі 5 л/га та обробка насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд 1,5

л/га, на фоні  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , забезпечило формування найвищої висоти рослин сої – 72,6 см, що на 11,6 см більше рослин контрольного варіанту. Відмічено, що на аналогічних варіантах досліду зменшення норми мінеральних добрив до  $N_{45}P_{45}K_{45}$  спричинило зниження висоти рослин – на 5,1-6,7 см.

7. Встановлено, що максимальна висота рослин гороху досягала рівня 84,3 см у сорту Девіз та 82,9 см у сорту Царевич на варіантах з комплексною обробкою насіння інокулянтном Андеріз (2,0 л/т) із мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) та проведенням позакоренових підживлень комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1 л/га).

8. Сприятливі умови для формування максимальної фотосинтетичної продуктивності посівів сої зафіксовані на варіантах, де проводили передпосівну обробку насіння Біоінокулянтном БТУ (2 л/т) та два позакоренових підживлення у фази 3 – й трійчастий листок та бутонізації органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га). При цьому площа листової поверхні становила 42,1 тис. м<sup>2</sup>/га, що на 11,0 тис. м<sup>2</sup>/га більше порівняно з ділянками контролю, фотосинтетичний потенціал складав 3,218 млн м<sup>2</sup>×діб/га, що на 0,843 млн м<sup>2</sup>×діб/га перевищувало показники рослин сої на контролі, За створення сприятливих умов показники чистої продуктивності фотосинтезу знаходились на рівні 1,07-7,68 г/м<sup>2</sup> за добу.

9. Максимальна площа листової поверхні у сої – 40,4±4,4 тис. м<sup>2</sup>/га формувалась за внесення у передпосівну культивування біологічного добрива Граундфікс 5 л/га на фоні мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та оброблення насіння перед сівбою мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд 1,5 л/т, що відповідно, на 11,6 тис. м<sup>2</sup>/га більше порівняно із контролем. За цих умов фотосинтетичний потенціал становив 3,153 млн м<sup>2</sup>×діб/га, а показники чистої продуктивності фотосинтезу – 1,34-5,44 г/м<sup>2</sup> за добу.

10. Встановлено, що площа асиміляційної поверхні у сорту Девіз – 53,5 тис. м<sup>2</sup>/га та у сорту Царевич – 59,5 тис. м<sup>2</sup>/га формувалась на варіанті із внесенням мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$ , та обробленні насіння перед сівбою комплексом препаратів Андеріз (2,0 л/т) + Мікофренд (1,5 л/т) і проведенні позакоренового підживлення Гуміфренд (1,0 л/га), що відповідно, на 9,3 і 8,4 тис. м<sup>2</sup>/га більше порівняно із рослинами контрольного варіанту. Дані варіанти досліду забезпечили і формування максимальних показників фотосинтетичного потенціалу який у сорту Девіз складав 2,769 млн м<sup>2</sup>×діб/га, а у сорту Царевич 2,978 млн м<sup>2</sup>×діб/га.

11. Встановлено, що симбіотична продуктивність сої залежала від розмірів симбіотичного апарату та тривалості симбіозу. Формування максимальної кількості загальних та активних бульбочок, відповідно, 49,9 шт./рослину і 342,6 шт./рослину з масою 630,6 мг/рослину і 554,7 мг/рослину відмічено на варіанті, де проводили два позакоренові підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га) у фази 3-й трійчастий листок та бутонізація на фоні інокуляції насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т). Крім того на даному варіанті досліду формувався і найвищий показник активного симбіотичного потенціалу 20,730 тис. кг·діб/га та отримано найбільшу кількість біологічного азоту 101,9 кг/га.

12. Оптимізація системи мінерального живлення рослин сортів гороху мала позитивний вплив на формування їх симбіотичного апарату. Так, передпосівна обробка насіння інокулянтном Андеріз (2,0 л/т) сумісно із мікоризоформуючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) та позакореневим підживленням добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1 л/га) на фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  сприяла формуванню максимальної кількості та маси активних бульбочок у сорту Девіз, відповідно, 32,1 шт./рослину і 114,1 мг/рослину, та у сорту Царевич, відповідно, 34,2 шт./рослину і 119,2 мг/рослину. На цих варіантах досліду формувалася найвищий показник активного симбіотичного потенціалу 6745 кг діб/ га у сорту Девіз та 7610 кг діб/ га у сорту Царевич, а також найвища кількість біологічно фіксованого азоту, відповідно, 48,6 і 56,3 кг/га.

13. Біометричні дослідження засвідчили, що найбільша кількість бобів насіння на одній рослині 28,8 шт., кількість насінин на одній рослині 51,7 шт., маса насіння з однієї рослини 8,19 г. та маса 1000 насінин 157,5 г формувались на варіантах, де проводили передпосівну обробку насіння Біоінокулянтном БТУ (2 л/т) та проводили два позакореневі підживлення Хелпрост соя (2,5 л/га). При цьому максимальна кількість бобів на одній рослині –  $27,2 \pm 3,9$  шт. із кількістю насінин із рослини -  $47,2 \pm 5,2$  шт. формувались на варіантах досліду із внесенням мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , біологічного добрива Граунфікс 5 л/га, а також обробкою насіння перед сівбою мікоризоформуючим препаратом Мікофренд 1,5 л/т. На цих же варіантах досліду було отримано і найвищу масу 1000 насінин, відповідно,  $160,9 \pm 14,2$  г.

14. Оптимізація біологізованої системи удобрення шляхом позакореневого підживлення добривом Гуміфренд (1 л/га) та обробкою насіння препаратами Андеріз (2,0 л/т) та Мікофренд (1,5 л/т) сприяла посиленню диференціації генеративних органів. При цьому кількість бобів на рослині у сорту Девіз становила – 4,49 шт./рослину, а у сорту Царевич – 5,32 шт./рослину, маса зерна на одній рослині відповідно до сорту 4,62 і 5,57 г/рослину, а маса 1000 насінин 202,5 і 204,5 г. Встановлено, що за даної моделі технології вирощування гороху формувалась і максимальна зернова продуктивність досліджуваних сортів. Так, урожайність зерна сорту Девіз, у середньому за роки досліджень становила 3,76 т/га, а сорту Царевич 4,16 т/га, що на 0,78 та 0,81 т/га більше при порівнянні із контролем.

15. Встановлено позитивний вплив позакорневих підживлень органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га) у поєднанні з інокуляцією насіння Біоінокулянтном БТУ (2 л/т). За таких умов максимальна урожайність насіння сої складала 3,31 т/га, що на 0,84 т/га більше контролю. На даному варіанті відмічено і найбільші показники вмісту сирого протеїну 40,22 % та жиру 20,59 %.

Встановлено позитивний вплив мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та застосування для передпосівної обробки насіння Мікофренда (1,5 л/т) і біологічного добрива Граунфікс 5 л/га на формування максимальної продуктивності сої 2,97 т/га, що на 0,68 т/га більше при порівнянні з контролем.

16. Найвищий вміст сирого протеїну в зерні гороху сорту Девіз – 24,8 % і Царевич – 25,1 %, та відповідно, його вихід 0,93 і 1,04 т/га відмічено при

вирощуванні за моделлю технології, яка передбачала внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$ , обробку насіння інокулянтном і мікоризоутворюючим препаратом та проведення двох послідовних позакореневих підживлень комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1,0 л/га).

17. Економічна оцінка моделей технологій вирощування сої та гороху засвідчує високу ефективність організованих факторів. Зокрема, поєднання біологічного добрива Граундфікс 5 л/га та обробки насіння перед сівбою мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/га) на фоні мінерального удобрення  $N_{45}P_{45}K_{45}$  забезпечило рівень рентабельності 124,8 %.

Модель технології, яка передбачала інокуляцію препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) та два позакореневих підживлення органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га) у фази 3-й трійчастий листок та бутонізації, забезпечила одержання найвищого енергетичного коефіцієнту посіву 3,0.

18. Максимальний умовно чистий прибуток 16812 грн і 19958 грн та рівень рентабельності 108,3 % і 126,2 % у сортів гороху Девіз і Царевич забезпечила комплексна обробка насіння препаратами Андеріз (2,0 л/т) і Мікофренд (1,5 л/т) та проведення двох позакореневих підживлень у фази бутонізації та зелених бобів комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1,0 л/га) на фоні мінерального удобрення  $N_{30}P_{60}K_{60}$ .

Найбільш ефективною з енергетичної точки зору виявилася модель технології, яка передбачала сумісну передпосівну обробку насіння препаратами Андеріз (2,0 л/т) і Мікофренд (1,5 л/т) та проведення двох позакореневих підживлень у фази бутонізації та зелених бобів комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1,0 л/га), що забезпечило показники енергетичного коефіцієнта на рівні 2,07 у сорту гороху Девіз та 2,30 у сорту Царевич.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі результатів багаторічних польових досліджень, їх статистичного, економічного та енергетичного аналізу агроформуванням Лісостепу правобережного для підвищення урожайності та якості насіння сої і гороху рекомендується:

- у посівах сої проводити обробку насіння бактеріальним препаратом Біоінокулянт БТУ з нормою 2 л/т у поєднанні з позакореневими підживленнями органо-мінеральним добривом Хелпрост соя з нормою 2,5 л/га, що забезпечило урожайність насіння 3,31 т/га;

- для забезпечення сприятливих умов активного симбіозу у сої застосовувати поєднання мінеральних добрив у нормі  $N_{45}P_{45}K_{45}$  із внесенням у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс у нормі 5 л/га та використанням для передпосівної обробки насіння мікоризоутворюючого препарату Мікофренд у нормі 1,5 л/т;

- проводити обробку насіння гороху перед сівбою інокулянтном Андеріз у нормі 2,0 л/т та мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд у нормі 1,5 л/т, а також два позакореневих підживлення у фази бутонізації та зелених бобів комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд у нормі 1,0 л/га, що забезпечує максимальний рівень урожайності 4,62 т/га та вихід сирого протеїну 1,04 т/га.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*У наукових виданнях, що індексуються у наукометричних базах Scopus та Web of Science Core Collection*

1. Mazur V.A., **Didur I.M.**, Pansyryeva H.V., Telekalo N.V. Energy-economic efficiency of growth of grain-crop cultures in conditions of right-bank forest-steppe zone of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8, № 4. P. 26-33. URL: <https://www.ujecology.com/abstract/energyeconomic-efficiency-of-growth-of-graincrop-cultures-in-conditions-of-rightbank-foreststeppe-zone-of-ukraine-5455.html> (0,6 друк. арк., *особистий внесок автора*: проведено польові дослідження та обрахунки енергетичної та економічної ефективності вирощування зернобобових культур залежно від технологічних прийомів вирощування – 0,15 друк. арк., 25 %).

2. **Didur I.M.**, Tsyhanskyi V.I., Tsyhanska O.I., Malynka L.V., Butenko A.O., Klochkova T.I. The effect of fertilizer system on soybean productivity in the conditions of right bank forest-steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9, №1. P. 76-80. URL: <https://www.ujecology.com/abstract/the-effect-of-fertilizer-system-on-soybean-productivity-in-the-conditions-of-right-bank-foreststeppe-18183.html> (0,50 друк. арк., *особистий внесок автора*: проведення польових дослідів та аналіз насінневої продуктивності сої залежно від технологічних прийомів вирощування – 0,25 друк. арк., 50 %).

3. **Didur I.**, Bakhmat M., Chynchyk O., Pansyryeva H., Telekalo N., Tkachuk O. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, № 5. P. 177-182. DOI: 10.15421/2020\_206. URL: <https://www.ujecology.com/abstract/substantiation-of-agroecological-factors-on-soybean-agrophytocenoses-by-analysis-of-variance-of-the-rightbank-foreststep-58880.html> (1,0 друк. арк., *особистий внесок автора*: проведення польових дослідів та аналіз впливу агроекологічних факторів на агрофітоценози сої залежно від технологічних прийомів вирощування – 0,50 друк. арк., 50 %).

4. Mazur V.A., **Didur I.M.**, Myalkovsky R.O., Pansyryeva H.V., Telekalo N.V., Tkach O.O. The productivity of intensive pea varieties depending on the seeds treatment and foliar fertilizing under conditions of right-bank forest-steppe Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, № 1. P. 101-105. DOI: 10.15421/2020\_16 URL: <https://www.ujecology.com/abstract/the-productivity-of-intensive-pea-varieties-depending-on-the-seeds-treatment-and-foliar-fertilizing-under-conditions-of--53085.html> (1,0 друк. арк., *особистий внесок* – проведення польових дослідів та обрахунки продуктивності гороху посівного залежно від мінерального живлення – 0,50 друк. арк., 50 %).

5. Mostovenko V., Mazur O., **Didur I.**, Kupchuk I., Voloshyna O., Mazur O. Garden pea yield and its quality indicators depending on the technological methods of growing in conditions of Vinnytsia region. *Acta fytotechn zootechn*. 2022. Vol. 25, №3. P. 226-241. DOI.org/10.15414/afz.2022.25.03.226-241. URL:

<http://acta.fapz.uniag.sk/journal/article/view/68/55> (1,34 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та обрахунки насінневої продуктивності гороху залежно від технологічних прийомів вирощування – 0,67 друк. арк., 50 %).

6. Mazur V., **Didur I.**, Tkachuk O., Pantsyreva H., Ovcharuk V. Agroecological stability of cultivars of sparsely distributed legumes in the context of climate change. *Scientific Horizons*. 2021. Vol. 24, № 1. P. 54-60. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(1\).2021.54-60](https://doi.org/10.48077/scihor.24(1).2021.54-60). URL: <https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-24-1-2021/agroyekologichna-stiykist-sortiv-maloposhiryenikh-zyernobobovikh-kultur-v-umovakh-zmini-klimatu>. (0,85 друк. арк., особистий внесок автора: проведення польових дослідів та обрахунки агроекологічної стійкості зернобобових культур залежно від технологічних прийомів вирощування – 0,42 друк. арк., 50 %).

### *У наукових фахових виданнях України*

7. **Дідур І.М.**, Захарчук В.В. Вплив елементів технології вирощування на врожайні показники зерна гороху. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4. С. 55-62. (0,62 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та обрахунки урожайності сортів гороху залежно від технологічних прийомів вирощування – 0,31 друк. арк., 50 %).

8. **Дідур І.М.**, Захарчук В.В. Вплив інокуляції насіння на урожайність сортів гороху в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 6 (2). С. 6-16 (0,84 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та обрахунки урожайності сортів гороху залежно від технологічних прийомів вирощування – 0,44 друк. арк., 50 %).

9. **Дідур І.М.**, Шевчук В.В. Підвищення родючості ґрунту в результаті накопичення біологічного азоту бобовими культурами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. №1 (16). С. 48-60. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-1-4. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/May2020/wa2TSkzKvnr5w51Aae8N.pdf> (1,10 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та обрахунки симбіотичної діяльності сортів гороху залежно від технологічних прийомів вирощування – 0,83 друк. арк., 75 %).

10. Мазур В.А., **Дідур І.М.**, Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в Правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 3 (18). С. 5-16. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-3-1 URL: <http://forestry.vsau.org/uk/particles/obgruntuvannya-adaptivnoyi-sortovoyi-tehnologiyi-viroshuvannya-zernobobovih-kultur-u-pravoberezhnomu-lisostepu-ukrayini> (1,00 друк. арк., особистий внесок автора: проведення польових дослідів та здійснено аналіз сортових технологій вирощування зернобобових культур – 0,60 друк. арк., 60 %).

11. Мазур В.А., Ткачук О.П., **Дідур І.М.**, Панцирева Г.В. Технологічність та агроекологічна стійкість скоростиглих сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 96-111. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-4-8. URL: <http://forestry.vsau.org/uk/particles/tehnologichnist-ta-agroekologichna-stiykist>

skorostiglih-sortiv-soyi (0,96 друк. арк., *особистий внесок автора*: здійснено обрахунки технологічної та агроекологічної стійкості сортів сої – 0,48 друк. арк., 50 %).

12. Дідур І.М. Динаміка формування площі листкової поверхні гороху залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 1 (24). С. 204-216. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-1-15 URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/November2022/uYIS5ddQ4WC2s0IBpAXO.pdf>. (0,49 друк. арк., *особистий внесок автора*: здійснено обрахунки площі листкової поверхні гороху залежно від технологічних прийомів вирощування).

13. Ткачук О.П., **Дідур І.М.**, Панцирева Г.В. Екологічна оцінка середньостиглих і середньо пізньостиглих сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 1 (24). С. 5-15. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-1-1. URL:<http://forestry.vsau.org/uk/particles/ekologichna-ocinka-seredn-ostiglih-i-seredn-oprizn-ostiglih-sortiv-soyi> (0,71 друк. арк., *особистий внесок* – проведено екологічну оцінку сортів сої – 0,36 друк. арк., 50 %).*

14. Дідур І.М. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на динаміку формування площі листкової поверхні рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво. 2022. № 4 (27). С. 5-14. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-4-1 URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/November2022/8aXbEICRbAYmD9okGA52.pdf> (0,59 друк. арк., *особистий внесок* – проведена обрахунки площі листкової поверхні сої залежно від технологічних прийомів вирощування).*

15. Tkachuk O.P., **Didur I.M.**, Mazur O.V. Adaptability, sustainability and productivity of mid-early soybean varieties. *Аграрні інновації. 2022. № 16. С. 70-79 DOI: [10.32848/agrar.innov.2022.16.12](https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.12) URL: <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/341> (0,80 друк. арк., *особистий внесок* – проаналізовано сортовий склад середньо ранньостиглих сортів сої за господарсько-цінними показниками – 0,48 друк. арк., 60 %).*

16. Tkachuk O.P., **Didur I.M.**, Mazur O.V. Cultivation of early soybean varieties in the context of intensive agriculture and climate change. *Аграрні інновації. 2023. № 18. С. 128-135. DOI: 10.32848/agrar.innov.2023.18.18. URL: <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/405/434> (0,70 друк. арк., *особистий внесок* – досліджено особливості росту та розвитку ранньостиглих сортів сої – 0,42 друк. арк., 60 %).*

17. Tkachuk O.P., **Didur I.M.**, Mazur O.V. Adaptability and agroecological sustainability of fast ripening soybean varieties. *Наукові доповіді НУБіП України. 2023. № 1 (101). DOI: [10.31548/dopovidi1\(101\).2023.001](https://doi.org/10.31548/dopovidi1(101).2023.001). URL: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/27349> (1,20 друк. арк., *особистий внесок* – проведено дослідження тривалості вегетаційного періоду скоростиглих сортів сої – 0,72 друк. арк., 60 %).*

18. Tkachuk O.P., **Didur I.M.**, Mazur O.V. Technological and agro-ecological indicators of groups of soybean varieties by maturity. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2023. Вип. 102 (1). С. 54-*

63. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-102-1-54-63. URL: <https://journal.udau.edu.ua/assets/files/102/102.1/6.pdf> (0,76 друк. арк., особистий внесок – проаналізовано групи сортів сої за господарсько-цінними показниками – 0,46 друк. арк., 60 %).

19. Дідур І.М. Динаміка формування висоти рослин сої залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень. *Сільське господарство та лісівництво*. № 1 (28). 2023. С. 17-24. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-1-2. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/May2023/Abgltas553SSH3j4GpqX.pdf>. (0,47 друк. арк., особистий внесок автора: проведення польових дослідів та обліки висоти рослин сої залежно від технологічних прийомів вирощування).

20. Дідур І.М. Економічна оцінка моделей технології вирощування сої за біологізованої системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. № 2 (29). 2023. С. 214-221. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-19. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/June2023/9hO5IkYGoQphMGSCb2dk.pdf> (0,48 друк. арк., особистий внесок автора: проведення польових дослідів та розрахунки економічної ефективності технології вирощування сої).

21. Дідур І.М., Циганський В.І. Формування фотосинтетичної продуктивності посівів сої за біологізованої системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 3 (30). С. 44-56. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-3-4. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/December2023/X6gRUpZYsju3HjXWChcr.pdf> (0,74 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та розрахунки фотосинтетичної діяльності посівів сої – 0,37 друк. арк., 75 %).

22. Дідур І.М., Циганський В.І. Вплив мікоризації насіння та ґрунтового біодобрива на формування індивідуальної продуктивності рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 4 (31). С. 5-15. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-4-1. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/December2023/3QR3ZcqckE3YpMk9IyH6.pdf> (0,68 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та обліки індивідуальної продуктивності рослин сої – 0,50 друк. арк., 75 %).

23. Дідур І.М. Вплив обробки насіння та позакореневих підживлень на формування продуктивності рослин сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Агрономія і біологія»*. 2023. Вип. 1 (51). DOI: 10.32782/agrobio.2023.1.5. URL: <https://snaubulletin.com.ua/index.php/ab/article/view/847/770> (0,8 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та обрахунки насінневої продуктивності сої залежно від технологічних прийомів вирощування).

24. Дідур І.М. Вплив інокуляції насіння та позакореневих підживлень на тривалість вегетації та динаміку густоти рослин сої в умовах Лісостепу правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 130 С. 50-56. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.8> URL: [https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/130\\_2023/8.pdf](https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/130_2023/8.pdf) (0,59 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та спостереження за тривалістю вегетаційного періоду сої залежно від технологічних прийомів вирощування).

25. **Didur I.**, Tsyhanskyi V., Tsyhanska O. Influence of biologisation of the nutrition system on the transformation of biological nitrogen and formation of soybean productivity. *Plant and Soil Science*. 2023. № 14 (4). P. 86-97. DOI: <https://doi.org/10.31548/plant4.2023.86> (1,10 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та розрахунки трансформації біологічного азоту – 0,83 друк. арк., 75 %).

26. **Дідур І.М.**, Бандровський Д.В. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення на формування симбіотичної продуктивності посівів гороху. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. №1 (32). С. 5-14. DOI: URL: (0,60 друк. арк., особистий внесок – проведення польових дослідів та розрахунки симбіотичного потенціалу посівів гороху – 0,44 друк. арк., 75 %).

### ***Співавторство у монографіях***

27. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., **Дідур І.М.**, Циганський В.І., Панцирева Г.В. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2021. 276 с. (11,70 друк. арк.).

28. Мазур В.А., Гончарук І.В., **Дідур І.М.**, Панцирева Г.В., Телекало Н.В., Купчук І.М. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2021. 180 с. (10,50 друк. арк.).

29. Мазур В.А., **Дідур І.М.**, Мостовенко В.В., Мазур О.В. Науково-теоретичне обґрунтування технологічних прийомів вирощування гороху в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця: ВНАУ. 2022. 222 с. (13,20 друк. арк.).

### ***Авторське свідоцтво на науковий твір***

30. Мазур В.А., Гончарук І.В., **Дідур І.М.**, Панцирева Г.В., Телекало Н.В., Купчук І.М. Монографія «Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур». Авторське свідоцтво на науковий твір № 104195. Публікація відомостей 21.04.2021, Бюл. № 64.

### ***Тези доповідей та апробації наукових досліджень на конференціях***

31. **Дідур І.М.** Вплив сучасних біологічних препаратів на симбіотичну продуктивність зернобобових культур в умовах дослідного поля ВНАУ. Міжнародна науково-практична конференція «Інновації сучасної агрономії», 30-31 травня 2019 р. Вінниця. С. 12-15 (0,30 друк. арк.).

32. **Didur I.** Influence of the of pea varieties depending on the seeds treatment and foliar fertilizing in Ukraine. *Agronomy Research Biosystems Engineering*. 2020. May 6. P.10-12. (0,30 друк. арк.).

33. **Дідур І.М.** Стан та виробництво органічної продукції в Україні. VI Міжнародна науково-практична конференція «*About the problems of science and*

*practice, tasks and ways to solve them*», 26-30 жовтня 2020 р., Мілан, Італія. С. 26-31 (0,40 друк. арк.).

34. Дідур І.М. Вплив біоінокулянтів на продуктивність рослинно-мікробного симбіозу в агроценозах зернобобових культур. Науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і фахівців у сфері захисту і карантину рослин «Сучасні аспекти вирішення проблем у захисті і карантині рослин», 25 лютого 2021 р. Житомир. С. 11-13 (0,40 друк. арк.).

35. Дідур І.М. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на формування висоти рослин сої в умовах правобережного Лісостепу. XIV Міжнародна наукова конференція «Корми і кормовий білок», 12 жовтня 2022 р. Вінниця. С. 61-62 (0,40 друк. арк.).

36. Дідур І.М. Фотосинтетична продуктивність сої залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення. V Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових досліджень у виробництво», 19-21 жовтня 2022 р. Миколаїв. С. 41-43 (0,40 друк. арк.).

37. Дідур І.М. Вплив елементів біологізації системи удобрення на продуктивність сої. V Міжнародна науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 15 листопада 2022 р. Київ. С. 55-57 (0,30 друк. арк.).

38. Дідур І.М. Економічна оцінка моделей технології вирощування сої за біологізованої системи живлення Всеукраїнська науково-практична конференція «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку», 24-25 травня 2023 р. Вінниця. 3 с. (0,30 друк. арк.).

## АНОТАЦІЯ

**Дідур І.М. Наукові основи біологізації технологій вирощування зернобобових культур в умовах Лісостепу правобережного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 «Рослинництво». – Вінницький національний аграрний університет, ЗВО Подільський державний університет, м. Кам'янець-Подільський, 2024.

У дисертаційній роботі висвітлено результати досліджень з розробки, удосконалення та агроекологічного обґрунтування елементів біологізованих технологій вирощування зернобобових культур, зокрема сої та гороху в умовах Лісостепової зони України. Виявлено закономірності формування біометричних показників, ростових і продукційних процесів рослин досліджуваних культур, формування ними врожайності та якості продукції за поєднання невисоких доз мінеральних добрив з використанням ґрунтових та ендofітних груп мікроорганізмів за проведення обробки насінневого матеріалу і позакореневих підживлень посівів в основні фази росту та розвитку рослин.

Проведено експериментальні дослідження з сортами культур вітчизняної і зарубіжної селекції з високим потенціалом урожайності, встановлено оптимальні параметри живлення рослин за елементів біологізованих технологій вирощування, що забезпечило формування вищої потенційної продуктивності і підвищення економічної та енергетичної ефективності вирощування.

Наші дослідження показали, що гідротермічні умови та досліджувані фактори суттєво впливають на тривалість вегетаційного періоду рослин сої. Таким чином у середньому за роки досліджень найдовший період вегетації (118 діб) формувался на варіантах досліду, де проводили інокуляцію насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) у поєднанні з позакореневими підживленнями органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га). На варіантах, де проводилась інокуляція насіння вегетація рослин сої тривала на 3-5 діб довше, порівняно з контрольним варіантом. Позакореневі підживлення подовжували вегетаційний період рослин сої, у розрізі дослідних варіантів на 4-5 діб.

Крім того, бактеріальні препарати за обробки насіння та позакореневі підживлення суттєво впливали на висоту рослин, фотосинтетичну, симбіотичну і зернову продуктивність сої. Так у середньому за роки досліджень найбільш продуктивним поєднанням технологічних прийомів було обробка насіння інокулянтом Біоінокулянт БТУ (2,0 л/т) та проведення двох позакорневих підживлень органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га), при цьому висота рослин становила  $78,3 \pm 7,4$  см, тоді як на контролі лише  $65,0 \pm 7,2$  см, показники приросту висоти рослин на даному варіанті складали 7,2 см.

Дослідженнями встановлено, що дана модель технології вирощування сої забезпечила формування найвищої у досліді фотосинтетичної продуктивності посівів при цьому площа листової поверхні досягала рівня  $42,1 \pm 6,8$  тис. м<sup>2</sup>/га, що перевищувало контроль на 11,0 тис. м<sup>2</sup>/га, фотосинтетичний потенціал становив  $3,218$  млн м<sup>2</sup>×діб/га, а чиста продуктивності фотосинтезу знаходились на рівні  $1,07-7,68$  г/м<sup>2</sup> за добу.

Передпосівна обробка насіння Біоінокулянтом БТУ + позакореневі підживлення добривом Хелпрост соя забезпечували формування максимальної кількості та маси активних бульбочок на кореневій системі рослин відповідно  $42,6 \pm 9,2$  шт./рослину та  $554,7 \pm 19,6$  мг/рослину, на цих варіантах сформувалися і найвищі показники активного симбіотичного потенціалу  $20,730$  тис. кг діб/га та найвища кількість біологічно фіксованого азоту, відповідно  $101,9$  кг/га.

Встановлено, що максимальна індивідуальна продуктивність рослин та урожайність сої формується за умови проведення передпосівної обробки насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) сумісно із позакореневим підживленням у фази 3-й трійчастий листок та бутонізації органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га) за цих умов кількість бобів насіння на одній рослині становила  $28,8 \pm 5,6$  шт., кількість насінин на одній рослині  $51,7 \pm 7,4$  шт., маса насіння з однієї рослини  $8,19 \pm 1,6$  г. та маса 1000 насінин  $157,5 \pm 9,1$  г. при цьому урожайність насіння становила  $3,31$  т/га, що на  $0,84$  т/га (34,0 %) більше порівняно з контролем.

Дослідженнями також встановлено, що елементи продуктивності сої суттєво залежали від обробки насіння мікоризоутворюючим препаратом та використанням разом із мінеральними біодобрив.

Встановлено, що оптимальні умови для збереження найбільшої кількості рослин 92,7 %, які досягли фізіологічної стиглості, формувались на варіантах досліду, де у передпосівну культивуацію вносили біодобриво Граунфікс 5 л/га та проводили передпосівну обробку насіння мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) на фоні мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Крім того зазначені умови удобрення сприяли формуванню максимальних показників висоти рослин сої на рівні  $72,6 \pm 6,8$  см.

Внесення у передпосівну культивуацію біологічного добрива Граундфікс 5 л/га на фоні мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та оброблення насіння перед сівбою мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд 1,5 л/т впливали на формування найвищої у досліді площі листової поверхні –  $40,4 \pm 4,4$  тис.  $m^2$ /га що відповідно, на  $11,6$  тис.  $m^2$ /га більше порівняно із контролем. На даному варіанті зафіксований і найвищий фотосинтетичний потенціал  $3,153$  млн  $m^2 \times$ діб/га, та показники чистої продуктивності фотосинтезу –  $1,34-5,44$  г/ $m^2$  за добу.

Біометричні дослідження засвідчили, що максимальна кількість бобів на одній рослині  $27,2 \pm 3,9$  шт. із кількістю насінин із рослини, відповідно,  $47,2 \pm 5,2$  шт. формувались на варіантах досліду із внесенням мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , біологічного добрива Граунфікс 5 л/га, а також обробкою насіння перед сівбою мікоризоформуючим препаратом Мікофренд 1,5 л/т. На цих же варіантах досліду було отримано і найвищу масу 1000 насінин, відповідно,  $160,9 \pm 14,2$  г. та урожайність насіння  $2,97$  т/га, що на  $0,68$  т/га більше при порівнянні з контролем.

Встановлено, що оптимізація системи удобрення гороху за рахунок використання бактеріального та мікоризоутворюючого препаратів для обробки насінневого матеріалу та проведення позакореневого підживлення впливали на формування основних показників продуктивності посіву.

Виявлено, що на варіантах досліду, де вносили мінеральні добрива у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$ , проводили обробку насіння інокулянтном Андеріз (2 л/т), мікоризоутворюючим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) у поєднанні із позакореневим підживленням комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1 л/га) формувалась максимальна у досліді висота рослин гороху, яка у фазі фізіологічної стиглості становила  $84,3 \pm 11,0$  см у сорту Девіз та  $82,9 \pm 10,5$  см у сорту Царевич, що відповідно, на  $7,3$  см і  $7,9$  см перевищувало контроль.

За даної системи удобрення формувались і максимальні значення фотосинтетичної та симбіотичної продуктивності рослин гороху. При цьому площа асиміляційної поверхні у сорту Девіз становила  $53,5$  тис.  $m^2$ /га та у сорту Царевич –  $59,5$  тис.  $m^2$ /га, що відповідно, на  $9,3$  і  $8,4$  тис.  $m^2$ /га перевищувало контроль. Дані варіанти досліду забезпечили і формування максимальних показників фотосинтетичного потенціалу який у сорту Девіз складав  $2,769$  млн  $m^2 \times$ діб/га, а у сорту Царевич  $2,978$  млн  $m^2 \times$ діб/га, та найвищої у досліді кількості

біологічно фіксованого азоту, відповідно, у сорту Девіз 48,6 кг/га, Царевич 56,3 кг/га.

Удосконалення системи удобрення гороху шляхом позакореневого підживлення добривом Гуміфренд (1 л/га) та обробки насіння інокулянтм Андеріз (2,0 л/т) та мікоризоформуєчим препаратом Мікофренд (1,5 л/т) забезпечило інтенсифікацію диференціації генеративних органів. При цьому кількість бобів на рослині у сорту Девіз становила – 4,49 шт./рослину, а у сорту Царевич – 5,32 шт./рослину, маса зерна на одній рослині відповідно до сорту 4,62 і 5,57 г/рослину, а маса 1000 насінин 202,5 і 204,5 г. Встановлено, що на даних варіантах формувалась і максимальна урожайність насіння досліджуваних сортів. Так, урожайність зерна сорту Девіз, у середньому за роки досліджень становила 3,76 т/га, а сорту Царевич 4,16 т/га, що на 0,78 та 0,81 т/га перевищувало контроль.

На основі розрахунку економічної оцінки досліджуваних технологій вирощування сої та гороху встановлено високу ефективність застосування біологічних факторів. Зокрема поєднання біологічного добрива Граундфікс 5 л/га та обробки насіння перед сівбою мікоризоутворюєчим препаратом Мікофренд (1,5 л/га) на фоні мінерального удобрення  $N_{45}P_{45}K_{45}$  забезпечило рівень рентабельності 125,0 %, а модель технології вирощування сої, яка передбачала обробку насіння препаратом Біоінокулянт БТУ (2 л/т) та два позакореневих підживлень органо-мінеральним добривом Хелпрост соя (2,5 л/га) у фази 3-й трійчастий листок та бутонізації забезпечила одержання найвищого енергетичного коефіцієнту посіву 3,0.

Сумісна обробка насіння препаратами Андеріз (2,0 л/т) і Мікофренд (1,5 л/т) та проведення двох позакореневих підживлень у фази бутонізації та зелених бобів комплексним добривом на основі гумату калію Гуміфренд (1,0 л/га) на фоні мінерального удобрення  $N_{30}P_{60}K_{60}$  забезпечило формування максимального рівня рентабельності 108,3 % і 126,2 % у сортів гороху Девіз і Царевич.

*Ключові слова: соя, горох, бактеріальні препарати, мікоризоутворюючі препарати, добрива, фотосинтетична, симбіотична, індивідуальна продуктивність, урожайність, економічна ефективність, енергетична оцінка.*

## SUMMARY

### **I. Didur. Scientific bases of biologization of technologies for growing legumes in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. – Qualifying scientific work on manuscript rights.**

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Agricultural Sciences in the specialty 06.01.09 “Crop production”. – Vinnytsia National Agrarian University, IHE Podilsk State University, Kamianets-Podilskyi, 2024.

The dissertation highlights the results of research on the development, improvement and agroecological justification of elements of biological technologies for growing legumes, in particular soybeans and peas, in the conditions of the Right-Bank Forest Steppe. The regularities of the formation of biometric indicators, growth and production processes of plants of the studied crops, their formation of yield and quality

of products by combining the norms of mineral fertilizers with the use of soil and endophytic groups of microorganisms for the treatment of seed material and foliar feeding of crops in the main phases of plant growth and development were revealed.

The experimental studies with varieties of domestic and foreign breeding crops with high yield potential were conducted. The optimal parameters of plant nutrition were determined using elements of biological cultivation technologies, which ensured the formation of higher potential productivity and increased economic and energy efficiency of cultivation.

It was determined that the hydrothermal conditions and factors that were put to study significantly influenced the duration of the vegetation period of soybean plants. Thus, on average over the years of research, the longest vegetation period (118 days) was formed on the experimental options, where seed inoculation was carried out with the preparation Bioinoculant BTU (2 l/t) in combination with foliar fertilizing with organo-mineral fertilizer Helprost soyben (2.5 l/ha). On the options where seed inoculation was carried out, the vegetation of soybean plants lasted 3-5 days longer, compared to the control option, where seed treatment was not carried out. Foliar fertilization extended the growing season of soybean plants by 4-5 days in the experimental options.

In addition, the seed treatment with bacterial preparations and application of foliar fertilization significantly affected plant height, photosynthetic, symbiotic and seed productivity of soybeans. So, on average over the years of research, the most productive combination of technological techniques was seed treatment with the inoculant Bioinoculant BTU (2.0 l/t) and carrying out two foliar feedings with organo-mineral fertilizer Helprost soybean (2.5 l/ha). At the same time, the height of the plants was  $78.3 \pm 7.4$  cm, while it was only  $65.0 \pm 7.2$  cm in the control.

The research has found that this model of soybean cultivation technology ensured the formation of the highest photosynthetic productivity of crops in the experiment. At the same time, the leaf surface area reached the level of  $42.1 \pm 6.8$  thousand  $\text{m}^2/\text{ha}$ , which exceeded the control by 11.0 thousand  $\text{m}^2/\text{ha}$ . The photosynthetic potential was 3.218 million  $\text{m}^2 \times \text{day}/\text{ha}$ , while the net productivity of photosynthesis was at the level of  $1.07\text{--}7.68$   $\text{g}/\text{m}^2$  per day.

The pre-sowing treatment of seeds with Bioinoculant BTU + foliar fertilizing with Helprost soybean fertilizer ensured the formation of the maximum number and mass of active nodules on the root system of plants in the experiment,  $42.6 \pm 9.2$  pcs/plant and  $554.7 \pm 19.6$  mg/plant, respectively. The highest indicators of active symbiotic potential (20.730 thousand  $\text{kg} \cdot \text{day}/\text{ha}$ ) and the highest amount of biologically fixed nitrogen (101.9  $\text{kg}/\text{ha}$ ) were also formed on those options.

It was determined that the maximum individual productivity of plants and yield of soybeans was formed under the condition of pre-sowing treatment of seeds with the preparation Bioinoculant BTU (2 l/t) + foliar feeding in the 3rd trifoliolate phase and budding with organo-mineral fertilizer Helprost soybean (2.5 l/ha). Under those conditions, the number of beans per plant was  $28.8 \pm 5.6$  pcs, the number of seeds per plant was  $51.7 \pm 7.4$  pcs, the weight of seeds from one plant was  $8.19 \pm 1.6$  g and the weight of 1000 seeds was  $157.5 \pm 9.1$  g. The yield of seeds was 3.31 t/ha, which was by

0.84 t/ha (34.0%) more compared to the control option, where seed treatment and foliar fertilization were not conducted.

The research has defined that the elements of soybean productivity depended significantly on the treatment of seeds with a mycorrhiza-forming preparation and the use of biological fertilizer on the background of mineral fertilizers.

It was determined that the optimal conditions for the preservation of the largest number of plants (92.7%), which reached physiological maturity, were formed on the experimental options, where the biofertilizer Groundfix 5 l/ha was applied to the pre-sowing cultivation and the pre-sowing treatment of the seeds with the mycorrhiza-forming drug Mycofriend (1.5 l/ha t) on the background of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  mineral fertilizer was carried out. In addition, the specified fertilization conditions contributed to the formation of the maximum height indicators of soybean plants at the level of  $72.6 \pm 6.8$  cm.

The application of Groundfix biological fertilizer 5 l/ha to the pre-sowing cultivation on the background of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  mineral fertilizer and the pre-sowing treatment of the seeds with the mycorrhiza-forming drug Mycofriend 1.5 l/t influenced the formation of the highest leaf surface area in the experiment ( $40.4 \pm 4.4$  thousand  $m^2/ha$ ), which was by 11.6 thousand  $m^2/ha$  more compared to the control. The highest photosynthetic potential of 3.153 million  $m^2 \times day/ha$  and the indicators of net photosynthesis productivity of 1.34-5.44  $g/m^2$  per day were recorded in that option.

The biometric studies proved that the maximum number of beans on one plant was  $27.2 \pm 3.9$  pcs with the number of  $47.2 \pm 5.2$  pcs of seeds from the plant, respectively, were formed on the experimental options with the application of mineral fertilizers in a dose of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  and the biological fertilizer Groundfix 5 l/ha, as well as the pre-sowing treatment of the seeds with the mycorrhiza-forming drug Mycofriend 1.5 l/t. The highest weight of 1000 seeds was  $160.9 \pm 14.2$  g and the seed yield was 2.97 t/ha, respectively, which was by 0.68 t/ha more than the control option, in which seed treatment was not carried out and foliar fertilization was not applied.

It was determined that the optimization of the pea fertilization system due to the use of bacterial and mycorrhizal preparations for seed treatment and foliar fertilizing influenced the formation of the main indicators of crop productivity.

It was found that on the experimental options, where mineral fertilizers were applied in a dose of  $N_{30}P_{60}K_{60}$  and the seed treatment with the inoculant Anderiz (2 l/t) and the mycorrhiza-forming preparation Mycofriend (1.5 l/t) in combination with foliar fertilization with a complex fertilizer based on Humifriend potassium humate (1 l/ha) was carried out, the maximum height of pea plants in the experiment was formed. In the phase of physiological maturity it was  $84.3 \pm 11.0$  cm in Deviz variety and  $82.9 \pm 10.5$  cm in Tsarevych variety, which exceeded the control by 7.3 cm and 7.9 cm, respectively.

Maximum values of photosynthetic and symbiotic productivity of pea plants were formed under that fertilization system. The area of the assimilation surface was 53.5 thousand  $m^2/ha$  in Deviz variety and 59.5 thousand  $m^2/ha$  in Tsarevych variety, which exceeded the control option by 9.3 and 8.4 thousand  $m^2/ha$ , respectively. Those experimental options ensured the formation of the maximum indicators of photosynthetic potential, which was 2.769 million  $m^2 \times day/ha$  in Deviz variety and

2.978 million  $\text{m}^2 \times \text{day}/\text{ha}$  in Tsarevych variety. The highest amount of biologically fixed nitrogen in the experiment was 48.6 kg/ha in Deviz variety and 56.3 kg/ha in Tsarevych variety.

The improvement of the pea fertilization system through foliar fertilizing with Humifriend fertilizer (1 l/ha) and seed treatment with Anderiz inoculant (2.0 l/t) and Mycofriend mycorrhizal preparation (1.5 l/t) ensured the intensification of the differentiation of generative organs. The number of beans per plant was 4.49 pcs/plant in Deviz variety and 5.32 pcs/plant in Tsarevych variety. The weight of grain per plant was 4.62 g/plant in Deviz variety and 5.57 g/plant g/plant, while the weight of 1000 seeds was 202.5 g and 204.5 g, respectively. It was found that the maximum grain yield of the studied varieties was formed on those options. On average over the years of research, the productivity of Deviz variety was 3.76 t/ha, while the productivity of Tsarevych variety was 4.16 t/ha, which was by 0.78 and 0.81 t/ha higher than the indicators of the control.

On the basis of the calculation of the economic evaluation of researched technologies of growing soybeans and peas, the high efficiency of the use of biological preparations was determined. In particular, the combination of biological fertilizer Groundfix 5 l/ha and the pre-sowing treatment of the seeds with the mycorrhiza-forming drug Mycofriend (1.5 l/ha) on the background of mineral fertilizer  $\text{N}_{45}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$  ensured a profitability level of 125%. The model of soybean cultivation technology, which provided for the treatment of seeds with the preparation Bioinoculant BTU (2 l/t) and two foliar top dressings with organo-mineral fertilizer Helprost soybean (2.5 l/ha) in the phase of the 3rd trifoliolate leaf and bud formation provided the highest energy coefficient of sowing – 3.0.

The treatment of seeds with Anderiz (2.0 l/t) in combination with Mycofriend (1.5 l/t) and carrying out two foliar feedings in the phase of budding and green beans with a complex fertilizer based on potassium humate Humifriend (1.0 l/ha) on the background of mineral fertilizer  $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  ensured the formation of the maximum level of profitability of 108.3% and 126.2% in Deviz and Tsarevych pea varieties.

*Key words: soybean, pea, bacterial preparations, mycorrhizal preparations, biological fertilizer, mineral fertilizers, photosynthetic, symbiotic, individual productivity, yield, economic efficiency, energy assessment.*



Формат 60x84/16 Ум. друк. арк. 1.9. Тир. 100 прим. Зам. № 202404165  
Підписано до друку 04.04.2024. Папір офсетний

Надруковано з макету замовника у ФОП Господарець С.М.  
5-й провулок Комарова 6, м. Вінниця, 21008  
e-mail: [okto.ua@gmail.com](mailto:okto.ua@gmail.com) тел.: 0935985858

