

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

КОРОБКО АЛІНА АНАТОЛІЇВНА

УДК 633.34:631.5(477.4)(20,2.485)(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
АДАПТИВНИХ СОРТІВ СОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

201 Агронімія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


_____ А.А. Коробко

Науковий керівник:

Мазур Олександр Васильович,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Вінниця 2025

АНОТАЦІЯ

Коробко А.А. Вдосконалення елементів технології вирощування адаптивних сортів сої в умовах Лісостепу правобережного – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 Агронімія. – Вінницький національний аграрний університет, Вінниця. 2025.

Дисертаційна робота присвячена науково-теоретичному обґрунтуванню та практичному вирішенню наукового завдання, яке полягало у доцільності застосування передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень біопрепаратами з метою максимальної реалізації потенційно генетичних можливостей адаптивних сортів сої в умовах Лісостепу правобережного.

У вступі дисертації обґрунтовано актуальність, мету, завдання, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів дослідження.

Перший розділ присвячено огляду наукової літератури щодо історії походження, народногосподарського значення, ботанічних та біологічних особливостей сої. На основі вітчизняних і зарубіжних літературних джерел проаналізовано динаміку виробництва цієї культури в Україні та світі, а також вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень біопрепаратами на морфологію та продуктивність сої.

Другий розділ присвячено аналізу ґрунтово-кліматичних умов, що впливають на ріст сої, а також визначенню сприятливих та несприятливих гідротермічних режимів. Розділ також містить характеристику досліджуваних сортів сої та біопрепаратів, а також опис методології дослідження.

Експериментальна частина дисертації детально описує результати досліджень, зокрема: проходження фенологічних фаз, особливості проростання насіння та початкового росту, наростання надземної маси, площу листової поверхні, елементи структури врожаю, а також формування фотосинтетичної, симбіотичної та зернової продуктивності сортів сої. На основі отриманих даних обґрунтовано економічну та біоенергетичну ефективність застосування досліджуваних технологічних прийомів вирощування.

Дослідження проводилися протягом 2022–2024 років на дослідних полях НДГ «Агрономічне», що належить Вінницькому національному аграрному університету на сірих лісових ґрунтах середньо-суглинкового типу. Погодні умови протягом цих років були різноманітними: 2023 рік виявився найбільш сприятливим для росту і розвитку рослин сої завдяки достатній вологості в ключові періоди та оптимальному температурному режиму.

Агротехнічні заходи, застосовані в дослідях, відповідали загальноприйнятим стандартам для зони Лісостепу правобережного, за винятком тих факторів, які досліджувалися. Схема досліду була побудована за принципом 2x2x4. Розмір кожної облікової ділянки становив 25 м², а дослідження проводилися в чотириразовій повторності. Вивчалися два середньоранніх сорти сої: канадський сорт Амадеус від компанії «Прогрейн» та український сорт Самородок, розроблений Інститутом кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України. Підготовка ґрунту до посіву включала оранку на глибину 20–22 см та культивування на глибину 5–6 см. Насіння перед посівом обробляли сучасним рідким біоінокулянтом Різолан-р та біопротектором Різосейв (*Bradyrhizobium japonicum* та *Rhizobium leguminosarum*) від компанії «БТУ-Центр». Норма витрати препаратів становила 2,0 л/т Різолан-р та 0,5 л/т Різосейв, а робочий розчин – 10,0 л/т насіння. Посів проводили на глибину 3–4 см з міжряддями 45 см. Підживлення рослин здійснювали регулятором росту Азотофіт-р (0,5 л/га) та біопрепаратом Органік баланс (0,5 л/га) у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя (1,0 л/га) та Хелпрост бор (0,5 л/га) у фазу першого-третього трійчасного листка та у фазу бутонізації-цвітіння, робочий розчин 200 л/га.

За результатами досліджень сорт сої Амадеус має коротший період вегетації порівняно з сортом Самородок. У початковій фазі росту та розвитку рослин сої не спостерігалося істотних відмінностей у тривалості міжфазних періодів, оскільки передпосівна обробка насіння не значно впливала на нього. Однак, застосування інокуляції насіння перед посівом та дворазове підживлення рослин регулятором росту Азотофіт-р та біопрепаратом Органік баланс у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор, сприяли подовженню періоду

вегетації. Загальна тривалість вегетаційного періоду (до повної стиглості) зростає з 97 діб на контрольному варіанті до 107 діб у сорту Самородок, а у сорту Амадеус – з 95 діб на контролі до 103 діб, що позитивно вплинуло на врожайність сої за рахунок довшого періоду наливу насіння.

Дослідження показали, що передпосівна обробка насіння та проведене дворазове комплексне позакореневе підживлення рослин сої сприяло збільшенню висоти рослин. У сорту Самородок приріст становив 20,73% в порівнянні з контролем, а в сорту Амадеус – 21,92% порівняно з рослинами на контрольному варіанті без застосування інокуляції та підживлень.

Найвиразніший ефект збільшення площі листкової поверхні досягався при інокуляції біоінокулянтом Різолан-р і біопротектором Різосейв та дворазовому комплексному підживленню рослин Азотофіт-р та Органік баланс у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор, що збільшило площу листкової поверхні у сорту Самородок на 7,69-16,91% протягом періоду вегетації, а у сорту Амадеус – на 7,9-18,11%. Дослідження чітко демонструють високу ефективність поєднання дворазового комплексного підживлення з інокуляцією насіння для збільшення площі листкової поверхні сої. Використання цих агротехнічних прийомів сприяє активнішому розвитку фотосинтетичного апарату рослин, що відіграє ключову роль у підвищенні продуктивності посівів.

Дослідження фотосинтетичного потенціалу посівів сої сорту Самородок і Амадеус за 2022-2024 роки показали, що передпосівна обробка насіння біоінокулянтом Різолан-р у поєднанні з біопротектором Різосейв та комплексні позакореневі підживлення біопрепаратом Органік баланс та регулятором росту Азотофіт-р у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелп-рост соя і Хелпрост бор позитивно вплинули на ФП. У сорту Самородок ФП збільшився у порівнянні з контрольним варіантом на 56,2% у фазу бутонізації, 41,94% у фазу цвітіння і 62% у фазу наливу насіння. У сорту Амадеус спостерігалось збільшення ФП у порівнянні з абсолютним контролем на 33,3% у фазу бутонізації, 42,1% у фазу цвітіння і 58,7% у фазу наливу зерна відповідно.

Було досліджено, як змінюється загальна кількість бульбочок на коренях сої та кількість тих бульбочок, які активно фіксують азот (шт./рослину) на коренях рослин сої залежно від позакореневих підживлень та інокуляції насіння. Найвищі прирости кількості бульбочок відмічено на варіанті за інокуляції та двократного внесення біопрепаратів та мікродобрив у фазу 1-3 трійчастого листка: Органік баланс, Азотофіт, Хелп-рост соя, Липосам та у фазу бутонізації-цвітіння: Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор, Липосам, де у сорту Самородок була сформована загальна кількість бульбочок на рівні 50,3 шт./рослині, з них активних – 36,0 шт./рослині, у сорту Амадеус – 55,6 та 40,0 шт./рослині. Це вище ніж на абсолютному контрольному варіанті на 16,6 і 11,5 шт.; 16,7 і 12,6 шт. відповідно.

Більш позитивний вплив на показник кількості бульбочок чинила інокуляція насіння Різолайном, аніж позакореневі підживлення. Сумісна дія інокуляції насіння та позакореневих підживлень виявилася найефективнішим агрозаходом для створення оптимальних умов для розвитку симбіотичного апарату.

Комбінація інокуляції насіння та комплексного підживлення забезпечує найвищі показники якості насіння сої сортів Самородок і Амадеус, значно підвищуючи вміст протеїну та жиру порівняно з контролем. Найвищі показники якості насіння зафіксовано при комбінації інокуляції та комплексного підживлення (Органік баланс, Азотофіт, Хелп-рост соя/бор): у сорту Самородок – 39,67% протеїну і 20,64% жиру, у сорту Амадеус – 39,98% протеїну і 20,45% жиру. Сорт Амадеус демонструє вищу базову якість насіння та стабільно переважає Самородок за вмістом протеїну. При інтенсивних обробках різниця між сортами зменшується, що свідчить про більший потенціал сорту Самородок до покращення якісних показників за умов оптимізації агротехніки. Для сорту Самородок приріст протеїну склав 10,5%, а жиру – 13,6%; для сорту Амадеус – 8,8% і 13,1% відповідно.

За результатами досліджень встановлено, що показники урожайності сортів Самородок і Амадеус в 2023 році були дещо вищими у порівнянні до показників 2022 та 2024 року, оскільки гідротермічні умови були більш сприятливими для повноцінної реалізації генетичного потенціалу досліджуваної культури.

Максимальну урожайність насіння в середньому за три роки досліджень було отримано у сорту Амадеус канадської селекції на рівні 3,54 т/га, що більше у порівнянні з абсолютним контролем на 28,63% і у сорту Самородок української селекції на рівні 3,22 т/га, що більше від контрольного варіанту на 32,85% відповідно.

Економічний аналіз результатів дослідження підтвердив ефективність використання біологічних методів у живленні сої. Тому для виробництва рекомендовано варіант з обробкою насіння перед посівом біоінокулянтом Різолан-р та біопротектором Різосейв і дворазовим підживленням регулятором росту Азотофіт-р та біопрепаратом Органік баланс у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор у фазі 1-3 трійчастого листка та бутонізації-цвітіння. Цей метод забезпечив максимальний прибуток (21683 грн/га для сорту Амадеус та 18113 грн/га для сорту Самородок) і найвищу рентабельність (104,3% та 88,2% відповідно).

Ключові слова: соя, сорт, інокуляція насіння, позакореневі підживлення, біологічні препарати, група стиглості, фотосинтетична продуктивність, ширина міжрядь, висота рослин, площа листкової поверхні, урожайність, якість насіння, економічна ефективність.

SAMARRY

Korobko A.A. Improvement of the elements of the technology of growing adaptive soybean varieties in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe – Qualification scientific work on the rights of a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 Agronomy. – Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia. 2025.

The dissertation work is devoted to the scientific and theoretical substantiation and practical solution of the scientific task, which consisted in the expediency of using pre-sowing seed treatment and foliar feeding with biological products in order to maximize the potential genetic potential of adaptive soybean varieties in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe.

The introduction of the dissertation substantiates the relevance, goal, objectives, scientific novelty and practical significance of the obtained research results.

The first section is devoted to a review of the scientific literature on the history of origin, national economic significance, botanical and biological features of soybean. Based on domestic and foreign literary sources, the dynamics of the production of this crop in Ukraine and the world, as well as the influence of chelate microfertilizers during pre-sowing seed treatment and foliar feeding on the morphology and productivity of soybeans.

The second section is devoted to the analysis of soil and climatic conditions affecting soybean growth, as well as the determination of favorable and unfavorable hydrothermal regimes. The section also contains a characteristic of the studied soybean varieties and biological preparations, as well as a description of the research methodology.

The experimental part of the dissertation describes in detail the results of the research, in particular: the passage of phenological phases, the features of seed germination and initial growth, the growth of aboveground mass, the area of the leaf surface, elements of the crop structure, as well as the formation of photosynthetic, symbiotic and grain productivity of soybean varieties. Based on the data obtained, the economic and bioenergetic efficiency of the application of the studied technological methods of cultivation is substantiated.

The research was conducted during 2022–2024 in the experimental fields of the SRF «Agronomichne», which belongs to the Vinnytsia National Agrarian University, on gray forest soils of medium loam type. Weather conditions during these years were diverse: 2023 turned out to be the most favorable for the growth and development of soybean plants due to sufficient moisture in key periods and optimal temperature conditions.

The agrotechnical measures used in the experiments met generally accepted standards for the Right-Bank Forest-Steppe zone, with the exception of those factors that were studied. The experimental design was built according to the 2x2x4 principle. The size of each accounting plot was 25 m², and the research was conducted in four replications. Two medium-early soybean varieties were studied: the Canadian variety Amadeus from the Prograin company and the Ukrainian variety Samorodok, developed by the Institute of Feed and Agriculture of Podillia of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Soil preparation for sowing included plowing to a depth of 20–22 cm and cultivation to a depth of 5-6 cm.

Seeds were treated with the modern liquid bioinoculant Rizoline-r and the bioprotector Rizosave (*Bradyrhizobium japonicum* and *Rhizobium leguminosarum*) from the BTU-Center company.

The consumption rate of the preparations was 2,0 l/t Rizoline-r and 0,5 l/t Rizosave, and the working solution was 10,0 l/t of seeds. Sowing was carried out to a depth of 3-4 cm with row spacing of 45 cm. Plant feeding was carried out with the growth regulator Azotofit-r (0,5 l/ha) and the biological preparation Organic Balance (0,5 l/ha) in combination with the chelate microfertilizers Helprost soy (1,0 l/ha) and Helprost boron (0,5 l/ha) in the phase of the first-third three-leaf and in the phase of budding-flowering, the working solution was 200 l/ha.

According to the results of the research, the soybean variety Amadeus has a shorter vegetation period compared to the Samorodok variety. In the initial phases of growth and development of soybean plants, no significant differences in the duration of interphase periods were observed, since pre-sowing seed treatment did not significantly affect it. However, the use of seed inoculation before sowing and two-time fertilizing of plants with the growth regulator Azotofit-r and the biological preparation Organic Balance in combination with chelated microfertilizers Helprost soy and Helprost boron contributed to the extension of the growing season. The total duration of the vegetation period (until full maturity) increased from 97 days in the control variant to 107 days in the Samorodok variety, and in the Amadeus variety – from 95 days in the control to 103 days, which positively affected soybean yield due to a longer seed filling period.

Studies have shown that pre-sowing seed treatment and two-time complex foliar feeding of soybean plants contributed to an increase in plant height. In the Samorodok variety, the increase was 20,73% compared to the control, and in the Amadeus variety – 21,92% compared to plants in the control variant without the use of inoculation and feeding.

The most pronounced effect of increasing the leaf surface area was achieved when inoculating with the bioinoculant Rizoline-r and the bioprotector Rizosave and two-time complex feeding of plants Azotofit-r and Organic Balance in combination with chelate microfertilizers Helprost soy and Helprost boron, which increased the leaf surface area in the Samorodok variety by 7,69-16,91% during the growing season, and in the Amadeus

variety by 7,9-18,11%. Studies clearly demonstrate the high efficiency of combining two-time complex feeding with seed inoculation to increase the leaf surface area of soybeans. The use of these agrotechnical techniques contributes to a more active development of the photosynthetic apparatus of plants, which plays a key role in increasing crop productivity.

Studies of the photosynthetic potential of soybean crops of the Samorodok and Amadeus varieties for 2022-2024 showed that pre-sowing seed treatment with the bioinoculant Rizoline-r in combination with the bioprotector Rizosave and complex foliar top dressing with the biological preparation Organic Balance and the growth regulator Azotofit-r in combination with the chelated microfertilizers Help-rost soy and Helprost bor had a positive effect on PP. In the Samorodok variety, PP increased compared to the control variant by 56,2% in the budding phase, 41,94% in the flowering phase, and 62% in the seed filling phase. In the Amadeus variety, an increase in PP was observed compared to the absolute control by 33,3% in the budding phase, 42,1% in the flowering phase, and 58,7% in the grain filling phase, respectively.

It was investigated how the total number of nodules on soybean roots and the number of nodules that actively fix nitrogen (pcs./plant) on the roots of soybean plants changes depending on foliar feeding and seed inoculation. The highest increases in the number of nodules were observed in the variant with inoculation and double application of biological preparations and microfertilizers in the phase 1-3 of the triple leaf: Organic balance, Azotofit-r, Help-growth soy, Liposam and in the budding-flowering phase: Organic balance, Azotofit-r, Helprost boron, Liposam, where the Samorodok variety formed a total number of nodules at the level of 50,3 pcs./plant, of which 36,0 pcs./plant were active, and in the Amadeus variety – 55,6 and 40,0 pcs./plant. This is higher than in the absolute control variant by 16,6 and 11,5 pcs.; 16,7 and 12,6 pcs. respectively.

Seed inoculation with Rizoline-r had a more positive effect on the number of nodules than foliar top dressing. The combined effect of seed inoculation and foliar top dressing was the most effective agronomic measure to create optimal conditions for the development of the symbiotic apparatus.

The combination of seed inoculation and complex top dressing provides the highest quality indicators of soybean seeds of the Samorodok and Amadeus varieties, significantly

increasing the protein and fat content compared to the control. The highest seed quality indicators were recorded with a combination of inoculation and complex fertilization (Organic Balance, Azotofit-r, Help-Growth Soybean/Bor): in the Samorodok variety – 39,67% protein and 20,64% fat, in the Amadeus variety – 39,98% protein and 20,45% fat. The Amadeus variety demonstrates a higher basic seed quality and consistently outperforms the Samorodok in protein content. With intensive processing, the difference between varieties decreases, which indicates a greater potential of the Samorodok variety to improve quality indicators under conditions of optimization of agricultural technology. For the Samorodok variety, the increase in protein was 10,5%, and fat – 13,6%; for Amadeus – 8,8% and 13,1%, respectively.

According to the results of the research, it was found that the yield indicators of the Samorodok and Amadeus varieties in 2023 were slightly higher compared to the indicators of 2022 and 2024, since hydrothermal conditions were more favorable for the full realization of the genetic potential of the studied crop.

The maximum seed yield on average over three years of research was obtained in the Amadeus variety of Canadian selection at the level of 3,54 t/ha, which is 28,63% more than the absolute control, and in the Samorodok variety of Ukrainian selection at the level of 3,22 t/ha, which is 32,85% more than the control variant, respectively.

Economic analysis of the research results confirmed the effectiveness of using biological methods in soybean nutrition. Therefore, the recommended option for production is seed treatment before sowing with bioinoculant Rizoline-r and bioprotector Rizosave and two-time top dressing with growth regulator Azotofit-r and biological preparation Organic Balance in combination with chelate microfertilizers Helprost soy and Helprost boron in phases 1-3 of the triple leaf and budding-flowering. This method provided the maximum profit (21683 UAH/ha for the Amadeus variety and 18113 UAH/ha for the Samorodok variety) and the highest profitability (104,3% and 88,2%, respectively).

Keywords: soybean, variety, seed inoculation, foliar fertilization, biological preparations, maturity group, photosynthetic productivity, row spacing, plant height, leaf surface area, yield, seed quality, economic efficiency.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ
**Стаття в іноземному науковому фаховому виданні, що індексується в
 міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science**

1. **Korobko A.A., Kravets R.A., Mazur O.V., Mazur O.V., Shevchenko N.V.** Nitrogen-Fixing Capacity of Soybean Varieties Depending on Seed Inoculation and Foliar Fertilization with Biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. № 25 (4). P. 23–37. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/183497>. URL: http://www.jeeng.net/pdf-183497-106561?filename=Nitrogen_Fixing%20Capacity.pdf. (1,52 друк. арк., особистий внесок – представлено результати досліджень азотфіксуючої здатності сортів сої залежно від інокуляції насіння та позакореневих підживлень біопрепаратами, а саме зміну загальної та активної кількості та маси бульбочок азотфіксуючих бактерій на коренях рослин сої та формування загального і активного симбіотичних потенціалів та тривалості симбіозу – 0,3 друк. арк.).

**Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених
 до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus)**

2. **Коробко А.А.** Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 125–134. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2021.253098.

URL: <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/253098>.

(0,86 друк. арк., особистий внесок – на основі аналізу статистичних даних виділено світові країни-лідери по врожайності та площах посіву сої та визначено місце серед них України. Підтверджено, що в Україні соя є стратегічною культурою, яка впливає на стабілізацію землеробства, підвищення родючості та допомагає в розв'язанні продовольчої проблеми, запропоновано впровадити комплекс інноваційних рішень на різних стадіях виробництва, а також використовувати нові, продуктивні сорти для підвищення ефективності виробництва цієї культури.).

3. Telekalo N.V., **Korobko A.A.** Selection of adaptive soybean varieties in cultivation technology under conditions of climate change. *Agriculture and*

forestry. 2022. № 3 (26). С. 125–137. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-3-10. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/November2022/syNef1Ntp1jmUSxe9Z8C.pdf> (0,77 друк. арк., особистий внесок – за результати аналізу Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні обрано два адаптивні сорти сої української та зарубіжної селекції. Досліджено тривалість міжфазних періодів залежно від передпосівної обробки насіння інокулянтом Різолан у поєднанні з біопротектором Різосейв та позакореневих підживлень біопрепаратами Азотофіт та Органік-баланс у поєднанні з мікродобривом Хелп-рост Соя та Хелп-рост Бор – 0,39 друк. арк.).

4. **Коробко А.А.** Вплив інокуляції насіння та підживлення на процеси росту й розвитку рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С. 203–213. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-18. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/June2023/QYcqz3yR6Yu5MJJoYrA9L.pdf> (0,79 друк. арк., особистий внесок – досліджено вплив передпосівної обробки насіння біоінокулянтом Різолан з біопротектором Різосейв та позакореневих підживлень біопрепаратами Азотофіт та Органік Баланс у поєднанні з багатоконпонентними хелатними мікродобривами Хелп-рост Соя та Хелп-рост Бор на висоту рослин, площу листової поверхні та тривалість міжфазних періодів адаптивних сортів сої.).

Інші видання (тези доповідей)

5. **Коробко А.А.** Господарсько-цінне значення та перспективи вирощування сої в умовах правобережного Лісостепу України. *Наука, освіта та суспільство: тенденції, виклики, перспективи*: матеріали Міжнародної науково - практичної конференції. 1 лютого 2022 року. Полтава, Україна. 2022. С. 49 – 50.

URL: https://drive.google.com/file/d/1qqgJAXFGGNtF7ceESz6G9dXuoTNT_Th3/view?pli=1. (0,14 друк. арк.).

6. **Коробко А.А.** Соя – стратегічна культура під час війни в Україні. *Сучасна наука: теоретичні та прикладні аспекти*: матеріали VII всеукраїнської

мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції, 31 липня 2022 року. Житомир, 2022. С. 58–62. URL: <https://webconference.org.ua/modern-science-theoretical-and-applied-aspects/>. (0,18 друк. арк.).

7. **Коробко А.А.** Перспективні напрямки використання сої. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, 30 вересня 2022 року. Полтава, 2022. С. 90 – 92

URL: https://drive.google.com/file/d/18Iu4yMG9nZL2gGGQuC3Myi92C3kL_7xY/view. (0,19 друк. арк.).

8. **Коробко А.А.** Порівняльна оцінка адаптивних сортів сої. *Роль меліорації та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства*: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, 8 грудня 2022 року. Київ, Україна, 2022. С. 60–61. URL: http://rada.iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2022/12/zbirnik_IWPLR_December_8_2022.pdf (0,11 друк. арк.).

9. **Коробко А.А.** Продуктивність адаптивних сортів сої за умов зміни клімату. *Наука, освіта, технології і суспільство в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції, 11 квітня 2023 року. Житомир, 2023. С. 41–42. URL : <http://www.economics.in.ua/2023/03/xxi-11-2023.html> (0,2 друк. арк.).

10. **Коробко А.А.** Урожайність та господарська придатність сої за умов зміни клімату. Сучасні світові тенденції розвитку науки, освіти, технологій та суспільства: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, 28 червня 2023 року. Кропивницький, 2023. С. 53–55. URL: <http://www.economics.in.ua/2023/07/28.html> (0,13 друк. арк.).

12. **Korobko A.A.** Influence of seed inoculation and nutrition on the growth and development of soybean plants. *Modern Approaches to Problem Solving in Science and Technology: collection of abstracts II International scientific and practical conference*. November 15-17, 2023 Warsaw, Poland. 2023. P. 35–38. URL:

https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2023/11/Modern-Approaches-to-Problem-Solving-in-Science-and-Technology_Nov_15_17_Warsaw_Poland.pdf (0,18 друк. арк.).

13. **Коробко А.А.** Продуктивність адаптивних сортів сої за умов зміни клімату. *Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення*: матеріали доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 7-8 грудня 2023 року. Миколаїв. 2023. С. 10 – 13. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/17135> (0,13 друк. арк.).

14. **Коробко А.А.** Біоорганічна технологія вирощування сої та обробка зерна шляхом мікронізації. *Молодь – науці і виробництву: Актуальні питання харчової промисловості*: матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 14 травня 2024 року. Херсон. 2024. С. 71–72. URL: https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2024/05/mater_14_05_24.pdf (0,13 друк. арк.).

15. **Коробко А.А.** Азотфіксуюча здатність адаптивних сортів сої залежно від інокуляції та підживлень біопрепаратами в умовах трансформації клімату. *Сучасні технології в рослинництві*: тези Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослинника Рожественського Бориса Миколайовича 27–28 листопада 2024 року. м. Харків. 2024. С. 229–232. URL: <https://yuriev.com.ua/assets/files/konferencii/zbirnik-tez-konferencii-ir-2024.pdf> (0,13 друк. арк.).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	17
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	24
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	26
1.1. Соя: від давнини до сучасності – історія та народногосподарське значення....	26
1.2. Ботанічна та біологічна характеристика сої.....	35
1.3. Динаміка виробництва сої в Україні та світі	38
1.4. Підбір адаптивних сортів сої до зміни клімату	51
1.5. Вплив інокуляції на процеси росту й розвитку рослин сої	57
1.6. Вплив системи живлення на процеси росту й розвитку рослин сої.....	62
Висновки до розділу 1:	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 1	71
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ І ДОСЛІДЖУВАНИХ СОРТІВ СОЇ	87
2.1. Ґрунтово-кліматична характеристика зони та погодні умови в роки проведення досліджень.....	87
2.2. Матеріали та методи досліджень.....	100
Висновки до розділу 2:	115
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	117
РОЗДІЛ 3. РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПІДЖИВЛЕНЬ	123
3.1. Формування густоти посіву залежно від сорту, передпосівної обробки та системи підживлень	123
3.3. Вегетаційний період та тривалість міжфазних періодів залежно від впливу елементів технології вирощування.....	127
Висновки до розділу 3:	134
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	138
РОЗДІЛ 4. ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ, СИСТЕМИ ПІДЖИВЛЕНЬ.....	139
4.1. Формування площі листкової поверхні залежно від сорту, передпосівної обробки та системи підживлень.....	141
4.2. Формування фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу залежно від сорту, інокуляції та системи підживлень.....	144

4.3. Формування індексу листкової поверхні залежно від сорту, передпосівної обробки та системи підживлень.....	148
Висновки до розділу 4:	153
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 4.....	155
РОЗДІЛ 5. СИМБІОТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ.....	157
5.1. Зміна кількості та маси бульбочок азотфіксуючих бактерій на коренях рослин сої	160
5.2. Формування загального і активного симбіотичних потенціалів залежно від інокуляції та позакореневих підживлень	172
Висновки до розділу 5:	177
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 5.....	179
РОЗДІЛ 6. УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ, ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ	180
6.1. Вплив інокуляції та позакореневих підживлень на елементи структури врожаю рослин сої	180
6.2. Урожайність та якість насіння сої залежно від інокуляції	187
та позакореневих підживлень	187
Висновки до розділу 6:	196
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 6.....	200
РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ	201
7.1. Економічна ефективність вирощування сої за інокуляції та позакореневих підживлень	201
7.2. Біоенергетична оцінка вирощування сої за інокуляції та позакореневих підживлень	208
Висновки до розділу 7:	210
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 7.....	212
ВИСНОВКИ.....	213
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	220
ДОДАТКИ.....	221

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Соя – це важлива сільськогосподарська культура, яка має широкий спектр застосування. Її використовують у виробництві продуктів харчування, кормів для тварин, а також у промисловості та медицині.

Соя має унікальну здатність збагачувати ґрунт азотом, що робить її цінним попередником для інших культур, таких як зернові, картопля та кукурудза. Особливість цієї культури полягає в тому, що вона здатна давати два види врожаю за один вегетаційний період: білок і рослинну олію.

Вирощування органічної сої є ключовим завданням для українських аграріїв. Однак, це також відкриває значні можливості для збільшення виробництва насіння та отримання більших прибутків. Високий попит на сою серед місцевих фермерів зумовлений стабільно високими цінами на цю культуру протягом минулого сезону.

У світовому масштабі сою розглядають як засіб для вирішення трьох основних продовольчих проблем: забезпечення зерном, виробництво білка та фіксація азоту в ґрунті. Українські науковці вважають, що соя повинна відігравати аналогічну роль в Україні, особливо як цінний попередник для зернових культур. Дослідженням цієї проблематики займалися науковці Мазур В.А, Дідур І.М, Ткачук О.П., Новицька Н.В., Джемесюк О.В., Дідора В.Г., Шевніков М.Я., Панцирева Г.В., Циганський В.І, Циганська О.І., Чинчик О.С., Каленська С.М., Волкогон В.В. та інші. Збільшення урожайності зернових, вирощених після сої, становить 3–4 ц/га. Крім того, соя є незамінним джерелом білкових кормів для тваринництва. Без соєвого шроту виробництво м'яса може скоротитися на 30-50 %.

Вибір сорту є критично важливим фактором для досягнення високої продуктивності сої. Український ринок постійно поповнюється новими сортами, і на 2020 рік у Державному реєстрі налічувалося 285 сортів, серед яких 156 – вітчизняної селекції. Тому актуальним є дослідження потенціалу адаптивних сортів сої із застосуванням біологічних препаратів, таких як стимулятори росту та підсилювачі азотфіксації, у поєднанні з сучасними хелатними мікродобривами. Це дозволить розробити нові, адаптовані до місцевих умов технології вирощування, які гарантуватимуть стабільні та високі врожаї з відмінними якісними показниками.

Дослідження також сприятимуть оптимізації процесів росту та розвитку сої, що забезпечить максимальну продуктивність культури.

Для ефективного розвитку соєвого виробництва необхідні сорти та технології, які враховують специфіку кожного регіону. Тому розробка та вдосконалення технологій вирощування сої з урахуванням місцевих умов, включаючи вибір високоврожайних сортів, обробку насіння та позакореневе підживлення хелатними мікродобривами, є важливим завданням для сільського господарства в умовах Правобережного Лісостепу. Це питання потребує наукового та практичного обґрунтування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана відповідно до плану наукових досліджень і розробок Вінницького національного аграрного університету і є складовою частиною науково-дослідних робіт на тему: «Оптимізація адаптивних технологій вирощування зернобобових культур в умовах Лісостепу правобережного» (державний реєстраційний номер 0224U033349, термін виконання грудень 2021 – грудень 2024 рр.), у рамках якої автором запропоновано вдосконалені елементи технології вирощування зернобобових культур на прикладі сої, які забезпечують збільшення показників урожайності; «Розробка науково-технологічного забезпечення підвищення родючості ґрунтів та раціонального використання потенціалу біоресурсів» (номер державної реєстрації 0124U000444, січень 2024 – січень 2026 рр.), у межах якої автором встановлено, що проведення інокуляції та позакорневих підживлень на досліджуваних сортах сої підвищує показники симбіотичного апарату: кількості і маси бульбочок та інтенсивного їх функціонування з формуванням найвищих показників загального і активного симбіотичного потенціалу, а також збільшує кількість біологічно фіксованого азоту.

Мета дослідження полягає у виявленні залежностей росту і розвитку та формування продуктивності адаптивних сортів сої від комплексної передпосівної обробки насіння біоінокулянтном Різолан-р у поєднанні з біопротектором Різосейв та позакореневого підживлення регулятором росту Азотофіт-р і біопрепаратом Органік

баланс у поєднанні з багатокomпонентними хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор в умовах Лісостепу правобережного.

Завдання дослідження:

- дослідити вплив інокуляції насіння та позакореневих підживлень на показники густоти стояння, польової схожості та збереження рослин сортів сої.

- встановити вплив передпосівної обробки насіння і позакореневих підживлень на тривалість вегетаційного і міжфазних періодів, а також лінійні проміри рослин сортів сої.

- визначити вплив елементів технології вирощування на площу листкової поверхні, показники фотосинтетичного потенціалу, чистої продуктивності фотосинтезу, індексу листкової поверхні.

- вивчити дію інокуляції насіння та позакореневих підживлень на показники симбіотичного апарату сортів сої та накопичення біологічно-фіксованого азоту.

- встановити залежність формування елементів структури врожаю та урожайності сортів сої від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень.

- проаналізувати вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на якість насіння сортів сої.

- встановити залежність від проведення передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на економічну ефективність та енергетичну оцінку результатів досліджень.

Об'єкт дослідження – процеси формування продуктивності рослин сортів сої залежно від впливу елементів технології та особливостей їх взаємодії у ґрунтово–кліматичних умовах зони.

Предмет дослідження – сорти сої, бактеріальні препарати, комплексні хелатні мікродобрива, підживлення, урожайність, якість зерна, економічна та енергетична ефективність технологій вирощування.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи застосовані загальнонаукові методи досліджень: польовий – для встановлення формування урожайності, технологічних та погодних чинників в умовах проведення досліджень; візуальний –

для визначення фенологічних та морфологічних змін росту сої; лабораторні: біохімічний – для визначення хімічного складу зерна; ваговий – для визначення продуктивності рослин та посівів; фізіологічний – для визначення фотосинтетичної та симбіотичної діяльності посівів сої; статистичні: дисперсійний – для визначення вірогідності отриманих результатів досліджень; порівняльно-розрахунковий – для проведення економічної та енергетичної ефективності досліджуваних технологій вирощування сої; кореляційний та регресивний – для встановлення тісноти зв'язків між факторами, що були поставлені на вивчення і продуктивністю рослин сої.

Наукова новизна отриманих результатів. *Вперше* в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу правобережного:

– розроблені елементи технології вирощування адаптивних сортів сої залежно від передпосівної обробки насіння біоінокулянтом Різолан-р у поєднанні з біопротектором Різосейв та позакореневих підживлень регулятором росту Азотофіт-р та біопрепаратом Органік баланс у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелп рост соя та Хелп рост бор;

– досліджено особливості формування надземної маси, тривалість вегетаційного та міжфазних періодів росту та розвитку сої, елементів структури врожаю залежно від гідротермічних умов регіону вирощування, сортових особливостей та елементів технології вирощування;

– встановлено особливості формування фотосинтетичної та симбіотичної продуктивності посівів сої та їх взаємозалежність з урожайністю та якістю зерна;

– обґрунтовано економічну та енергетичну ефективність досліджуваних елементів технології вирощування сої.

Удосконалено окремі елементи технології вирощування сої, такі як обробка насіння біоінокулянтом у поєднанні з біопротектором, а також позакореневі підживлення регуляторами росту та біопрепаратами у поєднанні з хелатними мікродобривами в умовах Лісостепу правобережного для підвищення урожайності насіння сої та покращення стану ґрунтів.

Набули подальшого розвитку питання комплексної передпосівної обробки насіння біоінокулянтом Різолан-р і біопротектором Різосейв та проведення

позакореневого підживлення регулятором росту Азотофіт-р та біопрепаратом Органік баланс у поєднанні з багатоконпонентними хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор при вирощуванні сої на сірих опідзолених середньосуглинкових ґрунтах для збільшення економічної ефективності вирощування сої, а також для зменшення внесення хімічних препаратів.

Практичне значення результатів дослідження та їх впровадження полягає в обґрунтуванні, розробленні та впровадженні у виробництво елементів технології вирощування (передпосівної обробки насіння біоінокулянтном Різолан-р у поєднанні з біпротектором Різосейв за двократного підживлення регулятором росту Азотофіт-р та біопрепаратом Органік баланс у поєднанні з багатоконпонентними хелатними комплексними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор) адаптивних сортів сої, яке забезпечує отримання урожайності вище 3,0 т/га.

Одержані автором результати дисертаційного дослідження впроваджено в практичну діяльність: ФГ «Про-Харвест» смт Тиврів Тиврівського району Вінницької області за вирощування сої на площі 2 га (акт про впровадження наукових досліджень дисертаційної роботи у виробництво № 26 від 01.12.2023 р.); НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету с. Агрономічне Вінницького району Вінницької області за вирощування сої на площі 4 га (акт про впровадження наукових досліджень дисертаційної роботи у виробництво від 8.12.2023 р.); ФГ «Агро-Сад» с. Озаринці Могилів-Подільський району Вінницька області на площі 4 га (акт впровадження наукових досліджень дисертаційної роботи у виробництво № 1/10 від 1.10.2024 р.) – Додатки С1, С2, С3. Результати дисертаційного дослідження впроваджено у виробництво на площі 10 га.

Положення дисертаційної роботи мають практичну цінність і використовуються у навчальному процесі Вінницького національного аграрного університету під час викладання окремих частин навчальної дисципліни «Рослинництво» що підтверджено довідкою № 01.1-59-1412 від 13.12.2023 р. (Додаток С4).

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення дисертаційної роботи та практичні результати дослідження були апробовані на 11 наукових та

науково-практичних конференціях, зокрема: Міжнародна науково-практична конференція «Наука, освіта, суспільство: тенденції, виклики, перспективи» (м. Полтава, 1.02.2022 р.); Всеукраїнська науково-практична конференція «Розвиток аграрної науки в умовах змін клімату та діджиталізації землеробства» (м. Вінниця, 9-10.06.2022 р.); VII Всеукраїнська мультидисциплінарна науково-практична інтернет-конференція «Сучасна наука: теоретичні та прикладні аспекти» (м. Житомир, 31.07.2022 р.); Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування» (м. Полтава, 30.09.2022 р.); V міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Роль меліорації та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства» (м. Київ, 8.12.2022 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Наука, освіта, технології і суспільство в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації» (м. Житомир, 11.04.2023 р.); Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку» (м. Вінниця, 24-25.05.2023 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні світові тенденції розвитку науки, освіти, технологій та суспільства» (м. Кропивницький, 28.06.2023 р.); II International Scientific and Practical Conference «Modern Approaches to Problem Solving in Science and Technology» (Warsaw, Poland. November 15-17, 2023); Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності» (м. Вінниця, 23-24.05.2024 р.); Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні технології в рослинництві», присвячена 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослинника Рожественського Бориса Миколайовича (м. Харків, 27–28.12.2024 р.).

Публікації результатів дослідження.

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 14 наукових праць загальним обсягом 5,41 умовн. друк. арк. (власний доробок автора 3,81 умовн. друк. арк.): 1 в іноземному науковому фаховому виданні, що індексується в міжнародній наукометричній базі Scopus та Web of Science; 3 у наукових фахових виданнях України

та 10 тез доповідей у матеріалах науково-практичних конференцій.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, семи розділів, висновків, списку літературних джерел, рекомендацій виробництву та додатків. Повний обсяг дисертації викладено на 262 сторінках друкованого тексту, в тому числі у 47 таблицях та 16 рисунках, список використаних літературних джерел складає 225 найменувань, викладених на 28 сторінках, 32 додатки на 40 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації викладено на 221 сторінках друкованого тексту.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

% – відсоток

ВВСН – шкала фаз розвитку рослин

К – калій

N – азот

P – фосфор

АСП – активний симбіотичний потенціал

га – гектар

ГМО – генно модифікований організм

грн – гривня

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

З/П – заробітна плата

ЗСП – загальний симбіотичний потенціал

ІЛП – індекс листкової поверхні

К_{ее} – коефіцієнт енергетичної ефективності

л – літр

м – метр

м. – місто

мг – міліграм

млн – мільйон

мм – міліметр

НААН – Національна академія аграрних наук України

НДГ – науково дослідне господарство

НІР – найменша істотна різниця

°C – градус Цельсія

р. – рік

рис. – рисунок

pH – реакція ґрунтового розчину

рр. – роки

с. – село

см – сантиметр

США – Сполучені Штати Америки

т – танна

т.п. – тому подібне

табл. – таблиця

тис. – тисяча

ФГ – фермерське господарство

ФП – Фотосинтетичний потенціал

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу

шт. – штуки

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Соя: від давнини до сучасності – історія та народногосподарське значення

Соя – одна з найстаріших культурних рослин, що походить з Південно-Східної Азії. Її історія налічує близько п'яти тисячоліть, з першими згадками про вирощування в давньокитайській літературі, яка датується 3000-4000 роками до нашої ери. Китай став першою країною, де почали культивувати сою, і на початку ХХ століття був провідним світовим виробником та експортером цієї культури.

Згодом соя поширилася до Кореї, де також набула важливого значення як харчова рослина, а потім швидко проникла до Японії [1].

У 1873 році Віденська Всесвітня виставка стала поштовхом для розвитку промислового вирощування сої в Європі. На цій виставці були представлені останні наукові досягнення, зокрема, зразки сої та продуктів її переробки з Китаю, Японії, Тунісу та Алжиру. Австрійський вчений Ф. Габерландт вирішив адаптувати сою до європейського клімату для її промислового використання. Він розіслав насіння сої в сім господарств Центральної Європи, що сприяло поширенню цієї культури в Угорщині, Моравії, Чехії, Богемії та Польщі. Також були спроби вирощування сої в Німеччині. У результаті селекції в Австро-Угорщині було виведено ранньостиглий сорт сої з високою врожайністю та якістю насіння. Наприклад, у Буковині з одного зерна виростало до 188 зерен. Цей сорт відрізнявся підвищеним вмістом білка та жирів, а солома використовувалася для годівлі худоби. У 1901 році в журналі «Journal d'Agriculture Pratique» з'явилася стаття С. Courrière про досліди І.Є. Овсинського, де згадувалися два господарства, які отримали 72 ц сої з 80 кг насіння [2].

У 1740 році сою завезли до Франції, але її вирощування розпочалося лише з 1885 року. У 1790 році соя вперше з'явилася в Англії. У Сполучених Штатах Америки перші дослідження сої проводилися в 1804 році у штаті Пенсільванія та в 1829 році у штаті Массачусетс. У 1898 році до США було імпортовано багато сортів сої з Азії та

Європи, що дало поштовх для цілеспрямованої селекції та промислового вирощування цієї культури [1].

Спочатку адаптовані сорти використовувалася для виробництва біомаси для годівлі великої рогатої худоби, а деяке отримане зерно використовувалося для годівлі свиней на фермі. Після 1940-х років соя поступово перейшла від виробництва біомаси до виробництва зерна.

З початку 1970-х років соя була рушійною силою значного розвитку сільського господарства Бразилії. Вона не тільки стала лідером посівних площ та виробництва сільськогосподарських культур в Бразилії, а й піднялася до стану основного продукту, що експортується країною. За даними Бразильської асоціації індустрії рослинної олії, із 96,2 млн. тонн сої, вироблених у 2016 році, Бразилія експортувала 51,6 млн. тонн. Площа, виробництво та врожайність сої в Бразилії продовжують зростати. Це повинно привести Бразилію до того, щоб стати найбільшим у світі виробником сої, випередивши Сполучені Штати, протягом десятиліття [3].

У 1904 році відомий американський хімік Джордж Вашингтон Карвер виявив, що соєві боби є цінним джерелом білка та олії, а також мають властивості покращувати якість ґрунту. Він запропонував фермерам, які вирощували бавовну, трирічну систему сівозміни: протягом двох років вирощувати арахіс, сою, солодку картоплю або інші культури для збагачення ґрунту азотом і мінералами, а на третій рік – бавовну. Цей метод несподівано призвів до значно кращих врожаїв бавовни, ніж фермери отримували раніше [1].

У 1919 році Вільям Морс заснував Американську асоціацію соєвих бобів і став її першим президентом. На той час фермери використовували лише 20 перевірених сортів сої. У 1929 році Морс, після дворічної експедиції до Китаю, привіз понад 10 000 сортів сої для досліджень агрономів, розуміючи, що нові, покращені сорти сприятимуть підвищенню продуктивності фермерів [1].

Вирощування сої в Америці почало активно розвиватися лише в 1940-х роках. Виробництво сої в Китаї було призупинено через Другу світову війну та внутрішню революцію.

Після Другої світової війни Сполучені Штати пережили період економічного зростання. Виробники худоби виявили, що соєвий шрот є вигідним джерелом білка за доступною ціною. Курей, індиків, велику рогату худобу та свиней годували кормами, що містили десятки мільйонів тонн соєвого шроту щороку. Важливим науковим досягненням у сільському господарстві стало створення в 1990-х роках сортів сої, стійких до гербіцидів. Це дозволило фермерам ефективно боротися з бур'янами, не завдаючи шкоди соєвим рослинам. Цей прогрес сприяв розвитку нових методів вирощування, які набули поширення в усьому світі.

Завдяки високому вмісту білків, амінокислот, вітамінів та інших цінних речовин у соєвих зернах, її світове виробництво постійно зростає, збільшившись за останні 10 років з 108,4 до 157,7 мільйонів тонн. Серед олійних культур соя займає перше місце за обсягами виробництва, складаючи 51,8% від загального обсягу. На другому місці знаходиться бавовник (17,7%), на третьому – ріпак (11,3%), далі – арахіс (8,6%), соняшник (8,2%), пальма (1,7%) та копра (1,6%).

В Україні спостерігається зростання інтересу до сої, що стимулює збільшення її виробництва. Це, у свою чергу, зумовлює необхідність створення та впровадження нових, більш урожайних сортів, які б витримували складні погодні умови та були придатні для інтенсивного вирощування. Особлива увага приділяється ранньостиглим сортам, які дозволяють розширити географію вирощування цієї культури, охоплюючи практично всі регіони країни [1].

В 1893 році І.Є. Овсинський привіз з Китаю кілька зразків сої. Протягом шести років науковець шляхом добору вивів ранні сорти сої, з яких сорт з чорним насінням досягав за 107-110 днів, а з коричневим - за 100 днів. Ці зразки сої під назвою «соя рання» селекції Овсинського розмножувались і продавались досить швидко. До насіння, яке продавалось, додавалась брошура І.Є. Овсинського із характеристикою по урожайності і поживності цих зразків, а також описом агротехнічних прийомів вирощування сої. Ці сорти охоче купували і висівали в господарствах Чернігівської, Київської, Харківської та інших областей України, Сорти сої І.Є. Овсинського стали вихідним матеріалом для подальшої селекції в західноєвропейських країнах і США [4].

Але широкі дослідні і виробничі посіви в сої в Україні розпочаті лише в 1926 р. В цей час значно починають зростати її посіви в Кіровоградській, Одеській, Полтавській, Харківській та Вінницькій областях. Розпочата і селекційна робота з соєю на дослідних станціях – Синельниківській, Білоцерківській, Красноградській, Харківській, Чернівецькій, Українській дослідній станції олійних культур (Кіровоградська область) [5].

Селекційна робота в усіх науково-дослідних установах спрямована на підвищення урожайності зерна і поліпшення його якості, стійкості до найпоширеніших хвороб, до понижених температур в період сходів та плодоутворення. При цьому враховується, що зерно сої буде використовуватись для переробки на корм і харчові продукти, тому воно повинно характеризуватись високим вмістом протеїну з поліпшеним амінокислотним складом.

Сучасні дослідження в галузі селекції спрямовані на детальне вивчення механізмів успадкування кількісних і якісних характеристик, а також стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища. Ці знання використовуються для створення початкового матеріалу для виведення високопродуктивних сортів, адаптованих до конкретних умов вирощування. Методи біотехнології набувають все більшого значення як потужний інструмент селекції, що дозволяє підвищити врожайність і поліпшити якість продукції за рахунок розширення генетичного різноманіття. Це дозволяє подолати генетичну несумісність між різними видами і родами рослин, що використовуються в дослідженнях [4].

Більшість з сортів української селекції є досить продуктивними і в різних регіонах України в державному сортовипробуванні та передових господарствах забезпечують урожаї зерна в умовах зрошення 28-35 ц/га, а на незрошуваних землях – 20-28 ц/га. [1-3, 6-7].

У зв'язку з постійним зростанням населення планети, проблема забезпечення продовольством стає все більш актуальною. Соя відіграє ключову роль у вирішенні цього питання, оскільки є однією з найважливіших та найпоширеніших культур у світовому сільському господарстві, що сприяє збільшенню виробництва рослинного білка та олії. Унікальність сої полягає в її багатому природному складі, який включає

білки, жири, вуглеводи, мінеральні солі та вітаміни, що робить її неперевершеною серед інших рослинних та тваринних продуктів. Ця рослина поєднує в собі найцінніші характеристики рослинного світу, а її універсальність у використанні перевершує всі інші культурні рослини [8].

Соя пропонує кілька основних переваг у стійких системах землеробства, включаючи здатність фіксувати атмосферний азот за допомогою симбіотичної азотфіксації, що зменшує потребу вносити велику кількість азотних добрив. Ця перевага може бути особливо важливою при вирощуванні сільськогосподарських культур в країнах, де є серйозні економічні обмеження на використання добрив. Крім того, насіння сої має високий вміст білка та олії, що призводить до використання в їжу для людей, корм для тварин та промислові продукти [9].

Унікальні властивості зерна зернобобових культур відкривають надзвичайно широкий спектр у вирішенні питань рослинного білка і дозволяють використовувати в багатьох напрямках переробної галузі: різноманітні продукти для повсякденного, дієтичного та функціонального харчування, виробництво кормів, виробництво ліків, косметичні засоби [10-11].

Продовольче значення. Серед усіх зернобобових культур соя виділяється своїм багатим вмістом життєво важливих речовин. Її висока цінність пояснюється наявністю повноцінного білка, який за своїм амінокислотним складом близький до білків тваринного походження і легко засвоюється як людьми, так і тваринами. Зерно сої містить від 30% до 35% білка, від 14% до 25% олії, від 20% до 32% вуглеводів, а також близько 5% мінеральних речовин, включаючи калій, фосфор, кальцій, натрій, залізо, цинк, вітаміни групи В і С. Соеві продукти не містять холестерину і мають низьку калорійність. Соя також багата на ферменти та вітаміни, необхідні для організму. Важливою особливістю є здатність головного протеїну сої згортатися при закисанні, що дозволяє виготовляти з її насіння та бобів широкий спектр харчових продуктів [12].

Жодна інша рослина не здатна так швидко, за три-чотири місяці, накопичити таку кількість білка та жиру, як соя. Соя вирізняється надзвичайно широким спектром продуктів, які з неї виготовляються. Соевий білок і олію можна знайти у складі понад

тисячі харчових продуктів на полицях супермаркетів у розвинених країнах світу, починаючи від салатних заправок і соєвого «м'яса» до хліба та різноманітних готових страв [13].

Великий вміст білка і надзвичайно цінна його збалансованість за амінокислотним складом роблять сою чудовим заміником продуктів тваринного походження у харчуванні людини [13]. Із сої виготовляють соуси, молоко, сир, котлети, замітники яєчного порошку, кондитерські вироби, ковбаси, консерви та ін. Сою широко використовують під час виробництва м'ясних продуктів. В їжу використовують також незрілі боби у вареному й консервованому вигляді [13].

Встановлено, що в продуктах харчування із сої є антисклеротичні речовини, що особливо важливо для людей старшого і похилого віку, а також фосфатиди, які потрібні для живлення нервової тканини. Після віджимання соєвого молока на фільтрі-пресі залишається окара (макуха). Вона нагадує вологе борошно, її можна додавати у звичайне борошно і використовувати під час виготовлення хлібобулочних виробів, печива, підлив, соусів тощо, що збільшує вміст у них білка і клітковини [13].

Соя – важлива **технічна культура**. Вона займає перше місце у світовому виробництві харчової рослинної олії, яку використовують у їжу і яка є сировиною для виробництва вищих сортів столового маргарину, лецитину. Соєва олія широко використовується також у миловарній та лакофарбовій промисловості. Із білків сої виробляють пластмаси, клей та інші вироби. Наразі 60% зерна сої переробляється на олію. Олія засвоюється організмом на 98%. У ній велика кількість ненасичених жирних кислот (лінолевої і ліноленової), які не синтезуються в організмі і обов'язково повинні поступати з їжею. Вони знижують вміст холестерину в крові, позитивно діють на функціонування мозку, покращують зір [14].

Як **кормову культуру** сою можна згодовувати тваринам у вигляді макухи, соєвого шроту, дерті, молока, білкових концентратів, зеленого корму, сіна, силосу, соломи. Макуху можна застосовувати як універсальний білковий концентрований корм. Якщо до комбікормів додавати 10% соєвого шроту, це значно підвищує продуктивність тварин і зменшує витрату кормів [14].

Соеві корми мають високу поживну цінність. Наприклад, 100 кг зеленої маси сої містять 21 кормову одиницю та 3,5 кг перетравного протеїну, а 100 кг кукурудзяно-соевого силосу – 26 кормових одиниць та 2,9 кг перетравного протеїну. Соева макуха та шрот є цінними концентрованими кормами, що містять до 47% та понад 45% білка відповідно. За амінокислотним складом вони не поступаються м'ясо-кістковому та рибному борошну. Полова та солома сої є задовільним кормом для овець і кіз [14].

Скоростиглі сорти сої мають досить короткий період вегетації, тому після збирання сої можна вирощувати інші сільськогосподарські рослини на корм тваринам. Нещодавнє дослідження зарубіжних науковців [15] показало, що Бразилія може збільшити виробництво сої на 66% до 2050 року без вирубки лісів, і це зростання відбуватиметься на територіях з деградованими пасовищами. Вирощування силосних культур у проміжках між вирощуванням сої мало позитивний вплив на врожайність зерна сої та покращення родючості тропічних піщаних ґрунтів. Між сезонами врожаю сої необхідно вирощувати зернові культури на силос для згодовування тваринам. Це є хорошим варіантом, оскільки він має менший ризик, ніж виробництво зерна і приносить фінансову віддачу фермеру. У Бразилії для виробництва силосу використовують просо, сорго, тропічні трави роду *Urochloa* або *Panicum*, цукрову тростину та кукурудзу. Було виявлено, що просо в міжсезоння покращує врожайність сої, тропічні трави – найкращий варіант для виробництва силосу, а підвищення родючості ґрунту спостерігалось при застосуванні систем проса та тропічних трав [15].

Економічна роль сої безсумнівна, тому що рентабельність її виробництва може досягати 200–400%. За врожаїв насіння на рівні 20–25 ц/га вона є однією із найприбутковіших польових культур. Витрати на її вирощування окуповуються навіть за низьких урожаїв – 7-9 ц/га [14].

Ціна на сою в Україні 13500-15600 грн за 1 т насіння. На неї є попит на ринку оптових покупців, тож фермеру є сенс працювати у напрямку виробництва сої. Зацікавленість у вирощуванні цієї культури зростає й надалі, оскільки відкриваються нові можливості для її збуту за кордон. Соя – експорт орієнтована культура. А якщо

це ще й не ГМО соя, її ціна знову ж зростає в рази, тому що вона використовується в подальшому на харчові цілі [14].

Вирощування сої має значний агротехнічний вплив, оскільки під час росту рослини покращують фізичні та хімічні властивості ґрунту, підвищуючи його родючість. Соя не потребує додаткового внесення мінерального азоту, оскільки забезпечує себе цим елементом на 60-70% завдяки симбіотичним відносинам з бульбочковими бактеріями. Після збору врожаю сої в ґрунті залишається від 40 до 80 кг/га доступного азоту, який використовується наступними культурами в сівозміні [16].

Це підтверджується результатами досліджень деяких зарубіжних науковців [17]. Які досліджували середземноморські зрошувальні системи землеробства для максимізації виробництва протеїну при зменшенні використання синтетичних азотних добрив при вирощуванні кукурудзи за рахунок введення в сівозміну сої на зрошуваній території на північному сході Іспанії. Досліджували чотири системи посіву: кукурудза безперервного посіву, соя в трирічній ротації з кукурудзою; система подвійного посіву ячменю-кукурудзи; система подвійного посіву ячменю та сої [17].

Результати експерименту 2019-2021 років показали, що введення сої призвело до середнього збільшення врожайності на 28% наступної злакової культури. Крім того, збільшення загального поглинання азоту спостерігалось в кукурудзі та ячмені, які були висіяні після сої. У нашому випадку більше поглинання азоту в зернових культурах, яким передували посіви сої, свідчить про те, що рослинні залишки сої залишають більшу кількість мінерального азоту для наступної культури порівняно з рослинними залишками кукурудзи [17].

У той час як впровадження сої в системах одноразового посіву показало незначне збільшення врожайності білка, система подвійного посіву ячменю та сої призвела до найвищих показників урожайності білка (1778 кг протеїну на га) порівняно з традиційною безперервною одноразовою системою посіву кукурудзи (895 кг білка на га). Інтенсифікація сталої системи землеробства також призвела до зменшення використання синтетичних азотних добрив і підвищення ефективності використання

синтетичних азотних добрив порівняно з системами на основі кукурудзи (77 кг і 251 кг зерна на кг синтетичного азотного добрива відповідно) [18].

Цю гіпотезу підтвердили інші науковці [18], які продемонстрували, що пожнивні рештки сої не обов'язково залишають більшу кількість азоту в ґрунті, але вміст азоту в пожнивних рештках сої легко доступний для поглинання наступною культурою порівняно з азотом, який міститься в пожнивних рештках кукурудзи.

Підвищене поглинання азоту було визначено як один із головних факторів підвищення врожайності кукурудзи в Кукурудзяному поясі в США [19, 20], і пшениці в кількох помірних зонах по всьому світу [21], і навіть у Південній Бразилії [22].

Соя очищує поле від бур'янів і є добрим попередником для наступних культур сівозміни. Здатна використовувати малодоступні важкорозчинні мінеральні сполуки не тільки з орного шару, а й більш глибоких шарів ґрунту [23].

В посівах сої ґрунт перебуває у стані динамічної рівноваги, тобто значна кількість корисної мікрофлори є бар'єром проти нагромадження фітопатогенів у ґрунті, що запобігає масовому розвитку хвороб [23].

Соя – ключова культура XXI століття. За 50 років її світове виробництво зросло майже в 10 разів, що значно перевищує темпи зростання населення. Соя – четверта за обсягами виробництва у світі, важливе джерело рослинного білка та лідер за фіксацією азоту. В Україні соя активно впроваджується в сільське господарство, що дозволило країні стати найбільшим виробником сої в Європі та увійти до світової вісімки лідерів. Соя – цінний попередник у сівозміні, який сприяє підвищенню врожайності та зміцненню економіки господарств [23].

Підсумовуючи вищевикладене, можна з упевненістю сказати, що соя є ключовою, стратегічно важливою культурою для сільського господарства та економіки України в цілому. Для ефективного розвитку виробництва цієї культури необхідно впроваджувати комплекс інноваційних технологій на всіх етапах її вирощування [21-25].

1.2. Ботанічна та біологічна характеристика сої

Соя відноситься до родини бобових (*Leguminosae Juss*), підродини метеликових (*Papilionaceae Maub*), і роду гліцине (*Glycine L.*). Назва Soja походить від китайського слова «шу» – боби. Соя відома в сільському господарстві вже понад 6 тисяч років і, подібно до пшениці, рису, кукурудзи та проса, є однією з найдавніших культур. Більшість дослідників вважають Південно-Східну Азію, особливо Китай, батьківщиною культурної сої. Її вирощування сприяло розвитку стародавніх цивілізацій. Саме в Китаї сою почали культивувати та селекціонувати, про що свідчить велика різноманітність місцевих форм. Китайці також першими відкрили поживні властивості цієї культури, і в їхній кухні соя здавна використовується як заміник м'яса та молочних продуктів [26].

За біологічними особливостями соя належить до однорічних культур з періодом вегетації від 70 до 250 днів [27].

Соя має стрижневу кореневу систему. Головний корінь відносно короткий, але від нього відходить велика кількість довгих бічних коренів, які становлять близько 60% загальної маси кореневої системи. Коріння може проникати в ґрунт на глибину до 2 метрів, проте основна його маса зосереджена у верхньому, орному шарі ґрунту [28].

Як і більшість бобових культур, соя вступає в симбіотичний зв'язок з азотфіксуючими бактеріями. Приблизно через десять днів після появи сходів на коренях рослин утворюються потовщення – бульбочки, де живуть ці бактерії. Цей симбіоз відбувається завдяки мікроорганізмам *Rhizobium japonicum*. Кількість і форма бульбочок на коренях залежать від штаму бактерій, їхньої активності та умов вирощування, і можуть досягати до 400 штук на одну рослину. Важливо зазначити, що не всі бульбочки активно фіксують азот з повітря. Активність бульбочок залежить як від штаму бактерій, так і від умов вирощування конкретного сорту сої [27].

Сходи мають дві сім'ядолі, які під час проростання насіння виходять на поверхню ґрунту, що обмежує глибину загортання насіння [28].

Стебло прямостояче, сильно розгалужене, опушене. Залежно від того, під яким кутом відхиляються гілки від головного стебла, кущ буває стиснутий, напіврозлогий, розлогий [28].

Листки складні трійчасті, опушені.

Квітки дрібні, майже без запаху, віночок білого або фіолетового кольору, на коротких квітконіжках, розміщуються в пазухах листків. Соя – самозапильна рослина, квітки розкриваються після запліднення [28].

Боби прямі, зігнуті або проміжні, різної величини (3-6 см). Забарвлення світле, коричневе, буре, містять 1-4 насінини. Висота прикріплення нижніх бобів над поверхнею ґрунту- від 2-3 до 20-25 см. Вся рослина сої (стебло, листя, плоди) опушена. Забарвлення опушення рудувато-біле. *Glycine hispida* – з грецької мови: глікос - солодкий, а гіспіда – опушена [28].

Насіння жовте, коричневе, чорне і зелене. За формою кулясте, овальне, видовжене. Маса 1000 насінин від 50 до 425 г. Сім'ядолі жовті або зелені. Вони становлять близько 90% маси насінини [28].

При проростанні насіння сої на поверхню ґрунту виходять дві сім'ядолі, що обмежує глибину посіву [28].

Стебло сої прямостояче, з рясним розгалуженням і опушенням. Залежно від кута відходження гілок, кущ може бути компактним, напіврозлогим або розлогим. Листки сої складні, трійчасті, з опушенням [28].

Квітки дрібні, майже без запаху, білого або фіолетового кольору, розташовані на коротких квітконіжках у пазухах листків. Соя є самозапильною рослиною, і квітки розкриваються після запліднення [28].

Боби сої можуть бути прямими, зігнутими або мати проміжну форму, їх розмір варіюється від 3 до 6 см. Колір бобів може бути світлим, коричневим або бурим, і вони містять від 1 до 4 насінин. Висота прикріплення нижніх бобів над поверхнею ґрунту коливається від 2-3 до 20-25 см. Вся рослина сої, включаючи стебло, листки та плоди, має опушення. Назва *Glycine hispida* походить від грецьких слів «глікос» (солодкий) і «гіспіда» (опушена) [28].

Насіння сої може бути жовтим, коричневим, чорним або зеленим. За формою воно може бути кулястим, овальним або видовженим. Маса 1000 насінин становить від 50 до 425 г. Сім'ядолі жовті або зелені і становлять близько 90% маси насінини [28].

Вимоги до температури.

Соя – теплолюбна культура, її вирощують на великій території – від екватора і майже до 54° північної широти. Мінімальна температура проростання насіння 7-8°C, достатня – 12-14°C, оптимальна – 15-20°C. Сходи витримують приморозки до мінус 2-3°C. Сою висівають при переході температури повітря вище 15°C. До тепла соя вимоглива впродовж вегетації, особливо під час цвітіння і досягання. Оптимальна середньодобова температура росту в цей період 18-25°C. За температури 10-13°C досягання затримується. Тривалість вегетаційного періоду – 120-150 днів [28].

Для нормального розвитку сої необхідна сума активних температур (вище 15°C) на рівні 1800 градусів. За узагальненими даними багатьох авторів, для формування репродуктивних органів середньодобова температура 18-19°C є сприятливою, а 21-23°C – оптимальною. Для цвітіння – мінімальна становить 16-18°C, сприятлива 19-21°C, оптимальна – 22-25°C. Для формування бобів і насіння – 13-14°C – мінімальна, 17-18°C – сприятлива і 20-23°C – оптимальна. Для досягання – 8-9°C – мінімальна, 13-16°C – сприятлива і 18-20°C – оптимальна [28].

Вимоги до вологи.

Соя відноситься до культур, які помірно стійкі до посухи. На ранніх етапах розвитку, від сходів до початку цвітіння, вона потребує відносно невеликої кількості вологи. Для проростання насіння соя поглинає 130-160% і більше води від своєї маси. Після появи сходів коренева система сої активно розвивається, тоді як надземна частина росте повільніше, тому випаровування води в цей період незначне. Найбільша потреба у волозі виникає під час цвітіння та формування бобів. Недостатнє зволоження може призвести до опадання бутонів, квіток і плодів, а також до зменшення маси насіння та зниження врожаю. Соя має високий коефіцієнт транспірації, який становить 520-600 [28].

Вимоги до світла.

Соя належить до рослин короткого світлового дня і дуже чутлива до тривалості освітлення. Вирощування сої в північних регіонах призводить до подовження періоду її розвитку та зниження врожайності. У південних регіонах, де світловий день коротший, соя розвивається швидше, що скорочує її вегетаційний період [28].

На зріждених посівах боби сої формуються низько над землею, що призводить до втрат під час збирання врожаю. При більш густому посіві рослини менше розгалужуються, а боби розташовуються вище на стеблі, мінімізуючи втрати при збиранні. Освітленість значно знижується на полях, зарослих бур'янами, що призводить до різкого зменшення врожаю. Особливо шкідливими бур'яни є для сої в перші 40-50 днів її росту, коли формуються репродуктивні органи [28].

Вимоги до ґрунту.

Найкращими ґрунтами для вирощування сої є чорноземи, темно-сірі та каштанові з нейтральною реакцією (рН 6,5-7,0) та високим вмістом органічних речовин. Непридатними для цієї культури є засолені, важкі, надто легкі, кислі та заболочені ґрунти [28].

Основні регіони вирощування сої на незрошуваних землях в Україні включають Вінницьку, Черкаську, Чернігівську, Кіровоградську, Хмельницьку, Тернопільську, Закарпатську, Київську області, а також райони з достатнім зволоженням у Дніпропетровській, Запорізькій, Миколаївській, Одеській та Харківській областях [28].

У південних і східних регіонах України сою успішно вирощують на зрошуваних землях. Ультраскоростиглі та скоростиглі сорти можуть бути вирощені в сприятливих районах Західного Лісостепу та Полісся [28].

1.3. Динаміка виробництва сої в Україні та світі

З усіх ресурсів життєзабезпечення суспільства продукти харчування посідають найважливіше місце. Україна є провідним виробником продовольства у світі навіть в умовах технологічного відставання галузі. Однак для подальшого розвитку аграрної

сфери держава повинна розробити та запровадити обґрунтовану стратегію модернізації аграрного виробництва. Агропромисловий комплекс, що виробляє сільськогосподарську сировину та продукти харчування, є гарантом продовольчої безпеки країни [11].

Зростання виробництва рослинницької продукції, у тому числі зерна зернобобових культур, а саме сої як невичерпного джерела білків рослинного походження, є однією з нагальних потреб аграрної галузі [11].

Соя, разом із зерновими культурами, давно займає провідне місце на вітчизняному аграрному ринку, а також має стратегічне значення для забезпечення продовольчої та економічної безпеки країни. Перехід від використання тваринних жирів на рослинні та олію, збільшення населення в Азії та стрімкий розвиток галузі тваринництва в Євросоюзі були основними факторами, які сприяли глобальному змінінню цієї культури. Зрештою, це призвело до збільшення світового попиту на сою та перенаправлення багатьох країн на вирощування соєвих культур, серед яких наша країна [29].

Усі країни та підприємства стикаються з проблемою забезпечення та підвищення якості білкової рослинної продукції. Її вирішення значною мірою залежить від успіху та ефективності економіки країни [11].

До 2030 року пріоритетним стратегічним напрямком розвитку агропромислового виробництва України повинна стати інтенсифікація виробництва зерна, у тому числі кормового. Для цього необхідно зосередитися на створенні високопродуктивних сортів шляхом визначення зони стабільного виробництва, оптимізації структури посівних площ провідних сільськогосподарських культур і розробки та впровадження нових, інноваційних технологій вирощування, які базуються на ефективному використанні факторів життя (світла, тепла, вологи та поживних речовин), що сприятиме максимальному синтезу органічної речовини та білка. Крім того, необхідно буде розробити єдину аграрну політику щодо виробництва зернобобових культур у світлі зміни клімату [11].

Такі вітчизняні науковці, як Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., Дідур І.М., Циганський В.І., Панцирева Г.В., а також Бербенець О.В., Жуйков О.Г.,

Іванів М.О., Марченко Т.Ю., Мірзоєва Т.В., Логвин І.М., присвятили свої дослідження питанням світового виробництва сої та її значення. Кожен із них зробив свій внесок у вирішення поточних проблем. Але ці проблеми необхідно регулярно переглядати та обговорювати з огляду на нові тенденції на глобальному та національному рівні [24, 26, 29, 30].

Соя, як цінна білково-олійна культура, яка широко використовується в харчовій та технічній промисловості, набуває виключного значення на сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу України. У цій рослині сконцентровано найцінніші властивості всього рослинного світу. Соя характеризується високою адаптацією до умов регіонів вирощування, універсальністю використання, збалансованістю білка за амінокислотним складом, його функціональною активністю. Завдяки цим властивостям та високій продуктивності соя займає у світовій піраміді рослинного білка перше місце як за площами посіву, так і за валовим збором зерна серед однорічних зернобобових і олійних культур. Крім того, вирощування сої в сівозміні дозволяє швидко підвищити урожайність, покращити родючість ґрунту, збільшити обсяг доступних поживних речовин для рослин і виробляти екологічно чисту продукцію [26].

Сою можна порівняти з пшеницею, рисом і кукурудзою за значенням у світовому масштабі. Ця білково-олійна культура належить до групи культур середньостійких до посухи. Її батьківщина – територія Південно-Східної Азії з тривалим безморозним періодом, вологим та спекотним літом. З кожним роком соєві продукти стають найпоширенішими в різних країнах світу. Наприклад, обсяги виробництва тільки соєвої олії збільшилися на 63% за останні 5 років.

Залежно від потреби, динаміка обсягів виробництва культури та посівні площі мають свої закономірності. За даними Kleffmann Group, загальна площа під соєю у світі за 2019 р. склала 122 млн га. П'ять лідерів із посівних площ займають 106 млн га, що становить понад 85% усіх посівів у світі (рис. 1.1) [29, 31, 32].

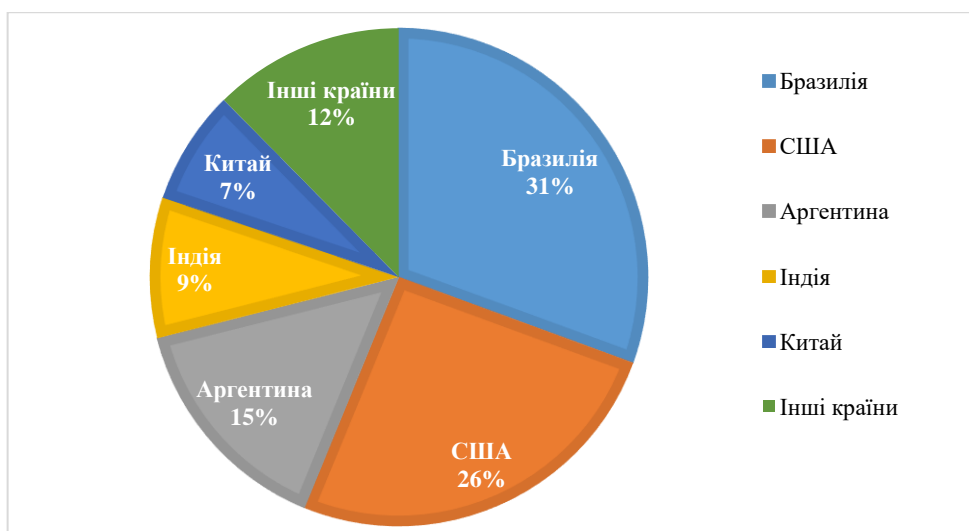


Рис. 1.1 Країни-лідери за площею посівів сої у світі

**Джерело: сформовано автором на основі [29, 31, 32].*

Україна посідає 9-е місце у світовому рейтингу, маючи посівні площі 1,550 млн га, або 1 % від даних по світу. Таку ж частку ринку займають країни: Болівія, Нігерія, Уругвай, сумарно країни ЄС та ПАР [29, 31, 32]. Порівняльні дані наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

ТОП-10 країн-виробників сої у світі

Місце	Країна	Виробництво, млн тонн
1	Бразилія	124
2	США	96,8
3	Аргентина	51
4	Китай	18
5	Парагвай	10
6	Індія	9,3
7	Канада	6
8	Росія	4,3
9	Україна	3,7
10	Болівія	2,9

**Джерело: сформовано автором на основі [29, 31, 32].*

Врожайність сої значно варіює залежно від регіону, кліматичних умов, технологій вирощування та сортових особливостей. Світове виробництво сої постійно зростає, що обумовлено її широким використанням у харчовій промисловості, тваринництві та виробництві біопалива. Тож подібна ситуація по врожайності сої у світі (рис. 1.2).

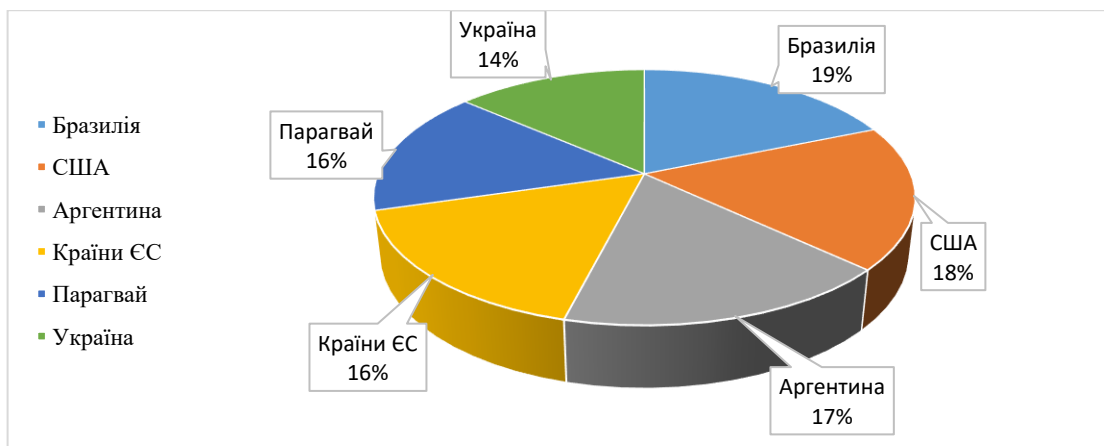


Рис. 1.2 Країни-лідери за врожайністю сої у світі станом на 2019 р.

*Джерело: сформовано автором на основі [29, 31, 32].

Як було показано, лідером з урожайності у 2019 р. стала Бразилія – 3,3 т/га, майже такий самий рівень у США та Аргентини – 3,2 т/га та 3 т/га відповідно. Четверте та п'яте місця посіли країни ЄС (2,9 т/га) та Парагвай (2,8 т/га). Явним лідером за обсягом виробництва у Європі виступає Італія. В Україні врожайність сої у 2019 р. становила 2,4 т/га [31].

Валовий збір урожаю сої в Україні та рейтинговий розподіл по областях показано на рисунках 1.3 і 1.4.

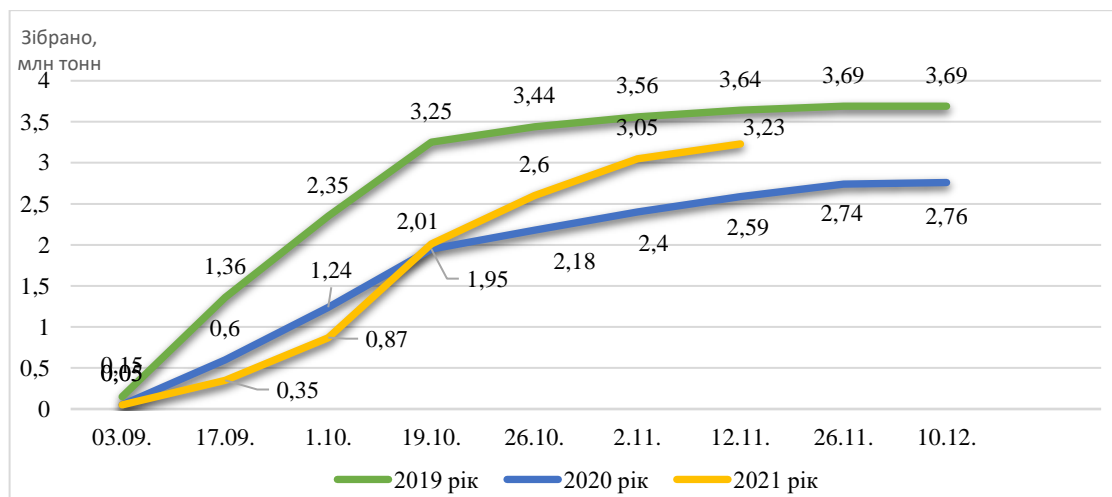


Рис.1.3 Валовой збір урожаю сої в Україні за 2019–2021 роки (станом на 12.11.2021 р.)

*Джерело: сформовано автором на основі [26, 31].

Інформація про лідерів з виробництва сої в Україні може відрізнятись залежно від року та джерела. Актуальні відомості подана в офіційних джерелах, наприклад, у Державній службі статистики України або Міністерстві аграрної політики та продовольства України.

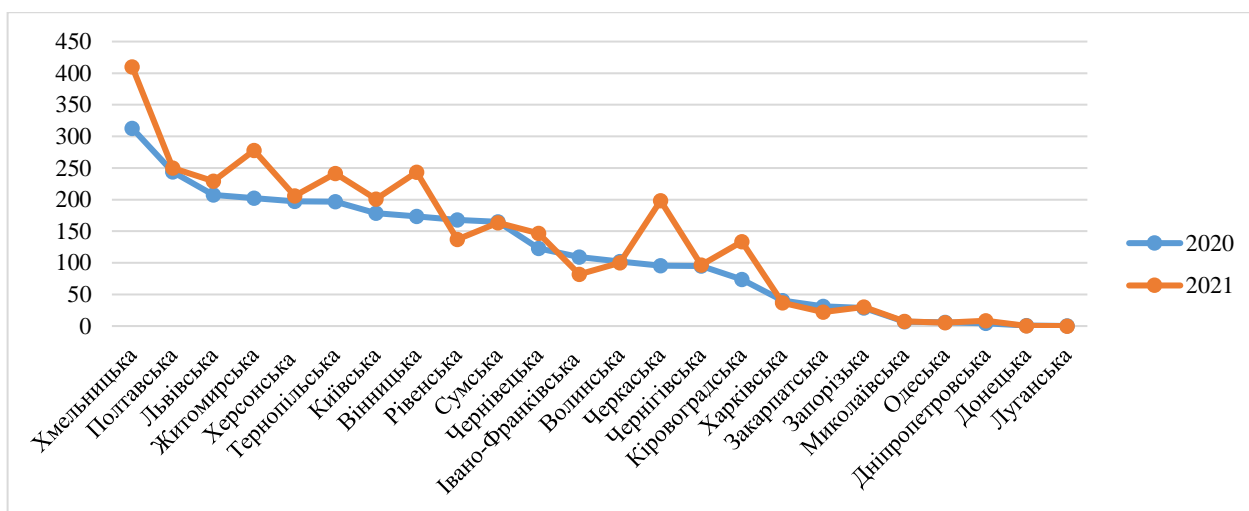


Рис. 1.4 Рейтинг областей України по збору сої за 2020–2021 рр., тис. тонн

**Джерело: сформовано автором на основі [26, 31].*

На рис. 1.4 можна побачити, що за 2021 р. збір сої в 15 областях значно збільшився в порівнянні з 2020 р. Середня урожайність сої за 2020 р. становила 17,7 ц/га, а за 2021 р. – 22,3 ц/га.

Агропромисловий комплекс України все більше орієнтується на зернові культури. Це є результатом не лише порівняно недорогого джерела високоякісного білка для харчування людей, але й оптимального балансу кормів для сільськогосподарських тварин і птиці. Останнім часом їхня роль у покращенні ґрунту стає все більш очевидною. Вирощування сої рівноцінно внесенню 15–20 тонн органічних добрив, а також посіви сої здатні фіксувати 100–150 кг атмосферного азоту. У процесі вегетації соя використовує до 90 кг азоту. Після сої в ґрунті залишається доступний азот, який можуть використовувати наступні культури в сівозміні. На відміну від азоту мінеральних добрив, він легко засвоюється рослинами та не забруднює навколишнє середовище. Вирощування сої зменшує витрати на мінеральні добрива, які стають дедалі дорожчими [30].

За останні двадцять років площа під соєю в Україні фактично зросла у двадцять разів. На початку 2000-х років сою ще не вважали основною культурою, тому її вирощували лише на десятках тисяч гектарів. У 2008–2015 роках відбувся значний стрибок, а потім стрімке щорічне нарощування площ. Наразі процес більш-менш стабілізувався, а коливання відбуваються залежно від ситуації на ринку та погодних умов. А от що стосується урожайності, то цей показник також підвищився. Якщо

20 років тому USDA вказує цифру середньої врожайності сої в Україні на рівні 1 т/га, то максимальна, за їхніми ж даними, була у 2018–2019 рр. і сягнула 2,6 т/га [33].

Станом на 4 листопада 2021 року українські сільгоспвиробники зібрали 3,23 млн тонн сої з площі 1,22 млн га (95% до прогнозу). Середня врожайність культури становить 2,64 т/га. Повністю завершили збиральну кампанію аграрії 10-ти областей.

Хмельницька область демонструє найвищу врожайність сої в Україні (3,38 т/га). Також високі показники мають Львівська (3,02 т/га) та Тернопільська області (3,01 т/га). [31].

Інформація Державної служби статистики України дозволяє відстежити зміни в розмірах посівних площ, обсягах зібраного врожаю та врожайності сої в Україні та її регіонах протягом 1990-2020 років (таблиця 2.1) [34].

Вирощування сої в Україні зазнало негативного впливу через поєднання економічних, кліматичних та політичних факторів [10].

Таблиця 1.2

**Посівна площа, урожайність та виробництво сої
в Україні за 1990–2021 рр.**

Роки	Площі посіву, тис. га	Урожайність, ц/га	Виробництво сої, тис. тонн
1990	87,8	11,3	99,3
2000	60,6	10,6	64,4
2010	1036,6	16,2	1680,2
2015	2135,6	18,4	3930,6
2018	1728,7	25,8	4460,8
2019	1612,8	22,9	3698,7
2020	1364,3	20,5	2797,7
2021	1387,4	26,4	3230

**Джерело: сформовано на основі Державної служби статистики України.*

Зокрема, у 2018 році значне скорочення посівних площ було спричинене змінами в законодавстві, що скасовували відшкодування ПДВ при експорті сої. Однак, після скасування цих змін Президентом України, очікується відновлення інтересу до вирощування сої та стабілізація посівних площ у 2019 році [35].

Законопроект був спрямований на стимулювання розвитку переробки олійних культур в Україні, збільшення завантаження вітчизняних підприємств, скорочення експорту сировини, нарощування експорту готової продукції та створення робочих

місць. Однак, його реалізація призвела до негативних наслідків, зокрема, до зменшення експорту сої у 2018 році. Щоб компенсувати втрати від експорту сої, потрібно було б продати значно більший обсяг соєвого шроту, але фактичний експорт був значно нижчим за потенціал [35].

За даними АПК-Інформ низька врожайність сої у 2021 році зумовлена несприятливими погодними умовами та особливостями росту рослин. Клімат в Україні зазнає значних змін, що робить агробізнес ризикованим у деяких регіонах та знижує його прибутковість в інших. Оскільки врожайність на 70% залежить від клімату, традиційні методи обробітку землі не завжди ефективні. Збільшення посівів вологолюбних культур, таких як соняшник і кукурудза, посилює висушування ґрунту, що негативно впливає на його структуру та здатність утримувати вологу. Скорочення посівів бобових, які покращують структуру ґрунту, також погіршує ситуацію. Соя, залежно від сорту, є хорошим попередником для зернових культур [10].

Через зміни клімату регіони вирощування сої в Україні зазнали трансформації. У деяких з них успішне вирощування сої можливе лише за наявності вологи та зрошення. Застосування відповідних технологій та сортів дозволить мінімізувати ризики, пов'язані з вирощуванням сої, та підвищити її привабливість для сільгоспвиробників [10].

Спільними зусиллями ми повинні шукати шляхи вирішення проблем та покращувати підходи та технології вирощування сої у тих місцях, де її вирощування залежить від кількості вологи та постійного поливу. Правильний підбір сортів і технологій дозволить зменшити ризики вирощування сої, зробивши культуру більш привабливою для виробників [10].

Несприятливі погодні умови минулого сезону, що спричинили дефіцит вологи під час росту сої, призвели до значного зменшення врожаю. Очікується, що експорт сої з України скоротиться на 900 тис. т, а внутрішня переробка – на 200 тис. т. Однак, внутрішній попит на продукти переробки сої буде повністю задоволений [36]. Станом на 9 квітня 2020 року, за даними «АПК-Інформ», було посіяно 2,7 млн га ярих зернових, зернобобових та технічних культур, що відповідає 18% від очікуваного обсягу в 15,3 млн га. Детальна характеристика наведена в таблиці 1.3.

Згідно з даними на квітень 2020 року, Вінницька, Миколаївська, Черкаська та Хмельницька області стали лідерами за темпами посівної кампанії, обробивши відповідно 176 тис. га, 168 тис. га, 237 тис. га та 208,5 тис. га [37].

Соя набула важливого значення в українському агробізнесі завдяки постійному попиту на світовому ринку та високим цінам. Незважаючи на коливання світових цін, вартість сої залишається високою і, можливо, продовжить зростати [36]. Ринок миттєво відреагував на інформацію з полів. З початку сезону 2020-2021 рр. ціна на соєві боби в Україні зросла з 425 до 520-550 доларів за тонну. Дефіцит сої та високі ціни можуть стимулювати аграріїв до збільшення посівних площ під цю культуру [10].

Таблиця 1.3

Прогнозовані та фактичні площі посіву основних зернових, зернобобових та технічних культур в 2020 році

№ з/п	С/г культури	Площі посіву (прогнозовані), тис. га	Площі посіву (фактичні), тис. га
1	Соняшник	6200	861,8
2	Ячмінь	1100	854,2
3	Горох	396	346,6
4	Кукурудза	5400	290,1
5	Цукрові буряки	209	117,4
6	Пшениця	132,5	111,3
7	Овес	95	86,5
8	Соя	1400	23,8

**Джерело: сформовано автором на основі даних «АПК-Інформ».*

Національна академія аграрних наук України стверджує, що частка сої в структурі посівних площ може досягати 20%. Слід зазначити, що очікування фахівців виправдалися, і навіть більше. Соя має значні переваги, зокрема, 1 кг сої за вмістом білка можна порівняти з 2 кг м'яса або риби, 4 кг пшениці або 12 л молока [36].

Купівля-продаж сої та продуктів її переробки між учасниками ринку відбувається у рамках ринку сої, який є складовою продовольчого ринку, та функціонує відповідно до законів ринкової економіки.

Український ринок сої має кілька характерних рис:

- Тісно пов'язаний з ринком тваринницької продукції, де соя використовується як корм, а також конкурує з нею у вигляді харчових соєвих білків.

- Найбільший попит на продукти переробки сої припадає на шрот, а не на олію.
- Соева олія важко позиціонується на українському ринку через її нетрадиційність для споживачів.

- Відгуки споживачів про продукти глибокої переробки сої, такі як текстуровані білки та борошно, є неоднозначними та недостатньо вивченими [38].

На відміну від стабільного виробництва інших олійних культур, обсяги вирощування сої демонстрували незначні коливання протягом останніх 50 років, що пояснюється збалансованим співвідношенням попиту та пропозиції. Особливо помітне зростання виробництва сої спостерігається протягом останніх чотирьох років, сягнувши 36% (з 250 до 340 млн тонн).

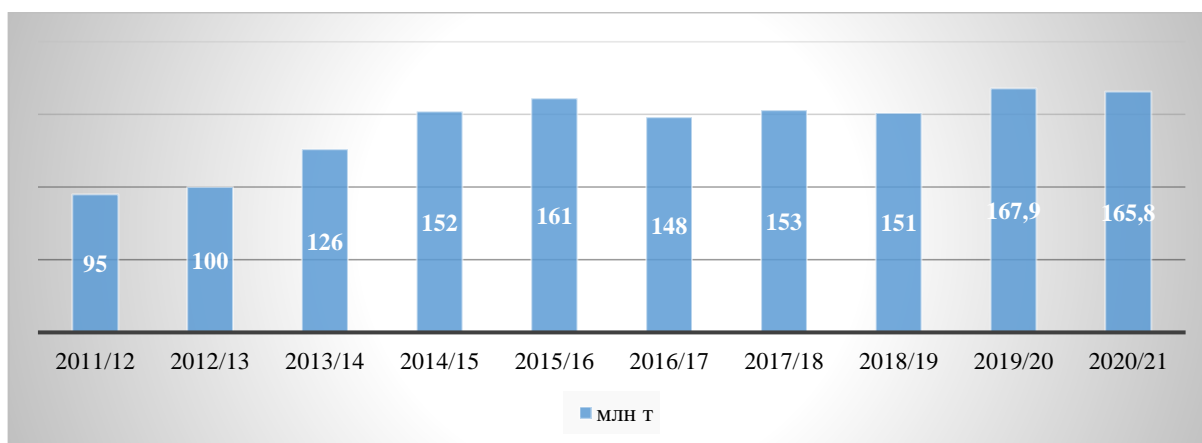


Рис. 1.5 Загальний рівень експорту сої у світі за 2011–2021 рр.

**Джерело: сформовано автором на основі [38].*

Аналіз графіка експорту сої показує стабільну тенденцію до зростання з 2010 року. У 2019-2020 роках було зафіксовано рекордний показник експорту, що склав 167,9 млн тонн. [38]. Україна є одним з важливих гравців на світовому ринку сої, демонструючи тенденцію до збільшення обсягів експорту. Експорт сої з України в сезоні-2023-2024 сягнув рекордного показника, становивши близько 3,26 млн тонн.

Загалом ми спостерігаємо зростання популярності сої з року в рік, що призводить до розвитку ринків виробництва та збуту (табл. 1.4, 1.5). Україна зміцнює свої позиції як ключовий постачальник соєвих бобів на світовий ринок, реагуючи на зростаючий глобальний попит. Це сприяє збільшенню валютних надходжень в країну, навіть з урахуванням високих біржових цін. [38].

Згідно з таблицею 1.4, динаміка експорту сої провідними країнами-експортерами характеризується нерівномірністю. Канада є єдиною країною, де спостерігається постійне зростання, тоді як США та Україна демонструють протилежну тенденцію.

Таблиця 1.4

Світові країни – експортери у світі за 2017–2019 рр.

Країни	2017 рік, млн т	2018 рік, млн т	2019 рік, млн т
Аргентина	7,2	4,6	9,5
Бразилія	68,8	84,4	69,1
Канада	4,4	4,9	5,6
США	59,4	58,1	48
Україна	2,8	2,6	2,5

**Джерело: сформовано автором на основі [38].*

Відповідно до даних таблиці 1.5, основними імпортерами сої є Китай, з обсягом 94 млн т у 2018-2019 роках, та Європейський Союз, який імпортував 15,8 млн т у 2019 році. Китай є найбільшим споживачем сої у світі, що обумовлено великою кількістю населення та розвиненим тваринництвом.

Одним із факторів, що значно впливають на врожайність і якість насіння, є сорт. Вплив обраного сорту на врожайність сої може сягати 30-35%. Багато досліджень підтверджують, що правильний вибір сорту є вирішальним фактором успішного вирощування цієї культури, що становить майже половину успіху. Поява нових, високопродуктивних сортів сої сприяла розширенню посівних площ та збільшенню врожайності [30].

Таблиця 1.5

Світові країни – імпортери у світі за 2017–2019 рр.

Країни	2017 рік, млн т	2018 рік, млн т	2019 рік, млн т
Європейський Союз	13,4	15	15,8
Мексика	4,1	4,6	4,9
Туреччина	2,3	2,6	2,6
Китай	93,5	94	94
Японія	3,2	3,3	3,3
Таїланд	3,1	2,5	3,2
Єгипет	2,1	3,3	3,3

**Джерело: сформовано автором на основі [38].*

Органічне виробництво сої набуває все більшої актуальності, що призводить до зростання посівних площ та обсягів виробництва. Для подальшого розвитку органічного соєвого сектору в Україні необхідно забезпечити наявність вітчизняного

органічного насіння. З цією метою Міністерство аграрної політики та продовольства України сприяє створенню нових, продуктивних та пристосованих до українських умов сортів сої [11, 26].

На сьогодні 79% світового виробництва сої є генетично модифікованою, тобто соєю, чії властивості були цілеспрямовано змінені за допомогою генної інженерії. Тим не менш, вимогливі споживачі з Європи бояться її та вибирають органічну замість генномодифікованої. Сою готові купувати всюди за умови, що виробник може надати гарантії, що продукт безпечний. Органічна соя приносить найбільший прибуток. Хоча переходити на органічне землеробство важко, багато сільгоспвиробників готові вирощувати органічну сою. Тим більше, якщо суспільство готове допомагати. Зокрема, у 2015 році Чернігівська облрада прийняла рішення про відшкодування фермерам витрат на органічну сертифікацію. Схожі програми реалізуються у Львівській та Чернівецькій областях. Органічна сертифікація дає можливість продавати продукцію за ціною, яка в 1,5-2 рази вища. За словами виробників, соя є однією з найвигідніших експортних культур.

Органічне сільське господарство в ЄС регулюється суворими стандартами, які гарантують, що виробництво відбувається з мінімальним впливом на довкілля. Існує високий попит, тому є можливість вигідно продати. Ми виграємо від інших виробників сої, таких як Китай, Бразилія та інші, завдяки нашій географічній близькості до Європи. Тим не менш, Україна має погану репутацію постачальника генномодифікованої сої, який вирощує її, не декларуючи цього. В результаті – споживачі ставляться до продукції з недовірою. Таким чином, необхідно швидке та ефективне виявлення ГМО та верифікацію органічної сої.

Проблема чесності органічного виробництва є глобальною і стосується не лише України. Ризик фальсифікації існує на будь-якому прибутковому ринку. У США Конгрес також звернув увагу на цю проблему і нещодавно почав розглядати законопроект, спрямований на боротьбу з фальсифікацією зернових, бобових та олійних культур [24, 25].

Соя є однією з ключових сільськогосподарських культур як у світовому, так і в українському агропромисловому комплексі. За останні п'ять років (2020–2025) її

виробництво демонструє стійкі тенденції до зростання, зумовлені попитом на рослинний білок, корми для тваринництва та продукти переробки [39].

Світове виробництво сої за останні п'ять років зросло завдяки лідерству таких країн, як Бразилія, США та Аргентина, які разом забезпечують понад 80% глобального врожаю. За даними іноземна сільськогосподарської служби USDA, у 2019/2020 маркетинговому році (МР) світовий валовий збір сої становив 336 млн тонн, а до 2023/2024 МР цей показник зріс до майже 403 млн тонн [39]. У 2024/2025 МР прогнозується подальше зростання до 410–415 млн тонн за рахунок розширення посівних площ у Бразилії (+4% у 2023/2024 МР) та відновлення виробництва в Аргентині (+92% у 2023/2024 МР після посухи). США, попри певне скорочення врожаю в окремі роки, залишаються стабільним лідером із часткою близько 30–35% [40]. Зростання виробництва підтримується попитом із боку Китаю, який споживає понад 60% світового експорту сої для потреб тваринництва [41].

В Україні виробництво сої також демонструє позитивну динаміку, хоча й зазнає впливу зовнішніх факторів, зокрема війни та логістичних викликів. У 2019 році валовий збір сої становив 3,7 млн тонн, що забезпечило Україні 9-те місце серед світових виробників [42]. У 2020–2021 роках обсяги коливалися на рівні 3,5–3,7 млн тонн через скорочення посівних площ до 1,25 млн га у 2020 році [42]. Однак із 2022 року спостерігається відновлення: у 2022 році зібрано 3,7 млн тонн, а у 2023 році – рекордні 4,7–5,2 млн тонн. У 2024 році прогнозується подальше зростання до 5,5 млн тонн завдяки збільшенню посівних площ на 17% (до 1,8–2 млн га) та середній урожайності 2,4–2,9 т/га у провідних регіонах, таких як Полтавська, Хмельницька та Вінницька області [43].

Українське виробництво стимулюється високою рентабельністю сої (59% у 2023 році), зростанням експортного попиту (3,5 млн тонн експортовано у 2023 році) та переходом аграріїв від зернових до олійних культур через кращу цінову кон'юнктуру. Найбільше української сої експортується до країн ЄС, Туреччини та Китаю [43].

У світовому масштабі частка України становить лише 1–1,5% від загального виробництва сої, але в Європі вона є лідером, випереджаючи такі країни, як Італія чи

Франція [41]. Світове зростання виробництва зумовлене глобальним попитом на білкові продукти [15], тоді як в Україні ключовими факторами є адаптація до кліматичних умов, підвищення врожайності завдяки сучасним технологіям (інокуляція, точне землеробство) та експортний потенціал [44].

Перспективи на 2025 рік для світу передбачають стабілізацію виробництва на рівні 415-420 млн тонн із можливим перерозподілом часток між Бразилією та США [39]. В Україні очікується подальше зростання до 5,5–6 млн тонн за умови стабільної логістики та відсутності значних кліматичних потрясінь [43]. Таким чином, соя залишатиметься стратегічною культурою як для глобального ринку, так і для української економіки.

1.4. Підбір адаптивних сортів сої до зміни клімату

За останні роки виробники зерна стикаються з проблемою вибору сортів для своїх господарств, оскільки іноземні компанії масово завозять високоврожайні, але часто нестійкі до мінливих погодних умов України західноєвропейські сорти [45].

Зернобобові культури є важливою частиною агропромислового комплексу України. Це результат порівняно недорогого джерела високоякісного білка для харчування людей і балансування кормів для птиці та сільськогосподарських тварин. Їхня роль у покращенні ґрунту останнім часом стає все більш очевидною. Вирощування сої є корисним, оскільки культура здатна фіксувати азот з атмосфери, що може замінити внесення органічних добрив, які зараз досить важко знайти через занепад тваринницької галузі виробництва. У цьому випадку соя не використовує весь азот під час вегетації; те, що залишається в ґрунті, передається культурам сівозміни. На відміну від азоту мінеральних добрив, азот, який залишається після сої, легко засвоюється наступними рослинами та не забруднює навколишнє середовище [30].

Однією з найважливіших умов отримання максимального урожаю на виробництві є правильний підбір кількох сортів. Водночас, вибір сорту є простим та ефективним способом зменшити негативний вплив зовнішніх факторів на

врожайність. Це дозволяє підвищити адаптивність рослин до різних умов. В умовах зміни клімату, з підвищенням температур та посухами, вибір стійких сортів стає необхідністю. Для оцінки адаптивності сортів аналізують їхню врожайність протягом кількох років з різними кліматичними умовами. Під адаптивністю розуміють здатність сорту давати стабільний та високий урожай в різних умовах навколишнього середовища [39].

Нові сорти сої часто не користуються популярністю серед аграріїв не через низький потенціал врожайності, а через їхню недостатню стійкість до змін клімату та посухи, а також при різких коливаннях температур [46-48].

На думку Мазура О.В., Полторецького С.П. [46-47], Поліщука М.І. [48] та Монарх В.В. [49] соя вважається достатньо пластичною культурою до контрастних умов вирощування, однак має підвищені вимоги до тепла та вологи. Потреба в теплі може залежати від багатьох факторів навколишнього середовища. Вимоги до температури зростають від проростання насіння і до фази сходів, і дещо знижуються, починаючи від фази цвітіння до фази формування насіння, а також на момент дозрівання насіння [46, 48, 49].

Вдалих вибір сорту – це не 100% успіху. Дослідження науковців Забарної Т.А., та Пелеха Л.В., вказують, що позакореневі підживлення халатними мікродобривами мають позитивний вплив у певні фази вегетації рослин сої, насамперед, коли рослини відчують нестачу в елементах живлення [39, 50, 51].

За останні десять років клімат України помітно змінився. У деяких частинах країни рентабельність виробництва сої значно знизилася, що поставило під загрозу ведення агробізнесу. Завдяки тому, що технології вирощування зернобобових культур на 70% залежать від ґрунтово-кліматичних умов конкретного регіону, існуючі методи не можуть досягти бажаного результату [25]. Це призвело до низької врожайності в останні роки. Щоб вирішити цю проблему, слід ретельно вибирати сорти сої, які адаптуються до вирощування, а також шукати нові способи покращення результатів вирощування сої.

Вибір сорту є ключовим фактором для отримання високого врожаю сої. На сьогоднішній день, асортимент сортів сої постійно оновлюється. Згідно з Державним

реєстром сортів рослин, придатних для вирощування в Україні у 2022 році, зареєстровано 279 сортів сої. З них 110 сортів вітчизняної селекції, а 169 – іноземної, включаючи 71 сорт канадської селекції [52-54].

У Державному реєстрі сортів сої представлені сорти з 13 країн світу. Найбільшу частку займають сорти вітчизняної селекції – 38% від загальної кількості, за ними йдуть сорти з Канади – 25%, Франції – 15%, Австрії – 6%, Сербії – 2%, Швейцарії – 2%, Польщі – 1%, а також 11% припадає на інші країни, такі як Румунія, Німеччина, Аргентина, Італія, Хорватія та Антигуа [45, 52-54] подано на рисунку 1.6.

Зважаючи на те, що ці дані будуть оновлюватися, важливим є вивчення можливостей створення нових адаптивних сортів за допомогою використання різноманітних біопрепаратів, таких як стимулятори, підсилювачі азотфіксації та комплекси сучасних орґано-мінеральних добрив. Це сприятиме розробці нових технологій вирощування сортів сої, адаптованих до місцевих умов, що забезпечить стабільні та високі врожаї з відмінними якісними показниками.

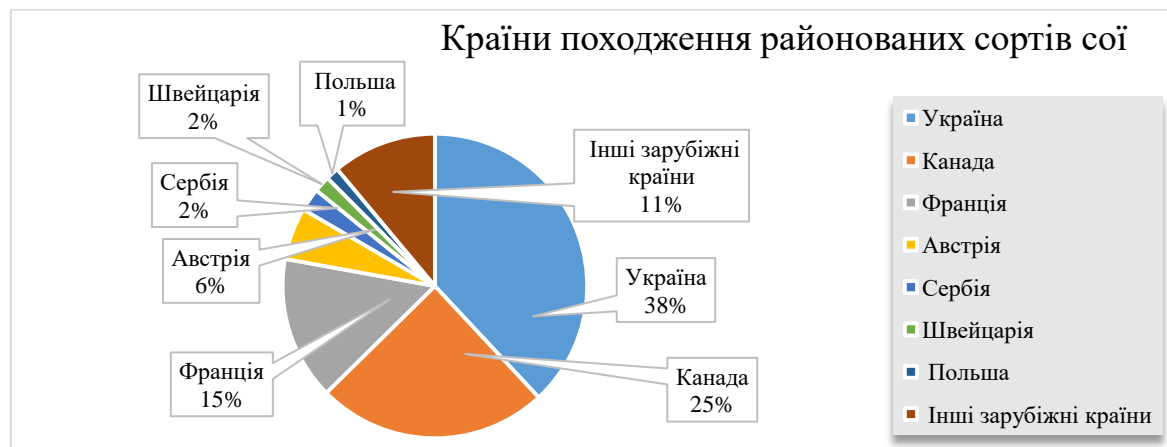


Рис. 1.6 Сорти сої культурної за походженням, які занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні станом на 17 січня 2022 року.

**Джерело: сформовано автором на основі [52-54].*

Крім того, дослідження цієї системи допоможе сформувати максимальну продуктивність культури та оптимізувати процеси росту та розвитку. Екологічна пластичність - це здатність сорту ефективно використовувати ресурси навколишнього середовища. Стійкість та пластичність адаптивних сортів сої

визначаються їхньою здатністю мінімізувати негативний вплив ґрунтово-кліматичних умов, тобто протистояти їм [51].

Для досягнення високих показників врожайності та якості насіння сої необхідно використовувати високотехнологічні сорти, які добре пристосовані до екстремальних зовнішніх умов. Цінність сорту для виробництва визначається його генетичним потенціалом та стабільністю. Сорти з високою пластичністю можуть давати менший врожай, ніж сорти з меншим генетичним потенціалом, але більш стабільною продуктивністю [45].

Вегетаційний період сортів сої, тобто час від посіву до повного дозрівання, є генетично обумовленим. Завдяки роботі українських селекціонерів, з'явилися нові сорти сої з різною тривалістю вегетації, що позитивно вплинуло на обсяги виробництва насіння. За тривалістю вегетаційного періоду виділяють 5 груп стиглості сої (табл. 1.6) [48, 53, 54].

Таблиця 1.6

Групи стиглості сортів сої

Група стиглості	Вегетаційний період, дні	Сума активних температур, °С	Кількість опадів за вегетаційний період, мм
Скоростиглі	75-95	1600-1900	360-405
Ранньостиглі	96-115	2000-2200	470-515
Середньоранні	116-122	2300-2500	540-585
Середньостиглі	123-135	2600-2750	630-700
Пізньостиглі	136-155	3000-3200	700-810

*Джерело: сформовано автором на основі [55, 56, 57, 58].

На відміну від деяких інших класифікацій, міжнародна класифікація [59, 60] поділяє сорти сої на дев'ять груп стиглості за тривалістю вегетаційного періоду (табл. 1.7).

Однак загальний період вегетації, міжфазний період сорту сої та урожайність залежать від погодних умов протягом року дослідження, а також від технологічних факторів, таких як норми висіву насіння та строк сівби. Рання весна останніх років сприяє швидкому прогріванню ґрунту, що сприяє сівбі різноманітних культур, включаючи сою. Щоб не втратити вологу верхнього шару землі та отримати дружні та повноцінні сходи, рання сівба сої є необхідною. Однак за таких умов можливе повернення весняних холодів, а недостатня кількість тепла та світла може вплинути

на періоди від сівби до появи сходів, від сходів до першого трійчастого листка і бутонізації [61].

Таблиця 1.7

Класифікація різних груп стиглості сортів сої за міжнародною класифікацією

Групи стиглості		Тривалість вегетаційного періоду, днів	Сума ефективних температур, °С
000	1	Ультраскоростиглі	75-80
	2	Дуже скоростиглі	81-90
	3	Скоростиглі	91-110
0	4	Середньо скоростиглі	111-120
	5	Середньостиглі	121-130
I	6	Середньо пізньостиглі	131-150
II	7	Пізньостиглі	151-160
	8	Дуже пізньостиглі	161-170
	9	Зверх пізньостиглі	Більше 170

Примітка: 000-II – за міжнародною класифікацією;

1-9 – за класифікацією СЕБ.

*Джерело: сформовано автором на основі [59, 60].

Відповідно, вибір адаптивних сортів сої, які не будуть впливати на зміни клімату, є важливим, щоб отримати максимальний урожай.

В Україні представлений великий асортимент сортів сої, що розрізняються за тривалістю вегетаційного періоду: від ультраскоростиглих до середньопізніх. В умовах інтенсивного землеробства, яке часто стикається з екстремальними погодними умовами, важливо мати в господарстві декілька сортів з різним періодом дозрівання [62].

Вирощування декількох сортів сої з різним періодом дозрівання дозволяє знизити ризики, пов'язані з несприятливими погодними умовами. Впровадження адаптивних сортових технологій вирощування, оновлення та заміна сортів може збільшити урожайність сої на 30–45% [61].

Враховуючи зміни клімату в останні кілька десятиліть, що впливають на сільське господарство, екосистеми та інші сфери життя в Україні, необхідні нові високоякісні методи виробництва адаптивних сортів сої. Сьогодні пріоритетом для селекціонерів є адаптивний потенціал сорту та здатність адаптуватися до різких змін клімату [57, 58].

Україна має найбільший у Європі сортовий асортимент сої. Завдяки наполегливій праці українських селекціонерів, ми маємо сорти сої, які не

поступаються імпортом за якістю та врожайністю, демонструючи продуктивність 4–5 т/га і не містять генетично модифікованих організмів. Проте, фактична врожайність в Україні, яка становить 0,9–1,4 т/га, свідчить про низьку реалізацію генетичного потенціалу цих сортів. Для підвищення врожайності необхідно розвивати та впроваджувати сучасні технології вирощування [57, 58].

Для вибору сорту сої ключовими є такі характеристики: врожайність, тривалість вегетаційного періоду, стійкість до осипання та вилягання, несприйнятливості до хвороб і шкідників, а також толерантність до надмірної вологи та посухи. Важливо, щоб сорт максимально використовував доступні ресурси протягом свого розвитку. Об'єктивний вибір сорту можливий лише на основі результатів екологічних випробувань, проведених у конкретному регіоні. Тому при виборі сорту сої необхідно враховувати регіональні особливості. Наприклад, сорт, що демонструє високу врожайність у степових районах, може не досягти аналогічних результатів у лісостепових через недостатню адаптацію до місцевих умов [57, 58].

В Україні спостерігається позитивна динаміка щодо якості сортів сої, що є результатом успішної роботи наших селекціонерів. Враховуючи швидку зміну клімату, яка відбувається в Україні, подальші дослідження повинні шукати якісно нові методи для створення адаптивних сортів сої, які можна вирощувати в Україні та за кордоном.

Мінуссі Вінк Х.Е., Тальяп'єтра Е.Л., Шнайдер Р.А. дослідили та проаналізували від чого залежить річний приріст врожайності сої в Південній Бразилії. Сприятливі едафокліматичні характеристики та висока економічна віддача від вирощування сої зробили Бразилію основним світовим виробником зерна із зростанням виробництва на 257% за останні 20 років. Недбале ставлення до строків посіву, вибору сортів, живлення посівів, густоти рослин і систем вирощування спричиняє значні втрати врожаю. Дефіцит у 30% потенційної врожайності можна усунути за допомогою коригування системи управління культурами. Річний приріст урожайності сої в штаті Ріо-Гранді-ду-Сул залежить від удосконалення прийомів вирощування (44%), поліпшення стану рослин (42%) і зміни клімату (14%). Науковці виявили розрив

у 995 кг/га щодо вибору сортів і строків посіву, 2006 кг/га щодо наявності води протягом циклу та 1437 кг/га щодо вдосконалення методів вирощування культур [63].

1.5. Вплив інокуляції на процеси росту й розвитку рослин сої

Вирощування сої має позитивний ефект для всього сільського господарства як ідеальний попередник для зернових культур, через наявність азотофіксуючих бактерій. Це дуже важливо в економічному плані при недостатніх обсягах внесення добрив [64].

Сьогодні в Україні все більшої популярності набуває біологічне землеробство, проте його успішне застосування потребує наукового підґрунтя [65, 66]. Використання біологічних препаратів, хоча й менш поширене, ніж хімічних, демонструє тенденцію до зростання. Нераціональне застосування хімічних речовин у сільському господарстві спричиняє зниження кількості корисних ґрунтових мікроорганізмів та накопичення пестицидів, що шкодять ґрунту. У зв'язку з цим, виникає потреба у вирощуванні органічної рослинницької продукції [67].

Одним з екологічно чистих методів захисту та живлення рослин в органічному землеробстві є застосування біопрепаратів і біодобрив [68-70]. Вони замінюють мінеральні добрива та пестициди, які негативно впливають на природні процеси та екологію. Широке використання біологічних методів в сільському господарстві є екологічно та економічно вигідним. У складних умовах біологізація стає особливо важливою. Застосування біопрепаратів в органічному землеробстві сприяє збільшенню кількості корисних мікроорганізмів, поліпшенню живлення ґрунту та його ферментативної активності [70-71].

Бактерії, що містяться в біопрепаратах, покращують доступність поживних речовин у зоні кореневої системи, стимулюють ріст коренів і сприяють розвитку корисних симбіотичних зв'язків між рослинами та мікроорганізмами, що, своєю чергою, збільшує врожайність. Використання біопрепаратів не лише покращує ріст і розвиток рослин, але й підвищує їхню стійкість до хвороб, що особливо важливо в органічному землеробстві [70, 72, 73].

Ринок біопрепаратів в Україні демонструє стабільне зростання. На сьогоднішній день в Україні зареєстровано понад 200 біопрепаратів, які включені до «Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні». Найбільшу частку серед них складають інокулянти (біологічні препарати, що використовують живі культури корисних для рослин мікроорганізмів для зміцнення здоров'я культури). В Україні існує декілька заводів, які виробляють біопрепарати, серед яких, ПАТ «Біоветфарм», відоме в Україні та за її межами як підприємство з виробництва ветеринарних препаратів і біологічних засобів захисту рослин; Ладизинський завод біо- та ферментних препаратів «Ензим» [74], який на основі технологій мікробного синтезу виробляє засоби захисту рослин – біофунгіциди марки «Фіто Доктор» для широкого спектра культур, біоінсектициди, інокулянти; компанія «БТУ-Центр» – український виробник мікробних і ферментних препаратів для сільського господарства, серед продуктів – лінійки для захисту і живлення рослин, оздоровлення ґрунтів, біопрепарати та ін.; інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» Національної академії аграрних наук, який приймає активну участь у науково-виробничій діяльності України, зокрема у розробці промислових технологій виробництва ентомологічних, бактеріальних, грибних і вірусних засобів захисту рослин, а також бактеріальних добрив [74].

В умовах зростаючого інтересу до органічної продукції, все більшого значення набуває використання мікробіологічних біопрепаратів. Ці препарати, що стають все більш популярними серед екологічно свідомих виробників, містять різноманітні мікроорганізми, які здатні підвищувати стійкість рослин до хвороб і шкідників, стимулювати їх ріст і розвиток, а також покращувати стан ґрунтової мікробіоти [67].

Нині в органічно орієнтованому сільськогосподарському виробництві України першочергова увага приділяється збереженню біоти ґрунтів та регулюванню їх життєдіяльності, організації агротехнічних заходів, підтримці на належному рівні гомеостазу ґрунтових мікроорганізмів, зокрема їх чисельності і складу. Наразі виробляються й упроваджуються біологічні препарати, що забезпечують збагачення ґрунту грибами й бактеріями, а також спеціальні біоорганічні добрива, збагачені мікроорганізмами і біокаталізаторами. Замість мінеральних добрив та хімічних засобів

захисту рослин в органічному виробництві застосовують біопрепарати з різним спектром дії. У біологізації сучасних агротехнологій вирощування сої особлива роль відводиться ґрунтовим мікроорганізмам. Одним з ефективних методів покращення агроєкосистеми при органічному вирощуванні сої є використання біологічних препаратів на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуєчих бактерій. Інокуляція насіння сої сприяє збільшенню симбіотичного апарату, підвищенню врожайності, продуктивності, вмісту сирого білка та жиру. За органічного виробництва насіння сої ефективно застосовуються мікробіологічні препарати, створені на основі природних штамів мікроорганізмів. Мікроорганізми, що застосовуються при вирощуванні сої, розкладають складні сполуки на прості, забезпечуючи рослину доступними поживними речовинами. Повноцінний комплекс мікроорганізмів забезпечує необхідне живлення кореневої системи сої, що дозволяє їй повністю реалізувати свій генетичний потенціал врожайності [75, 76].

На думку Петриченка В.Ф., Кобак С.Я., Чорної В.М., Колісника С.І., Лихочвора В.В. та Пиди С.В., для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур необхідне забезпечення їх мінеральними елементами, особливо доступним азотом. Дефіцит азоту є однією з головних причин, що уповільнюють ріст і розвиток рослин. Низьке співвідношення азоту до вуглецю в рослинах обумовлено тим, що, хоча вони активно засвоюють вуглекислий газ з атмосфери, їхні можливості отримання азоту обмежені. Згідно з дослідженнями ряду авторів [78, 79], парадоксальність ситуації в тому, що рослини, відчуваючи нестачу азоту, оточені ним: атмосфера містить 78% молекулярного азоту, а ґрунт багатий на зв'язаний азот в органічних речовинах. Однак, рослини не можуть його засвоїти через відсутність необхідних ферментів. Виходом є симбіоз рослин з мікроорганізмами, які мають ферменти для фіксації азоту або розщеплення органічних сполук ґрунту [77].

Симбіоз бобових рослин з бульбочковими бактеріями є одним з найбільш дієвих способів природного засвоєння азоту, що має велике значення для екології та сільськогосподарської практики. У цьому симбіозі поєднуються два ключові біохімічні процеси: азотфіксація та фотосинтез, що сприяє нормалізації азотно-вуглеводного балансу рослин. Для активізації корисних мікробних процесів у

кореневій зоні рослин можна використовувати два підходи: внесення органічних та мінеральних добрив, які стимулюють діяльність природної мікрофлори ґрунту, та збагачення ґрунту високоефективними штамми азотфіксуючих, фосфатмобілізуючих мікроорганізмів та мікроорганізмів, що виробляють рістрегулюючі та антибіотичні речовини [77, 80, 81].

Зернобобові культури, зокрема соя, відомі своєю позитивною роллю в сільському господарстві завдяки симбіотичній взаємодії з бульбочковими бактеріями. Ця унікальна здатність дозволяє їм засвоювати з атмосфери 130-390 кг/га азоту, забезпечуючи отримання доступного рослинного білка без використання дорогих і шкідливих для екології мінеральних азотних добрив [82, 83]. Соя, за оптимальних умов, здатна фіксувати 180 кг/га і більше азоту, залишаючи 25-40 кг/га для наступних культур у сівозміні. Однак, поточні середні показники біологічної фіксації азоту соєю значно нижчі від потенційних [77, 82].

Науковці Національної академії аграрних наук України виявили різницю між сортами бобових рослин у здатності до біологічної фіксації азоту. На основі цих досліджень, використовуючи біотехнології, генетику та селекцію, було створено понад 70 сортів бобових культур, включаючи 44 сорти нового покоління. Ці сорти, занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для вирощування в Україні, відрізняються підвищеною ефективністю біологічної фіксації азоту в різних сільськогосподарських регіонах [77, 84-86].

З огляду на це, важливим елементом технології вирощування бобових культур є передпосівна обробка насіння біопрепаратами на основі спеціально відібраних штамів ризобій. Це не тільки підвищує врожайність, але й сприяє введенню в ґрунт ефективних штамів бульбочкових бактерій. Для підвищення ефективності симбіотичної азотфіксації необхідно проводити селекцію сортів бобових культур та штамів бульбочкових бактерій, враховуючи місцеві умови, а також створювати сприятливі умови для симбіозу [77, 87].

На думку Бахмата М.І., Пруса Л.І., Кравченко В.С., Кононенка Л.М. та Вишневської Л.В. для повної реалізації потенціалу сортів сої та використання сприятливих кліматичних умов Правобережного Лісостепу необхідно розробити та

впровадити нову адаптивну технологію вирощування сої, що базується на біологічних принципах [88, 89].

Для успішного вирощування сої необхідні відповідні сорти та технології, що враховують регіональні особливості. Тому розробка та вдосконалення технології вирощування сої в умовах Правобережного Лісостепу, з акцентом на підбір високоврожайних сортів, обробку насіння та позакореневе підживлення хелатними мікродобривами, є важливою науково-практичною задачею.

На основі аналізу наукових праць вітчизняних та іноземних дослідників, присвячених біологічним особливостям сої, впливу сорту та технологічних прийомів на формування її продуктивності, було сформульовано гіпотезу про комплексний вплив елементів технології вирощування на врожайність та якість насіння сортів сої з різною тривалістю вегетаційного періоду в умовах Західного Лісостепу [88, 89].

Загальновідомо, що природне землеробство базується на насиченні сівоzmіни (не менше 25%) бобовими культурами, органічними добривами, дає змогу інтенсифікувати природні процеси біологічної фіксації азоту повітря, іммобілізації важкорозчинних фосфатів ґрунту і, зрештою, істотно зменшити використання мінеральних (зокрема, енергозатратних азотних) добрив та інших хімічних меліорантів. Сільськогосподарське виробництво залежить від активності різноманітних організмів, які забезпечують живлення та розвиток рослин, тварин, біологічний контроль за шкідниками (комахами-фітофагами, гризунами) та бур'янами, а також родючість ґрунту тощо. В Україні розроблено експериментальні комплексні мікробні добрива, що містять іннокуляційний матеріал бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum* [90].

За результатами досліджень науковців Циганського В.І. та Циганської О.І. [93, 94] встановлено, що максимальна висота рослин сої (112,2 см) досягається при обробці насіння біопрепаратом Органік-Баланс (1,5 л/т) та позакореневому підживленні цим же препаратом (2,0 л/га) на фоні мінеральних добрив ($N_{30}P_{45}K_{45}$). Ця технологія також забезпечує найвищий середньодобовий приріст. Для формування максимальної площі листової поверхні (46,5 тис. m^2 /га) оптимальними є мінеральні добрива ($N_{30}P_{45}K_{45}$) у поєднанні з обробкою насіння та позакореневим підживленням

Органік-Балансом. Системний підхід до живлення сої, що включає мінеральні добрива та біопрепарат, створює найкращі умови для росту, розвитку та дозрівання, що сприяє високому врожаю [93, 94].

Вченими доведено [95-97], що агротехнічні прийоми, спрямовані на зростання врожайності сої, вважаються ефективними, якщо вони сприяють швидкому наростанню площі листя до оптимальних розмірів і збереженню його в активному стані впродовж тривалого часу; якщо вони підвищують продуктивність роботи асиміляційного апарату і коефіцієнт використання рослинами сонячної енергії, а також, якщо вони покращують використання продуктів фотосинтезу. Одними з таких агротехнічних заходів є мінеральні добрива та інокуляція насіння [96, 98, 99].

Біологічна азотфіксація є вирішальним процесом для успішного росту і розвитку рослин сої. Тим не менш, є моменти, які можуть вплинути на симбіоз між бактеріями та рослиною, впливаючи на ріст та врожайність сої. Зарубіжні науковці дослідили в лабораторних, тепличних і польових умовах вплив інокуляції насіння сої *Bradyrhizobium sp.* за 30 днів до посіву, із застосуванням звичайних пестицидів, що використовуються для обробки насіння, або без них.

Результати лабораторних і тепличних досліджень показали, що попередня інокуляція та обробка насіння пестицидами можуть негативно вплинути на відновлення колонієутворюючих одиниць *Bradyrhizobium elkanii*, інокульованих у насіння, концентрацію уреїдів у пагонах рослин, ефективність біологічної фіксації азоту та ріст рослин [100].

1.6. Вплив системи живлення на процеси росту й розвитку рослин сої

Соя є однією з ключових сільськогосподарських культур, що вирощується для забезпечення продовольчих, кормових і технічних потреб [101]. Процеси росту й розвитку рослин сої значною мірою залежать від забезпечення їх основними елементами живлення, такими як азот (N), фосфор (P), калій (K), а також мікроелементами (залізо, цинк, марганець тощо) [102]. Система живлення відіграє вирішальну роль у формуванні вегетативної маси, розвитку кореневої системи,

цвітінні та формуванні бобів, що безпосередньо впливає на врожайність культури [103].

Азот є основним елементом для синтезу білків і хлорофілу, що забезпечують фотосинтетичну активність рослин [101]. Соя, як бобова культура, має унікальну здатність до симбіотичної фіксації азоту завдяки взаємодії з бактеріями роду *Rhizobium* [104]. Проте ефективність цього процесу залежить від наявності інших поживних речовин, зокрема фосфору, який сприяє енергетичним процесам у клітинах, та калію, що регулює водний баланс і стійкість до стресових умов [105].

Недостатнє забезпечення поживними речовинами призводить до порушення фізіологічних процесів у рослинах сої. Наприклад, дефіцит азоту спричиняє пожовтіння листя (хлороз) і зниження інтенсивності фотосинтезу, що негативно позначається на рості вегетативної маси [101]. Нестача фосфору уповільнює розвиток кореневої системи, що знижує здатність рослини поглинати воду та поживні речовини [102]. У свою чергу, дефіцит калію підвищує вразливість сої до посухи та хвороб [106].

З іншого боку, надлишок елементів живлення також може мати негативні наслідки. Надмірне внесення азоту пригнічує симбіотичну фіксацію, оскільки рослина починає віддавати перевагу мінеральним джерелам азоту, що може призвести до зниження екологічної стійкості агроecosистеми [104]. Надлишок фосфору та калію, хоч і менш поширений, може викликати токсичні ефекти та дисбаланс у засвоєнні мікроелементів [103].

Для забезпечення оптимального росту й розвитку сої необхідно розробляти збалансовані системи живлення, що враховують тип ґрунту, кліматичні умови та фази онтогенезу культури [106]. Дослідження показують, що комбіноване внесення органічних і мінеральних добрив підвищує ефективність засвоєння поживних речовин [102]. Наприклад, використання компосту в поєднанні з фосфорно-калійними добривами сприяє покращенню структури ґрунту та доступності мікроелементів [105].

Крім того, сучасні підходи включають застосування точного землеробства, яке дозволяє вносити добрива залежно від потреб конкретної ділянки поля [103]. Це

зменшує витрати ресурсів і мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище. Важливим аспектом є також контроль рН ґрунту, оскільки соя найкраще розвивається за слабокислої або нейтральної реакції (рН 6.0-7.0) [106].

Система живлення є ключовим фактором, що визначає продуктивність рослин сої на всіх етапах їхнього розвитку. Збалансоване забезпечення макро- та мікроелементами сприяє активізації фізіологічних процесів, підвищенню стійкості до стресових умов і формуванню високого врожаю [101]. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення методів оптимізації живлення з урахуванням екологічних і економічних аспектів.

Одним з ключових завдань аграрного сектору є забезпечення високої врожайності та якості сільськогосподарських культур. Ефективна боротьба з хворобами рослин за допомогою хімічних препаратів є необхідною складовою інтенсивних технологій вирощування зернових, плодкових та овочевих культур [107].

Збільшення використання сумішей фунгіцидів обумовлене тим, що поєднання різних діючих речовин з різних класів фунгіцидів розширює спектр їхньої дії, покращує захист і запобігає розвитку стійких штамів. Це дозволяє максимально використовувати синергічний ефект, що призводить до взаємного посилення дії пестицидів [109].

Дослідження Фурмана О.В. [110] свідчать, що на покращення умов живлення рослини сої реагували зростанням площі листової поверхні. Найбільших розмірів асиміляційна поверхня досягала у фазі наливання бобів, коли рослини в більшій мірі потребують продуктів фотосинтезу для їх накопичення у насінні та становила від 34,8 тис.м² /га до 46,8 тис. м² /га. Лише обробка насіння препаратом, що містить бульбочкові (*Br. japonicum*) та фосфатмобілізуючі (*B. mucilaginosus*) бактерії, збільшила площу листя сої на неудобрених ділянках на 6,2-7,2%. Внесення мінеральних добрив сприяло більш активному розвитку листової поверхні – на 6,3-23,8%, залежно від сорту, кількості та термінів внесення добрив. Збільшення дози азотних добрив та їх внесення в кілька етапів, порівняно з одноразовим внесенням, стимулювало більш активний ріст листя на обох сортах сої. Максимальна площа

листової поверхні була досягнута при одночасному застосуванні інокулянту та мінеральних добрив у дозі $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$, склавши 45,1-46,8 тис. $m^2/га$ [110-111].

Максимальний урожай від 2,91 до 3,17 т/га в умовах Лісостепу правобережного України на чорноземі типовому малогумусному середньосуглинковому досліджувані сорти сої сформували на ділянках, які характеризувались найвищою фотосинтетичною продуктивністю. Порівняно з абсолютним контролем приріст урожаю на цих варіантах становив 54,0 та 44,7 %. Отже, внесення мінеральних добрив у нормі $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ та проведення інокуляції насіння фосфонітрагіном сприяє формуванню максимальної фотосинтетичної продуктивності посівів та забезпечує максимальний рівень врожайності насіння [110].

Врожайність сої визначається багатьма факторами, включаючи ефективність симбіозу з бульбочковими бактеріями, інтенсивність росту, розвиток вегетативних та генеративних органів, а також здатність рослин адаптуватися до різних умов навколишнього середовища. Згідно з дослідженнями, проведеними науковцями Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, які вивчали вплив завчасного протруювання насіння сої фунгіцидами різних класів та інокуляції бульбочковими бактеріями на продуктивність рослин, було встановлено, що фунгіциди не спричиняли токсичного впливу на проростання насіння. Навпаки, схожість насіння сої перевищувала показники контрольних рослин на 20% на п'яту добу після висіву та на 7% на восьму добу. Було виявлено, що обробка фунгіцидами сприяла збільшенню висоти рослин, їхньої надземної маси та прискоренню формування квітів. Однак, маса кореневої системи суттєво не змінилася. Встановлено, що фунгіциди уповільнюють формування та роботу симбіотичної системи між бобовими рослинами та бульбочковими бактеріями. Проте, їх позитивний вплив на самі рослини (покращення схожості насіння, збільшення висоти та надземної маси, прискорення формування генеративних органів) та здатність рослин адаптуватися до стресу на біохімічному рівні (стабілізація вмісту фотосинтетичних пігментів) дозволили отримати врожай насіння сої на рівні або дещо вище контрольних показників [107].

Дослідження показали, що висота стебла сої змінюється протягом її розвитку, що залежить від генетичних особливостей та швидкості росту. В умовах Правобережного Лісостепу висота рослин сої та її динаміка протягом вегетаційного періоду значною мірою залежать від погодних умов. Аналіз даних виявив пряму залежність висоти рослин сої від доз мінеральних добрив, яка описується рівняннями лінійної регресії. Найкращі умови для росту та розвитку сої забезпечує комплексне внесення добрив [112].

Nguyen H.T. та його команда з Університету Міссурі (США) виявили, що обробка насіння сої штамом *Bradyrhizobium japonicum* перед сівбою збільшила кількість корневих вузликів на 30% і висоту рослин на 12% (до 85 см) у фазі цвітіння, порівняно з необробленим контролем (70 см), завдяки покращенню азотного живлення [113].

Ribeiro P.R. та Silva J.A. з Університету Сан-Паулу (Бразилія) встановили, що позакореневе внесення фосфорно-калійного розчину ($P_{20}K_{20}$) у фазі R1 підвищило кількість бобів на рослині на 18% (з 25 до 30 штук) і масу насінин на 10% (до 180 г/1000 насінин) у сорті BRS 232, завдяки кращому розвитку репродуктивних органів [114].

Kumar S. та Sharma P. з Індійського сільськогосподарського дослідницького інституту (Індія) показали, що обробка насіння розчином цинку ($ZnSO_4$, 2%) та позакореневе підживлення бором (0,2%) збільшили площу листової поверхні на 15% (до 450 cm^2 /рослину) і товщину кореня на 20% у фазі R3, що сприяло кращій стійкості до посухи [115].

Jones D.L. та його команда з Ротамстедського дослідницького центру (Велика Британія) довели, що обробка насіння гіберелінами разом із позакореневим внесенням амінокислот у фазі V5 підвищила кількість бічних пагонів на 25% (з 4 до 5 на рослину) і масу вегетативної частини на 17% (до 45 г/рослину), покращивши загальну архітектуру рослини [116].

Ці результати демонструють, що обробка насіння та позакореневе підживлення суттєво впливають на морфобіологічну структуру сої, покращуючи її продуктивність.

Білоус О. П. та Коваленко В. С. у Київській області показали, що обробка насіння сої сорту Меркур препаратом Нітрофікс перед сівбою підвищила кількість корневих вузликів на 25% (до 35 штук на рослину) і висоту стебла на 10% (до 80 см) у фазі цвітіння порівняно з контролем (72 см), завдяки активізації азотфіксації [117].

Петренко Л. Р. та Сидоренко Ю. І. у Північному Степу України встановили, що позакореневе внесення цинку ($ZnSO_4$, 0,5%) і марганцю ($MnSO_4$, 0,3%) у фазі R2 сорту Ромашка збільшило кількість бобів на рослині на 15% (з 22 до 26 штук) і масу 1000 насінин на 8% (до 175 г), сприяючи кращому формуванню репродуктивних органів [118].

Гринишин М.І. та Чернишова Н.О. на Поліссі виявили, що обробка насіння сої сорту Устя стимулятором Гулівер Стимул разом із позакореневим підживленням бором (0,2%) у фазі V4 підвищила площу листової поверхні на 12% (до 420 cm^2 /рослину) і кількість бічних гілок на 20% (до 4 на рослину) [119].

Коваленко В. С. та Білоус О. П. у Західному Лісостепу довели, що позакореневе внесення $N_{15}P_{20}K_{20}$ у фазі R3 сорту КиВін збільшило товщину кореня на 18% і масу вегетативної частини на 14% (до 48 г/рослину), що покращило загальну стійкість і продуктивність рослини [120].

Ці результати свідчать про значний вплив обробки насіння та позакореневого підживлення на морфобіологічну структуру сої в умовах України.

Домарацький Є.О. виявив, що обробка насіння сої сорту Сузір'я біопрепаратом Ризогумін підвищила кількість корневих вузликів на 22% (до 32 штук на рослину) і довжину кореня на 15% (до 25 см) у фазі V3, порівняно з контролем (26 вузликів і 21 см), завдяки стимуляції азотфіксації [121].

Кравець І.С. та Мазур В.А. встановили, що позакореневе внесення карбаміду (9 кг/га) у фазі початку цвітіння сорту Монада збільшило кількість бобів на рослині на 20% (з 20 до 24 штук) і масу 1000 насінин на 10% (до 130 г), що пов'язано з покращенням азотного обміну [122].

Шаповал В.М. показав, що обробка насіння сої сорту Венус мікроелементами ($ZnSO_4$, 1%) разом із позакореневим підживленням бором (0,2%) у фазі R1 підвищила

площу листової поверхні на 18% (до 430 см²/рослину) і кількість гілок першого порядку на 15% (до 3,5 на рослину) [123].

Циховська Е.М. та Кравець І.С. довели, що позакореневе внесення N₁₀P₂₀K₂₀ у фазі R3 сорту Аметист збільшило масу вегетативної частини на 16% (до 46 г/рослину) і товщину стебла на 12%, що сприяло кращій стійкості до вилягання [124].

Дослідження на фермах, проведені в Аргентині, показали, що методи управління, такі як вибір генотипу, дата посіву та методи живлення, такі як удобрення та інокуляція, пояснюють 70% мінливості врожайності та концентрації протеїну в насінні окремих посівів сої (Andrade та ін., 2022, Bosaz et al., 2019, Di Mauro et al., 2018, Leggett et al., 2017, Mourtzinis et al., 2017) [125-127].

В Аргентині фермери переважно вирощують генетично модифіковану сою без особливих вимог до виробництва. З іншого боку, виробництво аргентинської сої без ГМО здійснюється на основі попереднього контракту з промисловістю, яка визначає стандарти якості виробництва. Соя без ГМО охоплює незначну частку площі сої в Аргентині, близько 2% порівняно з ГМО соєю, яка займає 98% площі під соєю.

Нашою основною метою було перевірити можливість максимізації врожайності насіння та концентрації білка в насінні в масштабах фермерів, використовуючи різні варіанти дати посіву та методи живлення для ГМО та не ГМО сої. Можна поєднати високу врожайність насіння та концентрацію протеїну або, принаймні, підвищити одну з них без шкоди для іншої шляхом зміни варіантів підживлення, а саме підживлення при посіві насіння сої і під час вегетації рослин [128].

Дослідження в Київській області, проведені науковцями Білоус О.П. та Коваленко В.С., показали, що комбінація інокуляції насіння сої сорту Меркур препаратом Нітрофікс та внесення добрив N₂₀P₅₂K₅₂ разом із стимулятором росту Гулівер Стимул підвищила врожайність до 2,90 т/га, що на 10-15% більше порівняно з контролем без обробки [117].

У Північному Степу України Петренко Л.Р. та Сидоренко Ю.І. встановили, що обробка насіння сої сорту Ромашка регулятором Домінант при сівбі 20 квітня сприяла підвищенню схожості до 84,2%, а врожайність досягла 2,17 т/га, що на 10,7% перевищило контрольний варіант [128].

На Поліссі Гринишин М.І. та Чернишова Н.О. виявили, що комбінація інокуляції з позакореневим підживленням ($N_{30}P_{60}K_{60}$) забезпечила врожайність сортів КиВін і Устя на рівні 3,13-4,05 т/га, при цьому в ґрунті залишилося до 120 кг біологічно фіксованого азоту [129].

Дослідження Коваленко В.С. та Білоус О.П. у Західному Лісостепу показали, що застосування технологій точного внесення добрив підвищило ефективність засвоєння фосфору та калію на 20%, що позитивно вплинуло на розвиток кореневої системи та ріст вегетативної маси [130].

Дослідження, проведене Nguyen H.T. та його командою в Університеті Міссурі (США), показало, що інокуляція сої штамми *Bradyrhizobium japonicum* у поєднанні з помірним внесенням азоту (N_{30}) підвищила ефективність симбіотичної фіксації азоту на 15–20%, що сприяло зростанню врожайності до 3,5 т/га в посушливих умовах [131].

Ribeiro P.R. та Silva J.A. з Університету Сан-Паулу (Бразилія) встановили, що внесення фосфорних добрив у дозі 60 кг/га на ґрунтах із низьким вмістом фосфору збільшило масу корневих вузликів на 25% і підвищило врожайність сої сорту BRS 232 на 12% (до 3,8 т/га) у тропічних умовах [132].

У дослідженні, проведеному Kumar S. та Sharma P. в Індійському сільськогосподарському дослідницькому інституті (Індія), виявлено, що позакореневе підживлення сої цинком ($ZnSO_4$, 0,5%) та бором (H_3BO_3 , 0,2%) підвищило стійкість до посухи на 18%, а врожайність склала 2,9 т/га у порівнянні з контролем (2,4 т/га) [133].

Команда під керівництвом Jones D. L. із Ротамстедського дослідницького центру (Велика Британія) продемонструвала, що використання технологій точного внесення NPK (на основі даних сенсорів) підвищило засвоєння поживних речовин на 22%, що призвело до стабільної врожайності 3,1 т/га в умовах мінливого клімату [134].

Ці результати, підкреслюють важливість інтегрованого підходу до живлення сої та значення оптимізації живлення для підвищення продуктивності сої в різних кліматичних зонах.

Висновки до розділу 1:

1. Застосування інокуляції та якісних бактеріальних препаратів із високим вмістом азотфіксуючих бактерій для обробки зернобобових культур є необхідним заходом у сучасному сільському господарстві. Це дозволяє максимально реалізувати генетичний потенціал сортів сої, що сприяє отриманню високих урожаїв із найкращою економічною ефективністю.

2. Соя, як основна бобово-олійна культура, відіграє ключову роль у вирішенні питань забезпечення рослинним білком і жиром, покращенні азотного балансу ґрунту та збільшенні виробництва продуктів харчування. Вона виносить із ґрунту значну кількість поживних речовин, тому потребує збалансованої системи удобрення з урахуванням біологічних особливостей сорту та ґрунтово-кліматичних умов. Лише правильно розроблені технології вирощування та системи удобрення забезпечують формування високої й якісної врожайності завдяки їм.

3. Для досягнення стабільних урожаїв необхідно підбирати сорти, адаптовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, і використовувати технологічні прийоми, які відповідають потребам цих сортів. Ці заходи допомагають розкрити генетичний потенціал сортів інтенсивного типу. У контексті зміни клімату наукове обґрунтування технологій вирощування набуває особливого значення.

Також важливо обґрунтувати зміни морфобіологічної структури рослин сої залежно від обробки насіння та позакореневого підживлення хелатними мікродобривами та їх комплексного поєднання, встановити потенціал продуктивності сортів сої, визначити особливості формування надземної маси, тривалість вегетаційного періоду, міжфазних періодів росту та розвитку адаптивних сортів сої залежно від погодних умов регіону вирощування, сортових особливостей та елементів технології вирощування, дослідити особливості формування фотосинтетичної та симбіотичної продуктивності посівів сої та встановити їх взаємозалежність з урожайністю та якістю зерна, провести економічну та енергетичну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування сої. Таким чином, тема дисертаційного дослідження є актуальною і потребує наукового обґрунтування для забезпечення сталого виробництва її в умовах регіону.

Результати цього розділу були використані автором у наступних публікаціях [25, 57, 135-139].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Котович Х. Соя: походження та користь найдавнішої їстівної культури. *АгроЕліта*. 2022. № 4 (111). URL: <https://agroelita.info/soia-pokhodzhennia-ta-koryst-naydavnishoi-istivnoi-kultury/>
2. Муханов В.М. Історичні аспекти наукового вивчення культури сої в країнах Азії та Європи з найдавніших часів до початку ХХ ст. *International Scientific and Practical Conference World science*. 2018. Том 8 Випуск 6 С. 42-45.
3. Cattelan A.J., Dall’Agnol A. The rapid soybean growth in Brazil. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2018. Volume 25, Issue 1. P. 1 – 12.
4. Ксенція Я.І. Оцінка та створення вихідного матеріалу для селекції сої за продуктивністю і якістю насіння в умовах північного Степу України: дис. канд. с.г. наук: 06.01.05. Кропивницький, 2020. 192 с.
5. Рибальченко А.М. Рибальченко А. М. Прояв господарських ознак у колекційних зразків сої та їх селекційне використання в умовах Лівобережного Лісостепу України: дис. канд. с.г. наук: 06.01.05. Полтава, 2020. 200 с.
6. Фурман О.В Симбіотична продуктивність та урожайність насіння сої залежно від інокуляції та удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 200-205. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.24> URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/118_2021/26.pdf
7. Сорокіна С.І., Білоус І.С., Адаптивний потенціал сортів сої. *Природничі науки і освіта: збірник наукових праць природничогеографічного факультету*. Умань: Видавничо-поліграфічний центр «Візаві». 2021. С. 119-122.
8. Резніченко Р.Д., Гальченко Н.М., Радченко А.Г. Продуктивність сої за різних систем основного обробітку ґрунту, доз мінеральних добрив і сидерації на зрошенні півдня України. *Аграрні інновації*. 2020. № 2. С. 66-71.
9. Sinclair T.R., Marrou H., Soltani A., Vadez V., Chandolu K.C. Soybean production potential in Africa. *Global Food Security*. 2014. Volume 3, Issue 1. P. 31–40.
10. Як низьке виробництво сої в 2020 році вплине на переробну галузь «Дунайська Соя». АПК-Інформ. 2021. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/opinion/1517303> (дата звернення 07.11.2021 р.).

11. 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 : Нілан-ЛТД. 2021. 180 с.
12. Трач Ю.В., Костюкевич Т.К. Оцінка мінливості врожайності сої в Вінницькій області. Збалансований розвиток агроєкосистем України: сучасний погляд та інновації. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Полтава 21 листопада 2019 року. Полтава. 2019. С. 140-143], [Чехов А.В. Олійні культури України : монографія / за ред. А.В. Чехова. Київ : Основа. 2007. 415 с.
13. Фурман О.В Симбіотична продуктивність та урожайність насіння сої залежно від інокуляції та удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 200-205. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.24> URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/118_2021/26.pdf
14. Мазур В.А., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Купчук І.М. Соя в інтенсивному землеробстві: монографія. Вінниця: «Нілан-ЛТД», 2022. 220 с
15. Rebonatti M.D., Santos Cordeiro C.F., Volf M.R., Gomes da Silva P.C., Tiritan C.S. Effects of silage crops between crop seasons on soybean grain yield and soil fertility in tropical sandy soils. *European Journal of Agronomy*. 2023. Volume 143, Article 126685. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126685>
16. Трач Ю.В., Костюкевич Т.К. Оцінка мінливості врожайності сої в Вінницькій області. Збалансований розвиток агроєкосистем України: сучасний погляд та інновації. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Полтава 21 листопада 2019 року. Полтава. 2019. С. 140-143.
17. Simon-Miquel G., Reckling M., Lampurlan'es J., Plaza-Bonilla D. A win-win situation – Increasing protein production and reducing synthetic N fertilizer use by integrating soybean into irrigated Mediterranean cropping systems. *European Journal of Agronomy*. 2023. Volume 146. Article 126817. 12 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126817> URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030123000850#fig0005>
18. A.B. Omay, C.W. Rice, L.D. Maddux, W.B. Gordon Corn Yield and Nitrogen Uptake in Monoculture and in Rotation with Soybean. *Soil Science Society of America*

Journal. 1998. Volume 62. Issue 6. P. 1596-1603. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1998.03615995006200060017x>

19. Gentry L.F., Ruffo M.L., Below F.E. Identifying Factors Controlling the Continuous Corn Yield Penalty. *Agronomy Journal*. Volume 105. Issue 2. P. 295-303. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0246>

20. Pikul J.L., Hammack L., Riedell W.E. Corn Yield, Nitrogen Use, and Corn Rootworm Infestation of Rotations in the Northern Corn Belt. *Agronomy Journal*. Volume 97. Issue 3. P. 854-863. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0246>

21. Kirkegaard J., Christen O., Krupinsky J., Layzell D. Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research*. Volume 107. Issue 3. P. 185-195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.010>

22. Ribas G.G., Zanon A.J., Streck N.A., Pilecco I.B., Souza P.M., Heinemann A.B., Grassini P. Assessing yield and economic impact of introducing soybean to the lowland rice system in southern Brazil. *Agricultural Systems*. 2021. Volume 188. Article 103036. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103036>

23. Мовілян В.В., Резніченко В.П. Напрямки господарського застосування сої та підвищення її продуктивності. *Збірник наукових праць кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету*. м. Кропивницький. 2017. С. 30-32.

24. Мірзоєва Т.В., Логвин І.М. Інноваційні напрями розвитку виробництва сої. *Науковий вісник НУБІП України. Сер.: Економіка, аграрний менеджмент, бізнес*. 2013. Вип. 181(2). С. 242 – 247.

25. Коробко А.А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С.125–134. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2021.253098. URL: <http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/253098/253083>.

26. 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. 2020. 276 с.

27. Димитров В.Г. Формування продуктивності сої залежно від біологічних особливостей та оптимізації елементів технології вирощування в умовах Лісостепу

України. дис. канд. с.-г. наук : 06.01.09. Біла Церква, 2018. 178 с. URL : http://science.btsau.edu.ua/sites/default/files/specradi/dimitrov_diser.pdf

28. Ботанічна характеристика сої. Веб-сайт URL : <https://agrosience.com.ua/plant/botanichna-kharakterystyka-soi>. (Дата звернення: 11.06.2022).

29. Бербенець О.В. Світове виробництво сої як невичерпного джерела білків рослинного походження та місце України на світовому ринку торгівлі нею. *Агросвіт*. 2019. № 10. С. 41–45. DOI: 10.32702/2306-6792.2019.10.41.

30. Жуйков О. Г., Іванів М. О., Марченко Т. Ю., Возняк В. В. Сучасне виробництво сої як елемент розв'язання проблеми харчового білка: світові тренди та вітчизняні реалії. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Випуск 116. Частина 1. С. 54–63.

31. Врожай онлайн 2021. URL: <https://latifundist.com/urozhaj-online-2021> (дата звернення: 07.09.2021 р.).

32. Визначено місце України серед ТОП-10 країн-виробників сої в світі. 2020. URL: <https://superagronom.com/news/10640-viznachenno-mistse-ukrayini-sered-top-10-krayin-virobnikiv-soyi-v-sviti> (дата звернення: 06.09.2021 р.).

33. Площі під соєю за 20 років зросли у 20 разів. URL : <https://superagronom.com/news/13898-ploschi-pid-soyeyu-za-20-rokiv-zrosli-u-20-raziv-serednya-vrojajnist--u-25-razu-dani-infografiki> (дата звернення: 07.09.2021 р.).

34. Статистичний збірник «Рослинництво України». 2021. С. 84–86. URL: <http://agroua.net/statistics/> (дата звернення: 07.09.2021 р.).

35. Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких законодавчих актів України щодо забезпечення збалансованості бюджетних надходжень у 2018 році: Закон України від 21 грудня 2017 року № 2245-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-19#Text> (дата звернення: 07.09.2021 р.).

36. Пасічник О. І. Виробництво сої та соєвої олії в Україні. *Вісник студентського наукового товариства «ватра»*: зб. наукових праць ІХ Всеукраїнської студентської наук.-практ. конф. 2020. Випуск 94. С. 173–178.

37. Посівна 2020: аграрії розпочали посів сої.
URL: <https://www.me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=fbfe2313-a9e8-46d0-ad00-dbddea4c4c97&title=Posivna2020-AgrariiRozpochaliPosivSoi> (дата звернення: 07.09.2021 р.).
38. Красій М. А., Міщенко І. А., Ринок сої стан та перспективи. «Сучасний менеджмент: виклики та можливості». Матеріали II Міжнародної наук.-практ. онлайн-конф. студентів, аспірантів і молодих вчених. 2021. С. 78–81.
39. USDA Foreign Agricultural Service. World Agricultural Production: Soybean Market Outlook 2020–2025. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 2024. 45 p.
40. Smith J.R., Nguyen H.T. Global Soybean Yield Trends and Climate Impact: 2020–2024 Assessment. *Journal of Agricultural Science*. 2024. Vol. 162. P. 89–102.
41. FAO. Global Soybean Production and Trade Trends 2020–2024. Rome: Food and Agriculture Organization. 2024. 60 p.
42. Державна служба статистики України. Сільське господарство України: Статистичний збірник 2023. Київ: Держстат. 2024. 180 с.
43. Український клуб аграрного бізнесу. Огляд ринку сої в Україні: підсумки 2023 року та прогнози на 2024–2025 роки. Київ: УКАБ. 2024. 35 с.
44. Білоус О.П. Аналіз врожайності сої в умовах Лісостепу України за 2019–2023 роки. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 25–32.
45. Мельник А.В., Романько Ю.О., Романько А.Ю. Адаптивний потенціал і стресостійкість сучасних сортів сої. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 85-91.
46. Мазур О.В., Полторецький С.П. Оцінка сортозразків сої за селекційними індексами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 170-178. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-13.
47. Мазур О.В., Мазур О.В. Генотипні відмінності сортів квасолі звичайної за параметрами пластичності та стабільності. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 9. С. 102-111.

48. Поліщук І.С., Поліщук М.І., Юрченко Н.А. Тривалість періоду вегетації та міжфазних періодів сортів сої залежно від строків сівби та норм висіву насіння. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 15. С. 64-71.
49. Монарх В.В., Городиська І.М., Ліщук А.М., Чуб А.О. Особливості органічного насінництва сої в контексті євроінтеграції України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 9. С. 89-101.
50. Забарна Т., Пелех Л. Продуктивність сортів сої залежно від впливу ґрунтово-кліматичних умов правобережного Лісостепу України. *Slovak international scientific journal*. № 39. 2020. Vol. 1. P. 6-11.
51. Забарна Т.А., Пелех Л.В. Формирование симбиотической продуктивности сортов сои в условиях Правобережной Лесостепи Украины. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 114-125.
52. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік. Міністерство аграрної політики України, Державна служба з охорони прав на сорти рослин (Реєстр є чинним станом на 17.01.2022 року). Київ, 2022. С. 187-197. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/2022-01-17_reestr.pdf.
53. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік. К., 2019. 451 с.
54. Січкач В.І. Ефективніше використовувати сортовий потенціал сої – потреба сьогодення. Посібник українського хлібороба. 2013. Т. 2. С. 146 – 150.
55. Бабич А.О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля. К.: Аграрна наука, 1998. 272 с.
56. Лещенко А.К. Культура сої. К.: Наукова думка, 1978. 236 с.
57. Telekalo N.V., Korobko A.A. Selection of adaptive soybean varieties in cultivation technology under conditions of climate change. *Agriculture and forestry*. 2022. № 3 (26). С. 125-137. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-3-10. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/November2022/syNef1Ntp1jmUSxe9Z8C.pdf>.
58. Романько А. Ю. Формування продуктивності сої залежно від елементів технології вирощування в умовах північно-східного Лісостепу України: Дисертація доктора філософії 201 Агрономія. Суми. 2021. 223 с.

59. Мельник С. І., Демидов О. А., Жилкін В. А. Технологія вирощування сої в Україні за No-till технологією з використанням іноземної техніки. *Посібник українського хлібороба*. 2008. С. 135–141.
60. Сорти сої Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва та технологія вирощування / С. І. Попов, В. О. Матушкін, М. Ф. Божко та ін. Х.: Магда ЛТД, 2002. 20 с.
61. Бабич А.О. Стан та перспективи виробництва сої в Україні. Всеукраїнський інформаційно-аналітичний портал «Аграрний Тиждень. Україна». URL: <https://a7d.com.ua/plants/5052-stan-ta-perspektivi-virobnictva-soyi-v-ukrayin.html> (дата звернення 31.05.2022 року).
62. Ткачук О.П., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Екологічна оцінка середньостиглих і середньопізнньостиглих сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1 (24). С. 5-15. DOI:10.37128/2707-5826-2022-1-1.
63. Minussi Winck J.E., Tagliapietra E.L., Schneider R.A., Inklman V.B., Nora M.D., Savegnago C., Paula L.S., Da Silva M.R., Zanon A.J., Streck N.A. Decomposition of yield gap of soybean in environment \times genetics \times management in Southern Brazil *European Journal of Agronomy*. 2023. Volume 145. Page 126795. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126795> URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030123000631>
64. Огурцов Є.М. Міхєєв В.Г., Белінський Ю.В., Клименко І.В. 2016. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України; за ред. М.А. Бобро. Харків: ХНАУ, 268 с.
65. Branitskyi Y., Telekalo N., Kupchuk I., Mazur O., Alieksieiev O., Okhota Y., Mazur O. Improvement of technological methods of switchgrass (*Panicum virgatum L.*) growing in the Vinnytsia region. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2022. № 25 (4). P. 311–318. DOI: <https://doi.org/10.15414/afz.2022.25.04.311-318> URL: <https://www.acta.fapz.uniag.sk/journal/article/view/75/53>
66. Myronova H., Tymoshchuk T., Voloshyna O., Mazur O., Mazur O. Formation of seed potato yield depending on the elements of cultivation technology. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. № 2. P. 19-30. DOI: 10.48077/scihor.26(2).2023.19-30. URL:

<https://sciencehorizon.com.ua/en/journals/tom-26-2-2023/formuvannya-urozhaynosti-nasinnyevoyi-kartopli-zalezno-vid-elementiv-tehnologiyi-viroshchuvannya>

67. Нікончук Н. В., Бобошко Д. В. Вплив мікробіологічних біопрепаратів на ґрунтову мікрофлору в умовах степу України. *Перлини степового краю*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Миколаїв, 24-26 листопада 2021 р. Миколаїв: МНАУ, 2021. С. 21-23. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11685>

68. Panda H. *Manufacture of Biofertilizer and Organic Farming*. India: Asia Pacific Business Press Inc. 2017. 336 p.

69. Panwar J.D.S. *Organic farming and biofertilizers: scope and uses of biofertilizers*. India, New Delhi: New India Publishing Agency New Delhi. 2016. 576 p.

70. Грабовська Т.О., Мельник Г.Г. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої за органічного виробництва. *Агробіологія*. 2017. № 1. С. 80-85. URL: <https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/606/1/Vplyv%20biopreparativ.pdf>

71. Думич В., Шкоропад Л. Дослідження ефективності застосування біопрепаратів у технологіях вирощування озимих зернових культур. *Техніка і технології АПК*. 2018. № 2. С. 19-22. URL: https://ndipvt.com.ua/TiTAPK/2018/TTAPK_2018_02.pdf

72. Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*. 2003. Vol. 255. Issue 2. P. 571-586. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1026037216893>

73. Fuentes-Ramirez L.E., Caballero-Mellado J. *Bacterial Biofertilizers*. *Biocontrol and Biofertilization* [edited by Z. A. Siddiqui]. Aligarh, India: Aligarh Muslim University. 2006. P. 143-172.

74. Переверзева А.С., Калюжная О.С., Стрельников Л.С. Виробництво ентомопатогенних препаратів на основі *bacillus thuringiensis*. *Youth Pharmacy Science*: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, м. Харків, 27-29 квіт. 2021 р. Харків: НФаУ, 2021. С. 135-138.

75. Городиська І.М., Плаксюк Л.Б., Чуб А.О. Використання біопрепаратів за умов органічного виробництва сої. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 9 (786). С. 73–78. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2018_09_11.pdf
76. Городиська І.М., Терновий Ю.В., Чуб А.О. Роль біологічних препаратів у органічному землеробстві. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 2. С. 54–58. URL: <https://journals.uran.ua/bnusing/article/view/276333>
77. Петриченко В.Ф., Кобак С.Я., Чорна В.М., Колісник С.І., Лихочвор В.В., Пида С.В. Формування азотфіксувального потенціалу та продуктивності сортів сої селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80. № 5. С. 63-75. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.05.063>
78. Patyka V.P., Tikhonovich I.A., Filipiev I.D., Gamayunova V.V., Andrusenko I.I. *Microorganisms and alternative farming*. 1993. Kiev: Harvest, 176 p.
79. Kots S.Y., Morgun V.V., Patyka V.F. *Biological fixation of nitrogen: bean-rhizobial symbiosis*. 2010. Kiev: Logos, 508 p.
80. Kots S. Ya., Morgun V.V., Patyka V.F., Malichenko S.M., Mamenko P.N., Kiriziy D.A., Mikhalkiv L.M., Beregoenko S.K., Melnikova N.N. *Biological fixation of nitrogen: legume-rhizobial symbiosis: monograph in 4 tons*. 2011. Vol. 2. K.: Logos, 523 p.
81. Yatsenko V., Poltoretskiy S., Yatsenko N., Poltoretska N., Mazur O. Agrobiological assessment of green bean varieties by adaptability, productivity, and nitrogen fixation. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. Issue 7. P. 79-94. DOI: 10.48077/scihor7.2023.79. URL: <https://sciencehorizon.com.ua/en/journals/tom-26-7-2023/agrobiologichna-otsinka-sortiv-kvasoli-sparzhevoyi-za-adaptivnistyu-produktivnistyu-ta-azotfiksatsiyeyu>
82. Patyka V.P., Kyrylenko L.V., Alekseev O.A., Zakharova O.M., Gnatyuk T.T. Influence of biopreparations, phytopathogenic microorganisms on the microbial soil of the rhizosphere and the efficiency of the functioning of the symbiotic system of tuber bacteria - soybean, goat's milk. *Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Series: Biology*. 2017. № 1 (68). P. 123–132. URL:

<http://journal.chem-bio.com.ua/nomery-zhurnalu-2017-r/statti-nomera-1-68-2017/item/532-vplyv-biopreparativ-fitopatohennykh-mikroorhanizmiv-na-mikrobiom-gruntu-ryzosfery-i-efektyvnist-funktsionuvannya-symbiotychnoyi-systemy-bulbochkovi-bakteriyi-soya-kozlyatnyk>

83. Panchyshyn V., Moisiienko V., Kotelnytska A., Tymoshchuk T., Stotska S. Formation of narrow-leaved lupine productivity depending on seed inoculation and fertilization. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. № 1. P. 31–42. DOI: [https://doi.org/10.48077/scihor.26\(1\).2023.31-42](https://doi.org/10.48077/scihor.26(1).2023.31-42) URL: <https://sciencehorizon.com.ua/en/journals/tom-26-1-2023/formuvannya-produktivnosti-lyupinu-vuzkolistogo-zalezho-vid-inokulyatsiyi-nasynnya-ta-udobrennya>

84. Petrychenko V.F., Babych A.O., Ivanyuk S.V. Soybean: State and perspective of the development in the Ukraine. *Legume Perspectives*. 2013. Issue 1. P. 37. URL: https://www.legumesociety.org/wp-content/uploads/2019/12/legum_perspect_1.pdf

85. Biliavska L., Biliavskiy Y., Mazur O., Mazur O. Adaptability and breeding value of soybean varieties of Poltava breeding. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2021. Vol. 27. Issue 2. P. 312–322. URL: <https://www.agrojournal.org/27/02-10.pdf>

86. Mazur O., Kupchuk I., Voloshyna O., Matviiets V., Matviiets N., Mazur O. Genetic determination of elements of the soybean yield structure and combining ability of hybridization components. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2023. № 26 (2). P. 163-178. DOI: <https://doi.org/10.15414/afz.2023.26.02.163-178> URL: <https://acta.fapz.uniag.sk/journal/article/view/98>

87. 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 Fytotechnica et Zootechnica*. 2022. № 25 (3). P. 226–241. DOI: <https://doi.org/10.15414/afz.2022.25.03.226-241> URL: <https://www.acta.fapz.uniag.sk/journal/article/view/68/55>

88. Бахмат М.І., Прус Л.І., Кравченко В.С. Урожайність та адаптивний потенціал сортів сої в умовах Лісостепу західного. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 91 (1). С. 250-259.

89. Кравченко В. С., Кононенко Л. М., Вишнеvsька Л. В. Адаптивний потенціал та урожайність сортів сої Георгіна та Анжеліка. *Актуальні питання сучасної аграрної науки*: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. 15 листопада 2017 р. Умань. 2017. С. 58-59.

90. Прус Л.І. Вплив агротехнічних заходів на продуктивність сої. *Agroecological journal*. 2017. № 1. С. 62 – 67.

91. Tsyhanska O.I., Tsyhanskyi V.I. The influence of mineral fertilizers and biopreparation on the growth and development of soybean plants. *Colloquium-journal*. 2021. № 16 (103). P. 34-38. URL : <http://repository.vsau.org/getfile.php/28682.pdf>

92. Циганська О.І. Вплив мінеральних добрив та біопрепарату на ріст та розвиток рослин сої. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. № 6 (94). 12 с. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.06.008>

93. Mauro G.D., Schwalbert R., Prado S.A., Saks M.G., Ramirez H., Costanzi J., Parra G. Exploring practical nutrition options for maximizing seed yield and protein concentration in soybean. *European Journal of Agronomy*. 2023. Volume 146. Page 126794. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126794> URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S116103012300062X>

94. Білоус О.П., Коваленко В.С. Вплив інокуляції та мінеральних добрив на врожайність сої сорту Меркур у Київській області. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 5. С. 34–41.

95. Бабич А.О., Новохацький М.Л. Освітленість рослин та її вплив на динаміку листового індексу посівів сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Аграр. вісн. Причорномор'я*. 2001. Вип. 12. С. 179-184.

96. Колісник С. І., Венедіктов О. М., Фабіянський Д. О. Особливості формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності ранньостиглих сортів сої в умовах правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2009. № 64. С. 55-61.

97. Новохацький М.Л. Оптимізація умов фотосинтезу агроценозів сої та використання рослинами його продуктів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та

випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2017. Вип. 21. С. 258-267.

98. Бахмат О. М. Фотосинтетична активність та врожайність сої залежно від сорту, способу сівби й удобрення. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 7. С. 27- 30.

99. Zhang X, Huang G, Bian X, Zhao Q. Effects of root interaction and nitrogen fertilization on the chlorophyll content, root activity, photosynthetic characteristics of intercropped soybean and microbial quantity in the rhizosphere. *Plant Soil Environ*. 2013; 59 (2): 80-88.

100. Sartori F.F., Engroff T.D., Sanches T.H.G., Soave J.M., Pessotto M.V., Felisberto G., Hilgemberg Jr V.E., Borja Reis A.F., Hungria M., Nogueira M.A., Jaccoud-Filho D.S., Andreote F.D., Dourado-Neto D. Potentially harmful effects of seed treatment and pre-inoculation on soybean biological nitrogen fixation and yield. *European Journal of Agronomy*. 2023. Volume 142. Page 126660. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126660> URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030122002088>

101. Гринишин М.І. Фізіологія рослин: основи живлення та обміну речовин. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка. 2018. 320 с.

102. Білоус О.П. Вплив мінеральних добрив на врожайність сої в умовах Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 3. С. 45–52.

103. Чернишова Н.О. Вплив мікроелементів на ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Київ: Інститут агроекології. 2022. 180 с.

104. Коваленко В.С., Петренко Л.Р. Симбіотична фіксація азоту в бобових культурах. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 12. С. 23–29.

105. Smith J., Brown T. Nutrient Management in Soybean Cultivation. New York: Academic Press, 2021. – 245 p.

106. FAO. Soil Fertility and Plant Nutrition Guidelines. Rome: Food and Agriculture Organization. 2020. 150 p.

107. Коць С.Я., Кириченко О.В., Павлице А.В., Якимчук Р.А. Формування продуктивності сої за завчасної обробки насіння фунгіцидами стандак топ і февер та інокуляції ризобіями в день посіву. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021.

Вип. 34. С. 29–43. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.29-43> URL : <https://smic.in.ua/index.php/journal/article/view/454/534>

108. Vavrinevych O.P., Antonenko A.M., Omelchuk S.T. Hygienic assessment of fungicides on human health influence risk after consumption of agricultural products growed in their application. *Hygiene and Ecology*. 2018. № 1. P. 58-63.

109. Разанов С.Ф., Шевчук О.А. Обсяг застосування та екотоксична оцінка хімічних засобів захисту рослин. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8. С. 102-117 URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/15822.pdf>

110. Фурман О.В. Формування фотосинтетичної та насінневої продуктивності сої під впливом інокуляції та мінеральних добрив в умовах Лісостепу правобережного України. *Colloquium-journal*. 2021. №16 (103). P. 30-33. URL: <https://colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2022/05/Colloquium-journal-2021-103-2.pdf>.

111. Фурман О.В. Оптимізація елементів технології вирощування сої в умовах Лісостепу правобережного. Дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Чабани, 2021. 202 с.

112. Циганська О.І., Циганський В.І. Вплив мінеральних добрив та способів використання комплексу мікроелементів на висоту рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4 (15). С. 83-93. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-4-8

113. Nguyen H.T., Smith J.R., Brown T.A. Seed inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and its impact on soybean root nodulation and plant height. *Journal of Agricultural Science*. 2020. Vol. 158. P. 89–97.

114. Ribeiro P.R., Silva J.A. Foliar application of phosphorus and potassium: Effects on soybean reproductive structure and seed weight. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 2021. Vol. 33. P. 112–120.

115. Kumar S., Sharma P. Seed treatment with zinc and foliar boron application: Influence on soybean leaf area and root morphology. *Plant and Soil*. 2022. Vol. 471. P. 345–356.

116. Jones D.L., Smith K., Barraclough T. Combined effects of gibberellin seed treatment and amino acid foliar feeding on soybean shoot architecture. *Field Crops Research*. 2023. Vol. 290. P. 108765.

117. Білоус О.П., Коваленко В.С. Вплив інокуляції насіння сої на формування корневих вузликів і висоту рослин у Київській області. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 3. С. 28–34.

118. Петренко Л.Р., Сидоренко Ю.І. Ефективність позакореневого підживлення мікроелементами для репродуктивної структури сої сорту Ромашка. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 7. С. 15–22.

119. Гринишин М.І., Чернишова Н.О. Зміни морфології сої сорту Устя за умов комбінованої обробки насіння та підживлення бором. *Наукові записки Інституту агроекології*. 2022. № 2. С. 10–18.

120. Коваленко В.С., Білоус О.П. Вплив позакореневого NPK-підживлення на вегетативну масу та кореневу систему сої сорту КиВін. *Сільськогосподарські науки*. 2023. № 1. С. 33–40.

121. Домарацький Є.О. Вплив біопрепаратів на морфологію кореневої системи сої сорту Сузір'я в умовах Поділля. *Вісник Вінницького національного аграрного університету*. 2020. № 2. С. 45–52.

122. Кравець І.С., Мазур В.А. Ефективність позакореневого підживлення карбамідом для структури врожаю сої сорту Монада. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 4. С. 33–39.

123. Шаповал В.М. Зміни листкової поверхні та гілкування сої сорту Венус за комбінованої обробки мікроелементами. *Наукові записки ВНАУ*. 2022. № 3. С. 22–29.

124. Циховська Е.М., Кравець І.С. Вплив комплексних позакорневих добрив на вегетативну масу сої сорту Аметист. *Сільськогосподарські науки*. 2023. № 1. С. 40–47.

125. Andrade J.F., Mourtzinis S., Rattalino Edreira J.I., Conley S.P., Gaska J., Kandel H.J., Lindsey L.E., Naeve S., Nelson S., Singh M.P., Thompson L., Specht J.E., Grassini P. Field validation of a farmer supplied data approach to close soybean yield gaps in the US North Central region. *Agricultural Systems*. 2022. Volume 200. Page 103434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103434> URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X22000701>

126. Bosaz L.B., Gerde J.A., Cipriotti P.A., Ascheri L., Campos M., Gallo S., Rotundo J.L. Management and environmental factors explaining soybean seed protein variability in central Argentina. *Field Crops Research*. 2019. Volume 240. P. 34-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.05.007> URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429019302229>
127. Mauro G.D., Cipriotti P.A., Gallo S., Rotundo J.L. Environmental and management variables explain soybean yield gap variability in Central Argentina. *European Journal of Agronomy*. 2018. Volume 99. P. 186-194. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.04.012> URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030118300947>
128. Петренко Л.Р., Сидоренко Ю.І. Ефективність регуляторів росту та строків сівби сої сорту Ромашка в умовах Північного Степу України. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 4. С. 22–29.
129. Гринишин М.І., Чернишова Н.О. Симбіотична фіксація азоту та продуктивність сортів сої КиВін і Устя за умов Полісся. *Наукові записки Інституту агроекології*. 2020. № 3. С. 15–23.
130. Коваленко В.С., Білоус О.П. Застосування технологій точного землеробства для оптимізації живлення сої в Західному Лісостепу України. *Сільськогосподарські науки*. 2022. № 2. С. 47–55.
131. Nguyen H.T., Smith J.R., Brown T.A. Enhancing soybean yield through optimized nitrogen fixation and drought tolerance. *Plant, Cell & Environment*. 2021. Vol. 44. P. 123–135.
132. Ribeiro P.R., Silva J.A. Phosphorus fertilization effects on soybean nodulation and yield in tropical soils. *Agronomy Journal*. 2021. Vol. 113. P. 245–253.
133. Kumar S., Sharma P. Role of zinc and boron in improving soybean resilience to drought stress. *Journal of Plant Nutrition*. 2022. Vol. 45. P. 567–578.
134. Jones D.L., Barraclough T., Smith K. Precision agriculture for nutrient management in soybean cultivation under changing climate. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 859. P. 144903.

135. Коробко А.А. Господарсько-цінне значення та перспективи вирощування сої в умовах правобережного Лісостепу України. *Наука, освіта та суспільство: тенденції, виклики, перспективи*: матеріали Міжнародної науково - практичної конференції. 1 лютого 2022 року. Полтава, Україна. 2022. С. 49 – 50.

136. Коробко А.А. Соя – стратегічна культура під час війни в Україні. *Сучасна наука: теоретичні та прикладні аспекти*: матеріали VII всеукраїнської мультидисциплінарної науково-практичної інтернет-конференції, 31 липня 2022 року. Житомир, 2022. С. 58 – 62.

137. Коробко А.А. Перспективні напрямки використання сої. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, 30 вересня 2022 року. Полтава, 2022. С. 90-92.

138. Коробко А.А. Порівняльна оцінка адаптивних сортів сої. *Роль меліорації та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства*: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, 8 грудня 2022 року. Київ, Україна, 2022. С. 60-61.

139. Коробко А.А. Продуктивність адаптивних сортів сої за умов зміни клімату. *Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення*: матеріали доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 7-8 грудня 2023 р. Миколаїв. 2023. С. 10-13.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ І ДОСЛІДЖУВАНИХ СОРТІВ СОЇ

2.1. Грунтово-кліматична характеристика зони та погодні умови в роки проведення досліджень

Сьогодні люди хочуть споживати якісні та різноманітні продукти харчування. Оскільки населення Землі продовжує зростати, головним викликом для аграрного сектору економіки є виробництво високоякісних продуктів харчування. Потреби в продовольчих ресурсах мають зрости як мінімум на 75% до 2050 року. Рослини потребують світла, тепла, поживних елементів в ґрунті та відсутності шкідливих сполук для нормального росту. За винятком світла і тепла все це рослини отримують переважно з ґрунту. Таким чином, людина може створити умови, необхідні для росту та розвитку сільськогосподарських культур, впливаючи на ґрунт. Але різні ґрунти мають різні властивості, і щоб покращити ситуацію, слід провести ретельне вивчення, що допоможе зрозуміти особливості взаємодії між кореневою системою рослини, ґрунтом і елементами живлення рослин. Підвищення родючості ґрунту та отримання високих, стійких врожаїв сільськогосподарських культур є результатом свідомого врахування такої взаємодії у практиці сільського господарства [1, 2].

Ґрунтові та кліматичні умови в місці вирощування мають прямий вплив на ріст, розвиток і продуктивність сільськогосподарських культур, у тому числі сої [3].

Більшість території України розташована на заході Східноєвропейської рівнини. Умови для сільськогосподарського виробництва в Україні надзвичайно сприятливі, 95% території України є рівнинами і лише 5% території займають гори. Приблизно 60% сільськогосподарських угідь мають рівнинний рельєф, а 35% мають кут нахилу від 1° до 3°. Україна займає провідне місце серед країн-сусідів щодо частки високоякісних плідючих ґрунтів. Чорноземи складають 54% площі Землі, їх третина зосереджена на території України. Близько 70% території України складається з сільськогосподарських угідь. З них 55% – рілля, 9% – пасовища, 4% – сіножаті і менше 2% – багаторічні насадження. За структурою ґрунтів (у відсотках від сільськогосподарських угідь) 27% складають суглинки, 21% – середні суглинки,

16% – легкі суглинки, 24% – легкі глиноземи, 3% – важкі глиноземи і 10% – піски. На території України є невелика лісистість, приблизно 12%. На кожну особу припадає 0,80 га сільськогосподарських угідь, включаючи 0,64 га ріллі. Але ці показники значно відрізняються в різних місцях і в різні періоди часу через різницю в щільності населення та міграції [4].

Лісостепова зона – регіон інтенсивного сільськогосподарського і промислового виробництва. Тут досить поширені сірі опідзолені ґрунти. На таких ґрунтах через низьку структурність і несприятливі водно-повітряні властивості після оранки можуть утворюватись брили. Вони легко запливають і швидко осідають після обробітку. Гумусний горизонт має глибину 25-30 см. Нижче представлені ущільнений ілювіальний горизонт і порода, яка утворює ґрунт. Карбонати мають глибину 80–170 см. Ці ґрунти мають гранулометричний склад суглинків. Вміст гумусу в ґрунті в середньому становить 1,2-2,4%; рН сольової витяжки близько 5,5; гідролітична кислотність становить 1,7-2,8 мг/кг ґрунту; кількість увібраних основ 4,0–17,3 мг/кг ґрунту; і ступінь насичення основами становить 70-88% [5-6].

У цих ґрунтах ступінь забезпечення фосфором і калієм середній. Ступінь забезпечення азотом – недостатній, що залежить від вмісту гумусу [6-7].

Таблиця 2.1 містить основні середні багаторічні дані агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь, а саме вміст гумусу в ґрунтах України.

Таблиця 2.1

Аналіз вмісту гумусу в ґрунтах сільськогосподарського призначення на території України.

Роки обстеження	Середньозважений показник, %
1986-1990	3,36
1991-1995	3,28
1996-2000	3,19
2001-2005	3,15
2006-2010	3,14
2011-2015	3,16
2016-2020	3,07

**Джерело: сформовано автором на основі даних Вінницької філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»*

Гумусо-ілювіальний горизонт у темно-сірих опідзолених ґрунтах становить 50-60 см, а карбонати залягають на глибині 110-150 см. Вони легкі та

середньосуглинкові за гранулометричним складом. Вміст гумусу становить 2,3-3,5%, кількість увібраних основ становить 10-25 мг/кг ґрунту, насичення основами 75-90%, а реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН 5,5-6,5). Забезпеченість ґрунту поживними речовинами – середня [5-8].

Сірі лісові ґрунти характеризуються гумусовим шаром сірого кольору, глибиною 25-30 см, з вмістом гумусу від 3-4% до 6-8%, де гумінові кислоти присутні в невеликій кількості. Ґрунтовий розчин має кислу реакцію. Елювіально-ілювіальний горизонт може бути слабо виражений або взагалі відсутній [9].

Сірі лісові середньосуглинкові ґрунти є одним із поширених типів у зоні Лісостепу правобережного, зокрема на території Волинської, Подільської та Придніпровської височини. Ці ґрунти сформувались під впливом широколистяних і мішаних лісів з трав'янистим покривом в умовах вологого помірно-континентального клімату з приблизно однаковим вмістом опадів і випаровуваності. Основними ґрунтоутворюючими породами є леси та лесовидні суглинки, багаті кальцієм, що сприяє розвитку карбонатного профілю. Рельєф території хвилястий, часто розчленований ерозією, що впливає на локальні особливості ґрунтоутворення [10, 11].

У працях Позняка С.П. [12] описано морфологічну структуру профілю сірих лісових ґрунтів, яка включає кілька характерних горизонтів. Верхній горизонт (A0) представлений лісовою підстилкою або дерниною, під яким залягає гумусовий горизонт (A1) глибиною 12–30 см, сірого забарвлення з вмістом гумусу від 3 до 8%, залежно від підтипу (світло-сірі, сірі або темно-сірі лісові). У межах цього горизонту переважають гумінові кислоти, що обумовлюють слабокислу реакцію середовища (рН 5,5–6,5). Нижче розташовані гумусово-елювіальний (HE) та ілювіальний (I) горизонти, який включає кремнеземисту присипку SiO_2 і переміщення гумусових речовин у вигляді плівок («лаки» або «дзеркала»), що є ознаками опідзолення. Материнська порода (Рк) традиційно представлена лесоподібним суглинком із карбонатними включеннями [12].

За механічним складом сірі лісові середньосуглинкові ґрунти характеризуються збалансованим вмістом піщаних, мулистих і глинистих фракцій, що забезпечує

середню водо- та повітряну проникність. Вміст гумусу змінюється від 1,5-3% у світло-сірих до 6-9% у темно-сірих підтипах, що свідчить про інтенсивність дернового процесу та ступінь опідзолення. Хімічний склад верхніх горизонтів збіднений, вони мають помірну природну родючість, однак їх продуктивність значною мірою залежить від агротехнічних заходів [13, 14].

На сірих лісових ґрунтах активно використовують у сільському господарстві для вирощування зернових, технічних, кормових та овочевих культур, зокрема сої, пшениці та солодких буряків. Їхню родючість можна підвищити шляхом систематичного внесення органічних добрив (10 т/га на рік, наприклад, гною, торфу чи сидератів), травосіяння та поглиблення орного шару. Через слабку здатність до накопичення нітратів азотні добрива рекомендовано вносити ранньою весною. Водночас ці ґрунти схильні до водної ерозії, особливо на схилах, що охоплює до 70–80% орних земель у деяких регіонах, тому потрібно проводити заходи боротьби з ерозією [13, 15, 16].

Згідно з результатами аналізу ґрунту, орнай шар характеризується такими показниками: вміст гумусу: 2,0-2,25%. Легкогідролізований азот: 60-67 мг/кг. Рухомий фосфор: 149-212 мг/кг. Обмінний калій: 80-92 мг/кг. рН сольової витяжки: 5,5-6,0. Гідролітична кислотність: 1,10-1,21 мг-екв на 100 г ґрунту.

Для покращення продуктивності сірих лісових ґрунтів необхідно застосовувати комплексний підхід, що включає систематичне внесення органічних добрив, таких як гній, торф, компости та сидерати, є критично важливим для підвищення вмісту гумусу та покращення структури ґрунту. Нейтралізація надмірної кислотності ґрунту за допомогою вапнування сприяє покращенню доступності поживних речовин для рослин. Внесення мінеральних добрив, особливо азотних, фосфорних та калійних, допомагає компенсувати дефіцит поживних елементів [17].

Застосування агротехнічних заходів для запобігання водній ерозії є необхідним для збереження родючого шару ґрунту. Контроль водного балансу ґрунту сприяє оптимальному росту та розвитку рослин [17].

Сірі лісові ґрунти є цінним ресурсом для сільського господарства, але їх ефективне використання вимагає застосування комплексу агротехнічних заходів. Правильне управління цими ґрунтами дозволить досягти високих врожаїв та забезпечити стабільне сільськогосподарське виробництво [17].

Дослідження проводилися у Вінницькій області, що розташована в зоні Лісостепу правобережного. Згідно з фізико-географічним районуванням, Вінниччина належить до Південно-Західної частини Східноєвропейської рівнини, а саме до Дністровсько-Дніпровського Лісостепового краю [17].

Згідно з геоботанічним районуванням України Вінницька область, що відноситься до Східноєвропейської лісостепової провінції, характеризується різноманітними агрокліматичними умовами. Для зручності, її територію поділено на три райони: Північно-Східний, Центральний та Південний, кожен з яких охоплює певні адміністративні райони та територіальні громади [18, 19].

Недостатнє зволоження ґрунту є критичним фактором для сільськогосподарського виробництва, що безпосередньо впливає на обсяг та якість врожаю. Зважаючи на тенденцію до посилення посушливих явищ, контроль за вологістю ґрунту набуває особливої актуальності. Вологість ґрунту та температура повітря є важливими факторами для сільського господарства. У Вінницькій області, середні показники вологості ґрунту становлять 21%, а середня температура повітря +11°C. Ці показники можуть варіюватися залежно від конкретного місця, пори року та інших факторів. [20].

Метеорологічні умови, що створюють сприятливий клімат для росту рослин протягом вегетаційного періоду, відіграють вирішальну роль у вирощуванні та забезпеченні високих врожаїв. Дослідження проводилися в регіоні з кліматом, типовим для Лісостепу правобережного. Проте на сьогодні практично всі сільськогосподарські угіддя в Україні знаходяться в зоні ризикованого землеробства, де існує постійна загроза втрати врожаю через нестачу або надлишок вологи [18, 19].

Метеорологічні умови вегетаційного періоду відіграють вирішальну роль у формуванні врожайності сільськогосподарських культур, забезпечуючи оптимальні умови для їх росту та розвитку. Клімат регіону досліджень, що належить до зони

Лісостепу правобережного, характеризується специфічними рисами. Однак, наразі, значна частина посівних площ України перебуває в зоні нестабільного гідротермічного режиму з імовірністю втрати врожаю внаслідок нестабільності температурних показників та опадів протягом періоду вегетації [4].

Клімат України помірно-континентальний, з чіткими сезонними змінами, за винятком Криму. До зони Лісостепу входять Черкаська, Чернівецька, Харківська, Хмельницька, Київська, Полтавська, Сумська, Тернопільська та Вінницька області, які входять до центральної зони. Зона займає 202 000 км² і в основному є рівнинною. Волинсько-Подільська височина займає лівобережну частину, а Дністровська височина Дніпра займає правобережну [4].

Середня температура липня становить +18°C на північно-західній стороні та +22°C на півдні. Середня температура в січні коливається від -5 до -8°C. Вегетація триває в середньому від 200 до 210 днів. Час, коли середня добова температура перевищує +15°C, триває приблизно 100 днів на заході та приблизно 120 днів на південному сході.

Температура, яка перевищує 10°C протягом року, коливається від 2 500 до 2 600 на півночі та від 2 800 до 2 900 на півдні. Час, протягом якого немає помітних заморозків на поверхні землі, становить приблизно 135-140 днів. Опади в середньому випадають у західній частині регіону 550-700 мм, у центральній частині 500-550 мм, а на південному сході 450 мм. У період з квітня по вересень випадає майже 75% опадів [4].

Як показали багаторічні метеорологічні спостереження, весною на початку квітня середньодобова температура перевищує +5°C, а восени – в кінці жовтня та на початку листопада. Таким чином, вегетаційний період триває 200-205 діб. Середній рівень опадів за рік становить приблизно 580-630 мм, а за вегетаційний період – 320 мм. Влітку опади сягають 80-90 мм/місяць, а взимку 30-35 мм/місяць [19].

Дослідження проводилося у Вінницькій області, яка є частиною правобережного Лісостепу. Кліматичні умови та земельні ресурси в цьому районі мають великий потенціал для виробництва сільськогосподарської продукції [21].

Згідно з агрокліматичними характеристиками Вінницька область поділяється на північно-східний, центральний і південний регіони. Дослідження проводилося на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету. Це дослідне поле розташоване в центральній частині регіону, де є волога і помірно тепла погода. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) становить 1,7-1,8. Близько 70% опадів випадає в теплі періоди року [7, 19]. Таблиця 2.2 містить основні кліматичні показники центральної зони Вінницької області.

Таблиця 2.2

**Багаторічні статистичні дані клімату центральної частини
Вінницької області**

№ п/п	Показники	Величина
1	Мінімальна температура повітря, t °С	-34
3	Максимальна температура повітря, t °С	+38
4	Середньорічна температура повітря, t °С	6,7 - 7,0
5	Сума активних температур, t °С	2671 - 2780
6	Сума ефективних температур, більше 5 °С	1949 - 2059
7	Сума атмосферних опадів за рік, мм	581 - 634
8	Сума опадів за вегетаційний період, мм	368 - 425
9	Довжина безморозного періоду, діб	141 - 147
10	Довжина вегетаційного періоду, діб	199 - 205
11	Довжина періоду з сніговим покривом, діб	87 - 90
12	Дата останніх весняних заморозків	23.04 - 25.04
13	Дата початку осінніх заморозків	6 – 7.10
14	Середнє значення максимальної глибини снігового покриву, см	14 - 15
15	Середнє значення глибини промерзання ґрунту, см	56
16	Переважаючий напрям вітру	Північно-західний

**Джерело: сформовано автором за даними літературних джерел [19, 22].*

Кліматичні характеристики регіону свідчать про континентальний клімат із середньорічною температурою 6,7–7,0 °С, сумою активних температур 2671–2780 °С і опадами 581–634 мм на рік, з яких 368–425 мм припадає на вегетаційний період. Безморозний період (141–147 діб) і вегетаційний період (199–205 діб) забезпечують сприятливі умови для вирощування середньостиглих сортів сої, хоча значні зимові морози (-34 °С) і значення глибини промерзання ґрунту (56 см) вимагають адаптованих агротехнічних заходів.

Норма річних опадів в Україні змінюється залежно від географічного регіону, кліматичних умов і природних зон, наступна країна розташована в кількох

кліматичних поясах, від помірно-континентального на заході до більш посушливого степового на півдні та сході. Середня кількість річних опадів в Україні коливається від 300 до 1200 мм, залежно від регіону. Найбільше опадів випадає в Карпатах і на заході країни, а найменше – у південних і південно-східних степових районах.

У зоні Лісостепу правобережного середня норма опадів становить 600 – 800 мм на рік, із максимумом у літні місяці (липень–серпень) та мінімумом у лютому – березні.

Більшість опадів в Україні випадає в теплий період року (травень – вересень), коли переважають зливові дощі. На літо припадає до 60-70% річної норми опадів, особливо в липні, яка є найбільшим місяцем у окремих регіонах (до 80-100 мм на місяць у Лісостепу).

Взимку опади переважно у вигляді снігу, їхня кількість становить 20-30% річної норми. У степовій зоні зимові опади можуть бути мінімальними (10-20 мм на місяць).

У центральній частині країни, зокрема в Київській, Черкаській, Вінницькій областях, річна середня норма кількості опадів становить 550-650 мм на рік, але для показника стійкого землеробства має бути 700 мм опадів і більше за рік.

Норма опадів для сої за вегетаційний період залежить від кліматичних умов регіону вирощування, сортових особливостей, фази розвитку рослин та доступності вологи в обґрунтуванні. Соя є культурою, яка потребує достатньої кількості вологи для нормального росту й розвитку, але водночас вона чутлива до сильного зволоження, що може сприяти ураженню кореневої гнилі.

Веgetаційний період сої в Україні (залежно від сорту та регіону) триває від 90 до 150 днів (травень-вересень для середньостиглих сортів). За цей період сої потрібно 300-600 мм опадів для оптимального росту й формування врожаю. Ця норма може варіюватися залежно від різних факторів. У вологих регіонах (наприклад, Лісостеп) природних опадів може бути достатньо, тоді як у степовій зоні часто потрібне зрошення. Ранні сорти потребують менше вологи (300-400 мм), тоді як пізньостиглі – до 500-600 мм. На важких ґрунтах (наприклад, сірих лісових середньосуглинкових) волога утворюється краще, ніж на піщаних.

Соя має різну потребу у волозі залежно від фази розвитку. Нижче (табл. 2.3) наведено орієнтовні норми опадів для кожної фази за вегетаційний період (з травня по вересень):

Таблиця 2.3

Розподіл опадів за фазами розвитку сої

Фаза росту і розвитку сої	Календарні строки	Потреба у волозі	Примітка*
Проростання та початковий ріст (фаза сходів)	травень	20-40 мм	У цей період соя потребує достатньої кількості вологи для проростання насіння та формування кореневої системи. Надмірна вологість (понад 50 мм) може призвести до загнивання насіння, особливо на важких ґрунтах.
Веgetативний ріст (2-3 справжній листок – бутонізація)	червень	80-120 мм	У фазі активного росту стебла та листкової поверхні соя потребує стабільного зволоження. Дефіцит опадів (менше 60 мм) може призвести до уповільнення росту, а надмірна (понад 150 мм) – до вилягання рослин.
Цвітіння та формування бобів	червень-липень	120-200 мм	Це найкритичніший період для сої, коли формується кількість бобів на рослині. Дефіцит вологи (менше 100 мм) у фазі цвітіння може спричинити значне зниження врожайності (до 30-50%). Оптимальна норма – 150-200 мм для цього періоду.
Налив насіння	Липень-серпень	100-150 мм	У фазі наливу насіння соя потребує вологи для накопичення сухих речовин. Недостатнє зволоження (менше 80 мм) призводить до зменшення маси насіння та зниження якості врожаю. Надмірна вологість (понад 200 мм) може спричинити грибкові захворювання.
Дозрівання	Серпень-вересень	20-50 мм	У фазі дозрівання потреба у волозі мінімальна. Надмірні опади (понад 70 мм) в цей період можуть призвести до розвитку грибкових захворювань, таких як сіра гниль.

*Джерело: сформовано автором за даними [23].

Отже, сумарна потреба сої в опадах за вегетаційний період становить:

- Мінімальна норма: 300-350 мм (для ранньостиглих сортів у посушливих умовах з низьким рівнем врожаю).
- Оптимальна норма: 450-600 мм (для середньо- та пізньостиглих сортів у лісостепу, що забезпечує врожайність на рівнях 2,5–3,5 т/га).
- Максимальна норма: 600-700 мм (у вологих регіонах, таких як Карпати, але з ризиком грибкових уражень).

Оскільки оптимальна потреба сої становить в середньому 450-600 мм, у посушливі роки в Лісостепу можна спостерігати дефіцит вологи (50-150 мм), особливо в критичних фазах цвітіння та наливу насіння. У таких випадках використання зрошення може компенсувати нестачу опадів (50-100 мм за сезон).

Останніми роками (до 2025 року) кліматичні зміни впливають на розподіл опадів в Україні. У Лісостепу зростає частота посушливих періодів у липні-серпні, коли соя переходить у фазу наливу насіння.

Таблиця 2.4

Середні щомісячні показники опадів за 2022-2024 рр. (отримані за даними Вінницька метеостанція), мм

Місяці		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	За квітень-жовтень
2022 рік									
Декади	I	5	9	10	0	19	0	0	326
	II	14	43	41	5	9	5	2	
	III	14	48	32	30	24	16	0	
За місяць		41	33	100	83	35	52	21	
2023 рік									
Декади	I	0	45	8	17	3	8	52	415
	II	10	25	21	7	0	0	21	
	III	22	66	39	6	25	38	2	
За місяць		32	32	136	68	30	28	46	
2024 рік									
Декади	I	3	1	47	30	30	2	23	353
	II	37	0	27	22	3	20	19	
	III	44	23	7	5	0	9	1	
За місяць		84	84	24	81	57	33	31	
Середнє за 3 роки		50	87	77	41	38	33	40	365
Середні багаторічні		42	81	87	50	38	44	42	384

Примітка: I-III – декади; IV-X – місяці з квітня по жовтень.

*Джерело: сформовано автором за даними Вінницької метеостанції [24, 25].

Оцінка гідротермічного режиму в період проведення досліджень здійснювалася на основі метеорологічних спостережень, наданих Вінницьким обласним центром гідрометеорології.

На основі даних таблиці 2.4, що відображає рівень опадів у Вінниці за декадами та місяцями з квітня по жовтень 2022, 2023 і 2024 років, а також середньорічні норми, можна зробити наступні висновки про вологозабезпеченість вегетаційного періоду для сільськогосподарських культур, зокрема, сої, у досліджуваній період.

Середня кількість опадів протягом періоду вегетації за 3 роки склала 365 мм, що на 19 мм або на 5% нижче середньої багаторічної норми (384 мм). Це свідчить про тенденцію до зменшення вологозабезпечення вегетаційного періоду в досліджувані роки.

Загальна вологозабезпеченість у 2022 році склала 326 мм, що становить 84,9% від середнього багаторічного показника (384 мм). У 2023 році кількість опадів з квітня по жовтень – 415 мм, що на 8,1% більше ніж середньобагаторічний показник. А у 2024 році випало 353 мм опадів, що становить 91,2% від середнього багаторічного показника. В середньому протягом трьох років спостерігався дефіцит води порівняно з багаторічною нормою, хоча 2023 рік був найбільш вологим з досліджуваних, а 2022 – найпосушливішим (рис. 2.1).

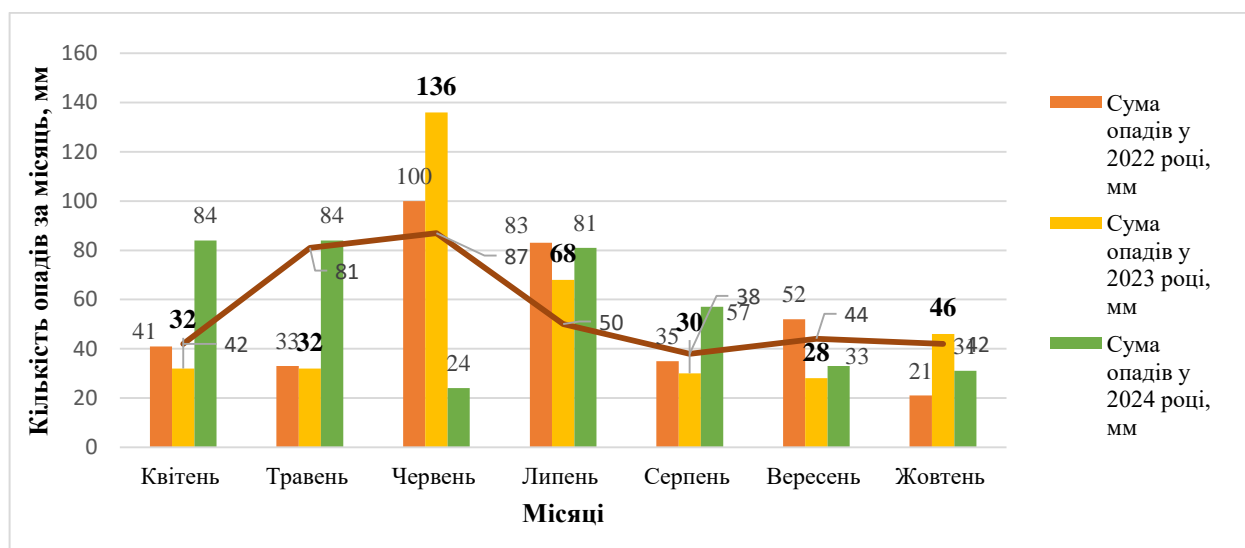


Рис. 2.1 Кількість опадів протягом вегетаційного періоду в середньому за 2022-2024 рр до середніх багаторічних показників, мм.

Проаналізувавши розподіл опадів помісячно протягом вегетаційного періоду можна зробити висновок, що вологий початок сезону сприяв проростанню насіння сої та формуванню сходів. У квітні сума опадів склала 50 мм що на 19% більше від середньобагаторічних. Надлишок води (особливо у 2024 році – 84 мм) створив сприятливі умови для раннього розвитку кореневої системи, що є важливим для подальшого росту сої.

У травні випало 87 мм проти 81 мм багаторічних, перевищення на 7%. Найвологіший місяць забезпечив достатню вологу для фази вегетативного росту сої,

зокрема для розвитку листового апарату. Це позитивно вплинуло на фотосинтетичну активність рослин, що є ключовим для накопичення біомаси.

У червні випало 77 мм, що менше від багаторічного показника на 11%. Незначний дефіцит вологи у період активного росту та початку цвітіння сої міг обмежити формування генеративних органів. Соя у фазі цвітіння потребує 80-100 мм вологи, тому недобір у 2022 році створив певні ризики для врожайності.

У липні кількість опадів була на рівні 41 мм, менше на 18% від середнього багаторічного показника. Значний дефіцит вологи у період формування бобів (особливо у 2022 році – 35 мм) негативно вплинув на продуктивність сої. У цій фазі соя потребує 60–80 мм опадів, тому нестача вологи могла призвести до зменшення кількості бобів на рослині та їхньої маси.

Стабільна вологість серпня у період наливу насіння (особливо у 2024 році – 33 мм) сприяла нормальному формуванню зерна. Однак у 2022 році (52 мм) надлишок вологи міг спричинити затримку дозрівання та підвищити ризик грибкових захворювань. Незначне зниження опадів на завершення сезону мало мінімальний вплив на сою, оскільки більшість сортів уже завершила вегетацію.

Найбільш вологим виявився 2023 рік (415 мм), найпосушливішим був 2022 рік (326 мм) протягом періоду вегетації. Для підвищення врожайності в умовах нестабільних опадів можна вирощувати посухостійкі сорти сої, використання зрошення культури та інших агротехнічних заходів для збереження вологи є обґрунтованими.

У таблиці 2.5 подано середньомісячні показники температури повітря за роки проведення досліджень (2022-2024 рр.) за даними Вінницької метеостанції. Ми бачимо, що середня температура за 3 роки (16,0°C) майже збігається з середньою багаторічною нормою (15,3°C). Поступове підвищення середньорічної температури: від 14,6°C у 2022 році до 17,6°C у 2024 році вказує на тенденцію до потепління в регіонах. Найтеплішим виявився 2024 рік, тоді як 2022 рік був найпрохолоднішим серед досліджуваних. Температурний режим за 2022–2024 роки характеризувався загальним потеплінням (16,0 °C проти середньої багаторічної – 15,3 °C), що загалом сприяло вегетації сільськогосподарських культур, зокрема сої.

Таблиця 2.5

Середньомісячні показники температури повітря за роки проведення досліджень, 2022-2024 рр. (Вінницька метеостанція), °С

Місяці		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	За квітень-жовтень
2022 рік									
Декади	I	5,3	11,9	15,9	21,5	20,8	13,7	7,2	14,6
	II	7,8	13,9	19,0	24,3	20,0	15,5	6,9	
	III	7,8	14,5	23,0	21,6	17,1	9,2	7,6	
За місяць		7,0	13,4	19,3	22,5	19,3	12,8	7,6	
2023 рік									
Декади	I	8,3	11,7	17,3	20,6	20,8	19,4	15,8	15,9
	II	7,8	13,0	21,9	19,1	19,9	16,7	10,8	
	III	11,4	10,3	21,4	21,3	20,5	15,8	10,1	
За місяць		9,2	11,7	20,2	20,3	20,4	17,3	12,2	
2024 рік									
Декади	I	14,4	15	20,7	23,2	21,2	20,5	13,6	17,6
	II	11,4	13,2	20,1	27,1	22,1	18,6	8	
	III	10,8	18,9	22,1	21	23,1	17,3	7,8	
За місяць		12,2	15,7	21,0	23,8	22,1	18,8	9,8	
Середнє за 3 роки		9,4	13,6	20,2	22,2	20,6	16,3	9,9	16,0
Середня багаторічна		8,5	14,9	19,6	20,8	19,9	15,1	8,6	15,3

Примітка: I-III – декади; IV-X – місяці з квітня по жовтень.

*Джерело: сформовано автором за даними Вінницької метеостанції [24, 25]

Найсприятливішим був 2023 рік (15,9 °С) із теплим початком сезону та комфортними умовами у вересні, що подовжило період дозрівання. Натомість 2022 рік (14,6 °С) виявився найхолоднішим, із затримкою вегетації у травні та вересні. Високі температури у липні 2024 року (23,8 °С) могли викликати тепловий стрес, особливо у поєднанні з дефіцитом вологи. Ці коливання підкреслюють необхідність адаптивного підходу до вирощування культур у регіоні Вінницької області, включаючи вибір відповідних сортів, оптимізацію термінів сівби та застосування агротехнічних заходів для мінімізації впливу температурних аномалій, щоб мінімізувати стрес для рослин.

У період 2022–2024 років у Вінниці спостерігалася чітка тенденція до підвищення температурного режиму (рис. 2.2). Кліматичні умови досліджуваного періоду характеризувалися значною контрастністю, що проявлялося у варіабельності температурного режиму (від 15,1°С у 2022 році до 17,5°С у 2024 році) та нерівномірному розподілі опадів.

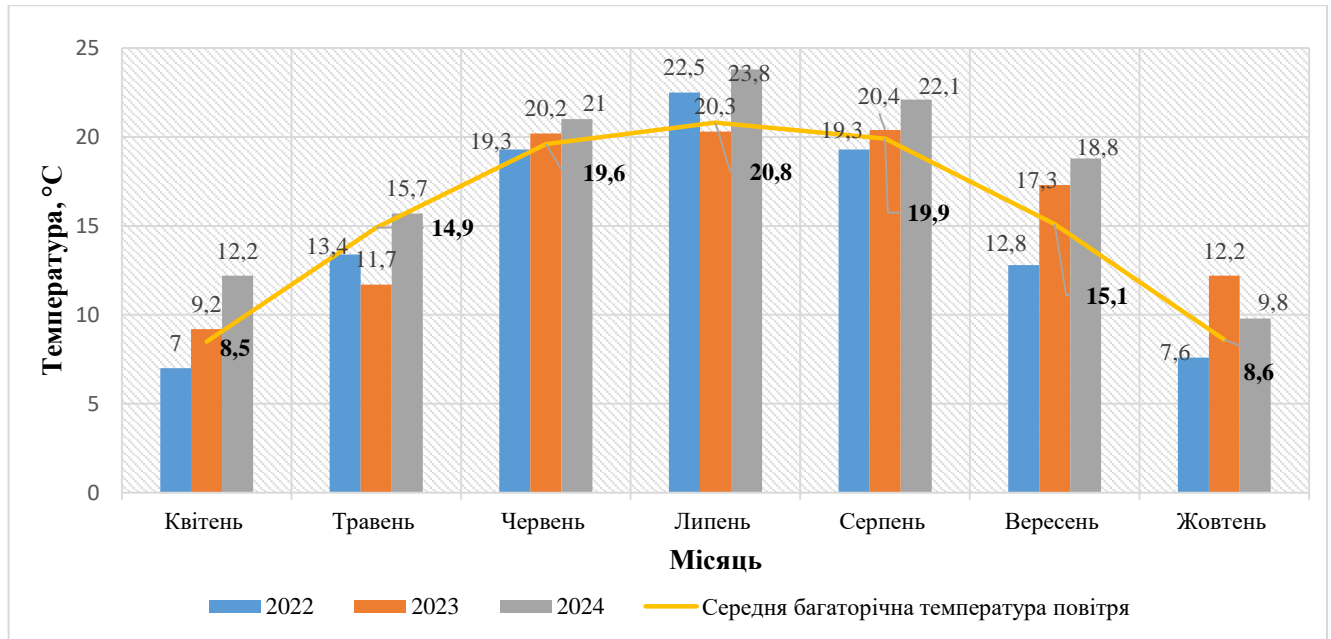


Рис. 2.2 Середньомісячні показники температури повітря протягом вегетаційного періоду в середньому за 2022-2024 рр., °C

Незважаючи на це, умови залишалися придатними для вирощування сої, демонструючи її адаптивність. Забезпечення оптимального рівня вологості та використання відповідних сортів є ключовими факторами успішного вирощування сої в регіоні.

2.2. Матеріали та методи досліджень

Наукові дослідження за темою дисертаційної роботи проводили впродовж 2022-2024 рр. на дослідній ділянці Науково-дослідного господарства «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету, яке знаходиться в селі Агрономічне Вінницького району Вінницької області.

Співвідношення факторів 2x2x4. Площа облікових ділянок – 25 м². Розміщення варіантів випадкове (метод рендомізації). Повторність чотириразова, 16 варіантів в одній повторності.

Ми проаналізували Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 17 січня 2022 року [26], показники господарської придатності сортів (подано в таблиці 2.6), які визначали в Українському інституті експертизи, а

також на основі досліджень інших науковців [27, 28] і вирішили обрати для проведення досліджень два ранньостиглі сорти сої. Дослідження проводили із рекомендованими для зони Лісостепу сортами сої. Ранньостиглий сорт Самородок української селекції Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України та ранньостиглий сорт Амадеус канадської селекції Семенсес Прогрейн ІНК [26-30, 52].

Для вирішення поставлених завдань було закладено багатofакторний польовий дослід (Додаток Б). Дослідженнями передбачалось вивчення дії та взаємодії трьох факторів:

Фактор А – сорти: 1. Амадеус (А); 2. Самородок (С);

Фактор В – інокуляція насіння: 1. Без обробки (контроль); 2. Інокуляція Різолан-р (2,0 л/т) + Різосейв (0,5 л/т) (і);

Фактор С – позакореневі підживлення: 1. Без підживлення (контроль); 2. Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га) – 1-3 трійчастий листок; Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га) – бутонізація – цвітіння;

3. Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га) – 1-3 трійчастий листок; Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га) – бутонізація-цвітіння.

4. Органік баланс (0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га) – 1-3 трійчастий листок; Органік баланс (0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га) – бутонізація-цвітіння. (схему досліду подано в додатку Б).

Досліджували вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень біопрепаратами на рослини різних сортів сої, а також їх комплексне поєднання на збільшення показника продуктивності та урожайності сої.

Вирощування сої проводили за загальноприйнятою технологією культури для Лісостепу правобережного, за виключенням факторів, які були поставлені на вивчення. Попередник – озима пшениця.

Таблиця 2.6

**Показники господарської придатності
сортів Самородок і Амадеус за 5 попередніх років**

Показник	Значення					
	Самородок			Амадеус		
	Степ	Лісостеп	Полісся	Степ	Лісостеп	Полісся
Урожайність, ц/га	12,3	22,7	17,5	11,5	21,7	19,1
±до усередненого значення урожайності, ц/га	-4,6	0,7	-2,9	-8,3	-1,6	-3,6
±до усередненого значення урожайності, %	-27	3	-14	-42	-7	-16
Маса 1000 насінин, г	138,8	149,4	149,2	139,4	161,9	176,7
Висота рослин, см	66,1	73,9	78,5	70	73	77
Стійкість до вилягання, бал	9	8	8	9	9	9
Стійкість до осипання, бал	8	8	9	8,9	8,9	9
Стійкість до посухи, бал	8	8	8	8,2	8,1	9
Висота прикр-ня нижнього боба, см	11,3	13	15,6	12,7	12,4	10,8
Стійкість до пероноспорозу, бал	9	9	9	8,7	9	9
Стійкість до аскохітозу, бал	9	9	9	9	8,9	9
Стійкість до бактеріозу, бал	9	9	9	9	8,4	8,8
Стійкість до септоріозу, бал	9	9	9	9	9	9
Стійкість до фузаріозу, бал	9	9	9	9	8,8	9
Вміст білка, %	41,3	41,0	41,7	45,9	45,7	45,1
Вміст олії, %	22,6	22,0	21,1	20,6	19	18
Напрямок використання	зерно	зерно	зерно	зерно	зерно	зерно

*Джерело: сформовано автором на основі [26, 29, 30, 52]

Передпосівний обробіток ґрунту передбачав культивуацію на глибину 5-6 см.

Під час передпосівного обробітку ґрунту вносили мінеральні добрива у формі нітроамофоски (N₁₆P₁₆K₁₆) як фон для всіх досліджуваних варіантів.

Контроль бур'янів здійснювався шляхом внесення гербіцидів: Харнес (ацетохлор, 900 г/л) у дозі 2,5 л/га до появи сходів культури [31]; Базагран (бентазон, 480 г/л) у дозі 2,0 л/га у фазу трьох трійчастих листків сої [32].

Передпосівну обробку насіння проводили сучасним біоінокулянтном у рідкій формі Різолан-р у поєднанні з біопротектором Різосейв (*Bradyrhizobium japonicum* та *Rhizobium leguminosarum*) від компанії БТУ-Центр. Сівбу насіння здійснювали на глибину 3-4 см з шириною міжрядь 45 см. Підживлення проводили регулятором росту Азотофіт-р і біопрепаратом Органік баланс у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор у фазу 1-3 трійчастого листка і у фазу бутонізації-початку цвітіння обприскувачем, що забезпечило дрібнокрапельне розпилення для рівномірного покриття листової поверхні (Додаток Б).

Україна володіє найбільшим у Європі різноманіттям сортів сої, створених завдяки наполегливій праці вітчизняних селекціонерів. Українські сорти, які не містять генетично модифікованих організмів, демонструють продуктивність на рівні 4–5 т/га, не поступаючись іноземним аналогам за врожайністю та вмістом білка. Проте, середній показник врожайності в Україні залишається на рівні 2-2,5 т/га, що свідчить про значний невикористаний генетичний потенціал. Для його реалізації необхідне впровадження сучасних технологій вирощування. [28].

При виборі сорту сої основні критерії: врожайність, тривалість вегетації, стійкість до осипання та вилягання, несприйнятливність до хвороб і шкідників, а також толерантність до надмірної вологи та посухи. Для отримання максимального врожаю сорт повинен ефективно використовувати доступні ресурси протягом свого розвитку. Об'єктивний вибір сорту можливий лише на основі результатів екологічних випробувань, проведених у конкретному регіоні. При виборі сорту необхідно враховувати зону його районування, оскільки екологічна пластичність сортів може варіювати. Сорт, що демонструє високу продуктивність в умовах Степу, не завжди гарантує аналогічні результати в Лісостепу. [28].

Обрані нами сорти Самородок і Амадеус придатні для вирощування у зоні Лісостепу.

Сорт Самородок. Оригіна́тор Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України, внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2018 році. Призначений для вирощування в зоні Лісостепу. Сорт характеризується ранньостиглістю, вегетаційний період становить 97-108 діб. Середня врожайність за результатами сортовипробування (2017-2021 рр.) склала: у Степовій зоні – 12,3 ц/га, у Лісостеповій зоні – 22,7 ц/га, у зоні Полісся – 17,5 ц/га. Сорт відзначається оптимальним співвідношенням білків та жирів, що забезпечує високі смакові якості насіння та придатність для використання у харчовій промисловості. Вміст олії становить 22,6; 22,0; 21,1%, а вміст білка – 41,3; 41,0; 41,7% відповідно до зон вирощування. Висота прикріплення нижнього бобу становить 11,3; 13; 15,7 см відповідно. Маса 1000 насінин – 138-149 г. Сорт стійкий до осипання та розтріскування бобів, має високу польову стійкість до грибкових та вірусних

захворювань, а також підвищену стійкість до посухи, дефіциту вологи та елементів живлення у період формування генеративних органів. Стійкий до вилягання, ефективно реагує на внесення добрив та зрошення [52-54]. Рекомендована густина посіву – 500 тис. шт./га.

Сорт Амадеус. Селекціонований компанією «Прогрейн», внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2016 році. Призначений для вирощування в зоні Лісостепу. Сорт характеризується ранньостиглістю, вегетаційний період становить 110-115 днів. Відзначається високою адаптивністю до різноманітних ґрунтово-кліматичних умов та енергією початкового росту. Рекомендоване міжряддя – 15-45 см. Середня врожайність за результатами сортовипробування (2017-2021 рр.) склала: у Степовій зоні – 11,5 ц/га, у Лісостеповій зоні – 21,7 ц/га, у зоні Полісся – 19,1 ц/га. Сорт характеризується оптимальним співвідношенням білків (45,9; 45,7; 45,1%) та жирів (20,6; 19,0; 18,0%), що забезпечує високі смакові якості насіння та придатність для використання в харчовій промисловості. Висота прикріплення нижнього бобу становить 12,7; 12,4; 10,8 см відповідно до зон вирощування. Маса 1000 насінин – 139-177 г. Сорт стійкий до осипання та розтріскування бобів, має високу польову стійкість до грибкових та вірусних захворювань, а також підвищену стійкість до посухи, дефіциту вологи та елементів живлення у період формування генеративних органів. Стійкий до вилягання, ефективно реагує на внесення добрив та зрошення [52-54]. Рекомендована густина посіву – 500-600 тис. шт./га.

У досліді вивчали біоінокулянти і біопрепарати для стимуляції росту і захисту рослин у поєднанні з мікроелементами, які за даними виробників мають такі характеристики:

Різолайн-р – біопрепарат для інокуляції насіння сої, гороху та інших бобових культур (рідина від кремового до коричневого кольору зі специфічним запахом). У складі препарату життєздатні клітини бульбочкових бактерій: *Bradyrhizobium japonicum*, симбіотичні до сої, титр $(2,0 - 6,0) \times 10^9$ КУО/см³; *Rhizobium leguminosarum*, симбіотичні до гороху, титр $(2,0 - 6,0) \times 10^9$ КУО/см³;

інші штами бульбочкових бактерій, симбіотичні до певних бобових культур; макрота мікроелементи, біологічно активні продукти життєдіяльності бактерій (вітаміни, гетероауксини, гібереліни тощо) [33].

Дія біопрепарату полягає в тому, що він допомагає рослинам засвоювати азот з повітря, перетворюючи його в доступну форму (у симбіозі з бобовими культурами); стимулює утворення бульбочок на коренях; забезпечує рослини речовинами, які сприяють їхньому росту; підвищує вміст білка, жирів та вітамінів групи В у насінні; збільшує врожайність; покращує хімічний склад і фізичні властивості ґрунту; дозволяє скоротити використання азотних добрив.

Біопрепарат Різолайн-р слід використати протягом 24 годин після відкриття упаковки. Робочий розчин необхідно готувати в день обробки, а якщо потрібно, то зберігати в темному прохолодному місці не більше 4 годин. Перед використанням біопрепарату обов'язково збовтати. Посів проводити у вологий ґрунт, за температури від 10°C до 30°C.

Перед посівом насіння обробляли в тіні, щоб уникнути прямих сонячних променів. Біопрепарат Різолайн змішували з біопротектором Різосейв згідно з вказівками в таблиці 2.5, і обробляли насіння безпосередньо перед посівом. Оброблене насіння просушували в тіні до сипучого стану [33].

Біопрепарат Різолайн-р можна використовувати разом з іншими біопрепаратами, що стимулюють ріст та захищають від мікробів, а також з біоприлипачами та мікроелементами. Проте, його не слід змішувати з сильнодіючими хімічними протруйниками. В інтегрованому землеробстві, якщо необхідно використовувати сильнодіючі протруйники, обробку насіння слід проводити за 5-7 днів до інокуляції, збільшивши норму Різолайну на 30-50% [33].

Різосейв – біопротектор для пролонгації закріплення інокулянтів і мікоризних препаратів на насінні.

Біологічна дія препарату: ефективне закріплення бульбочкових бактерій на насінні, захист бактерій від негативних факторів, забезпечення виживання мікроорганізмів. Перед застосуванням препарат необхідно збовтувати. Біопротектор Різосейв змішують з біоінокулянтами рекомендованою нормою 1 л/т насіння.

Обробку насіння проводять, дотримуючись вимог інструкції для застосування біоінокулянтів. Оброблене насіння слід зберігати в захищеному від ультрафіолету приміщенні. Посів необхідно проводити у вологий ґрунт. Обробку насіння біопротектором Різосейв разом з біоінокулянтами проводять за допомогою спеціалізованих машин-протруювачів або іншого спеціалізованого обладнання. Застосування біопротектору дає можливість обробки насіння безпосередньо перед посівом або за 1-30 діб до посіву. При застосуванні біопротектора виключається необхідність у використанні прилипачів. Він нетоксичний для людей, тварин та комах [34].

Азотофіт – природний активатор росту (рідина від кремового до коричневого кольору зі слабким, специфічним запахом). Застосовують для передпосівної обробки насіння, кореневого підживлення, фертигації, позакореневого підживлення (обприскування) рослин в період вегетації (з 2025 року офіційна назва змінена на Азотохелп).

Препарат є біологічним продуктом, що містить живі клітини азотфіксуючої бактерії *Azotobacter chroococcum* ($1,0 \times 10^9$ КУО/см³), а також комплекс біологічно активних речовин, синтезованих бактеріями (амінокислоти, вітаміни, фітогормони, фунгіцидні речовини).

Біологічна дія препарату полягає у:

- активній азотфіксації;
- синтезі ростостимуляторів;
- підвищенні стресостійкості рослин;
- стимуляції проростання насіння та розвитку кореневої системи;
- покращенні живлення рослин;
- підвищенні імунітету;
- збільшенні врожайності;
- пригніченні фітопатогенної мікрофлори [35].

Позакореневе підживлення проводили ввечері, уникаючи дії прямих сонячних променів в безвітряну погоду.

Органік-баланс – це біопрепарат у вигляді рідини (від кремового до коричневого кольору з характерним запахом), який стимулює ріст рослин, захищає їх від хвороб і забезпечує збалансоване живлення. Він містить концентровану суміш живих бактерій-продуцентів (азотфіксуючих, фосфор- і каліймобілізуєчих), біологічно активні речовини (фітогормони, вітаміни, ферменти, амінокислоти), компоненти поживного середовища (макро- та мікроелементи, органічні джерела живлення) та інактивовані клітини мікроорганізмів, що підвищують стійкість рослин до стресу. Концентрація життєздатних мікроорганізмів-продуцентів становить не менше $1,0 \times 10^9$ КУО/см³. [36].

Біопрепарат проявляє комплексну біологічну дію, спрямовану на підвищення стійкості рослин до абіотичних стресів, стимуляцію проростання насіння та забезпечення однорідних сходів, оптимізацію мінерального живлення та покращення якісних показників продукції, що в результаті призводить до підвищення врожайності.

Обприскування в період вегетації рекомендується проводити:

- профілактично перед настанням стресових умов;
- одночасно з впливом стресових факторів для мінімізації негативного впливу;
- для відновлення фізіологічних процесів після стресового впливу;
- для стимуляції росту та покращення засвоєння мікроелементів.

Позакореневе підживлення (обприскування) проводили робочим розчином біопрепарату в безвітряну погоду ввечері.

Хелп-рост соя – органо-мінеральне добриво для позакореневого підживлення (обприскування) рослин сої під час вегетації. Склад добрива спеціально розроблений для сої з урахуванням потреб та особливостей росту і розвитку. Обробіток по вегетації рекомендується проводити в комплексі з застосуванням біопрепаратів або засобів захисту рослин. Позакореневе підживлення (обприскування) рекомендується проводити в безвітряну похмуру погоду, або вранці чи ввечері. Добриво Хелп-рост соя можна застосовувати як самостійно, так і в бакових сумішах з іншими засобами живлення та захисту рослин. Попередньо необхідно провести тест на сумісність.

Склад: макроелементи (P-2,9%; K-3,5%); мезоелементи (S-1,2%; Mg-0,8%); мікроелементи (Fe-0,12%; Co-0,01%; Mn-0,2%; Mo-0,03%); біологічно активні речовини: вітаміни-0,02%; амінокислоти-1,0%; пептиди-0,5%; полісахариди-0,05%.

Хелп-рост бор – органо-мінеральне добриво призначене для позакореневого підживлення культур, які в період вегетації чутливі до дефіциту бору (олійні, овочеві та плодово-ягідні культури). Приготування робочого розчину: в окремій ємності роблять маточний розчин добрива Хелпрост бор у пропорції 1 об'єм добрива на 4-5 об'ємів води. Заповнюють ємність для бакової суміші водою на 2/3 об'єму, додають маточний розчин добрива, змішують та доводять бакову суміш до повного об'єму. Обробку по вегетації рекомендується проводити в комплексі із застосуванням дозволених біопрепаратів або засобів захисту рослин. Позакореневе підживлення (обприскування) проводити в безвітряну похмуру погоду ввечері.

Склад препарату: В - 111,0 г/л; N - 60,0 г/л; амінокислоти - 1,5 г/л, комплекс мікроорганізмів.

Липосам – це водорозчинний біополімерний препарат, що використовується як носій-прилипач для засобів захисту та живлення рослин. Він має гелеподібну форму, колір якої варіює від світло-сірого до бежевого, та складається з природних полімерів, що забезпечують адгезійні властивості.

Препарат забезпечує:

- покращення фіксації агрохімікатів на оброблюваній поверхні, що сприяє їх ефективному використанню;
- формування захисного покриття, що регулює водний баланс та не впливає на дихання та фотосинтез рослин;
- підвищення ефективності ґрунтових гербіцидів при несприятливих погодних умовах;
- стабілізацію дії пестицидів;
- захист рослин від стресових факторів навколишнього середовища;
- покращення ефективності позакореневого підживлення;
- збереження функціональності в широкому температурному діапазоні.

Можливе використання з ґрунтовими гербіцидами, для передпосівної обробки насіння, обприскування рослин під час вегетації разом із біологічними та хімічними препаратами для захисту та живлення, а також для замочування коренів розсади та іншого посадкового матеріалу. Важливо дотримуватися рекомендацій виробника щодо застосування препарату (норми внесення біопрепаратів подано в таблиці 2.7). Неправильне поєднання препаратів може призвести до зниження їхньої ефективності або до негативного впливу на рослини. Використання біологічних препаратів, дає змогу зменшити хімічне навантаження на ґрунт.

Таблиця 2.7.

Норма витрати біопрепаратів для інокуляції насіння та підживлень рослин сої

Препарат	Норма витрати, л/т, л/га	Робочий розчин, л/т, л/га
Обробка насіння, 1 т		
Біопрепарат Різолан	2,0	10,0
Біопротектор Різосейв	0,5	
Позакореневі підживлення		
Азотофіт	0,5	200,0
Органік-баланс	0,5	
Хелп-рост Соя	1,0	
Хелп-рост Бор	0,5	
Липосам	0,3	

**Джерело: сформовано автором на основі [33, 35-39]*

Липосам використовується у вигляді водного розчину, який готують поступово, розчиняючи препарат у воді. Спочатку необхідну кількість препарату змішують з водою у співвідношенні 1:1 до отримання однорідної маси, потім поступово додають воду невеликими порціями до необхідного об'єму. Отриманий розчин Липосаму використовують для приготування суміші з іншими агрохімікатами (фунгіцидами, гербіцидами, інсектицидами), мікро- та макроелементами, дотримуючись певної послідовності додавання. Спочатку додають хімічні протруйники, мікро- та макроелементи, потім підготовлений розчин Липосаму, а після ретельного перемішування – біопрепарати.

Визначення розміру дослідної ділянки проводили за Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні [40]. Для сої рекомендований розмір облікових площ дослідних ділянок має бути

25 м², кількість повторень чотириразова, орієнтовно потреба в насінні на одну облікову ділянку складає 5 кг.

Для агрохімічного обстеження ґрунту в межах дослідної ділянки прокладали маршрутний хід по діагоналі, по якому відбирали елементарні проби через рівні інтервали. Глибина відбору проб складала від 0 до 25 см. Об'єднана проба ґрунту складалась з 20-30 точкових проб, відібраних з дослідної ділянки. Її маса була в межах 300-400 г. Змішаний зразок разом з етикеткою помістили в торбинку і направили на аналіз в сертифіковану лабораторію для визначення рН, забезпечення ґрунтів легкогідролізованим азотом, рухомим фосфором, обмінним калієм та гумусом.

Норму висіву насіння сортів сої розраховували за загально прийнятою в рослинництві формулою:

$$H = 100 * G * M : PP, \text{ де}$$

H – норма висіву насіння, кг/га;

G – густина стояння рослин, млн шт./га;

M – маса 1000 насінин, г;

ПП – посівна придатність насіння, %.

$$PP = C * Ch : 100, \text{ де}$$

C – схожість насіння, %;

Ch – чистота насіння, %.

Кількість насінин (шт.) на 1 погонному метрі розраховують за формулою:

$$K = H * Sh : M, \text{ де}$$

K – кількість насінин на 1 погонному метрі, шт.;

H – норма висіву насіння, кг/га;

Sh – ширина міжрядь за звичайного рядкового або широкорядкового способу сівби, см;

M – маса 1000 насінин, г.

За всіма рослинами сої досліджуваних сортів проводили фенологічні спостереження. Визначали дати настання основних фаз розвитку рослин (додаток P1-P2). За результатами спостережень визначали початок настання відповідної фази росту і розвитку залежно від фактичних погодних умов року, тривалості міжфазних

періодів та загальної довжини періоду вегетації у всіх варіантах досліду. Фіксацію настання фенологічних фаз здійснювали, реєструючи момент, коли 10% рослин на ділянці переходили у відповідну фазу. Повне настання фази відмічали при переході 75% рослин. Надалі проводили хронометричні спостереження для визначення тривалості міжфазних періодів, а також окремо визначали тривалість вегетативного та генеративного періодів розвитку рослин сої [40-44].

Вимірювання висоти рослин здійснювали шляхом виміру 25 рослин, зафіксованих кілочками, у чотирьох повтореннях на двох несуміжних ділянках [44, 45].

Масу 1000 зерен визначали шляхом зважування двох зразків по 500 насінин з точністю до 0,01 г. У випадку, якщо різниця між масами зразків перевищувала 3%, проводили зважування третього зразка [46].

Визначення густоти стояння рослин проводили при появі повних сходів та у кінці вегетаційного періоду обох сортів сої за Р.А. Вожеговою, Ю.О. Лавриненком, М.П. Малярчуком та ін. [46, 47].

Визначення густоти посівів у фазу повних сходів, у порівнянні з нормою висіву, дозволяє розрахувати показник польової схожості. Облік густоти посівів перед збиранням урожаю використовується для визначення рівня збереженості рослин протягом вегетаційного періоду, використовуючи відповідну формулу [46]:

$$П = (З * 100) : С, \text{ де}$$

П – збереження рослин, %;

З – кількість рослин перед збиранням, шт./м²;

С – кількість рослин на час повних сходів, шт./м²;

100 – число для перерахунку у відсотки.

Густоту посівів визначали шляхом вибіркового обліку рослин на діагональних відрізках кожного рядка, що охоплювали всю довжину ділянки. Довжину облікового відрізка визначали як частку від ділення довжини ділянки на кількість рядків. Загальну кількість рослин на обліковій площі розраховували шляхом множення суми рослин на облікових відрізках на кількість рядків. Отриманий результат використовували для оцінки густоти посівів у кожному дослідному варіанті [47].

Структурний аналіз врожаю кожного варіанту дослідів проводився у фазу повної стиглості зерна. Для цього на кожній ділянці відбиралися модельні рослини, що представляли середній стан посіву. Біометричні вимірювання та структурний аналіз врожаю включали визначення таких ознак: довжина стебла, довжина стебла до першого бобу, довжина міжвузля біля першого бобу, кількість вузлів на рослині, кількість неплодоносних вузлів до першого бобу, кількість бобів на рослині, розподіл бобів за кількістю насінин (одно-, дво-, три- та чотири насінні), кількість насінин у бобі, загальна кількість насінин з рослини, маса насіння з рослини та маса 1000 насінин. Усі вимірювання та підрахунки проводилися на одних і тих же 25 рослинах у кожному повторенні [43].

З метою визначення оптимального періоду збирання рослин сої, міряли вологість насіння на дослідній ділянці вологоміром. Оптимальна вологість насіння сої складає 13-15%.

Фотосинтетична активність сої оцінювалася шляхом визначення площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу (ФП) та чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) за допомогою відповідних методів [46, 48, 49].

Метод висічок використовували для вимірювання площі листової поверхні. На кожній дослідній ділянці відбирали по 20 типових рослин, з яких зривали все листя та зважували його. З цих листків за допомогою металевого свердла діаметром, що забезпечував отримання 50 висічок загальною площею не менше 20 см², відбирали зразки. Після зважування висічок загальну листову масу визначали за відповідною формулою [46, 48-49]

$$П = (М * n * к) : м, \text{ де}$$

П – площа листової поверхні, тис. м²/га;

М – загальна маса листків в пробі, г;

n – площа однієї висічки, см²;

к – загальна кількість висічок, шт;

м – загальна маса висічок, г.

Для оцінки інтегральної фотосинтетичної активності посівів сої протягом вегетаційного періоду визначали фотосинтетичний потенціал (ФП). Цей показник

відображає сумарну роботу листкового апарату посіву та розраховується за формулою:

$$\text{ФП} = [(L1 + L2) * T1 + (L2 + L3) * T2 + (Ln + Ln) * Tn]: 2, \text{ де}$$

ФП – фотосинтетичний потенціал, млн м² діб/га;

L1+L2 – сума площі листків за періодами, тис. м²/га;

T1, T2, Tn – тривалість періоду, діб.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є ключовим фізіологічним показником, що відображає ефективність перетворення сонячної енергії в органічну речовину рослинами. Для її розрахунку використовується формула [47]:

$$\text{ЧПФ} = (B2 - B1): [0.5 * (L1 + L2) * T], \text{ де}$$

ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г сух. реч./м² лист. поверхні за добу;

B1 та B2 – суха маса на початку та в кінці періоду, г/м²;

L1 та L2 – площа листкової поверхні з 1 м² на початку та в кінці періоду, м²;

T – тривалість облікового проміжку часу, днів.

Кількість та масу бульбочок на кореневій системі сортів з різною тривалістю вегетаційного періоду визначали за методом монолітів. Він полягав у відборі ґрунтових зразків за допомогою рамки розміром 300x167 мм (0,05 м²). Розрахунок кількості та маси бульбочок на одну рослину здійснювали на основі площі моноліту та середньої густоти рослин. Активний симбіотичний потенціал (АСП) розраховували за відповідною формулою:

$$\text{АСП} = \frac{M1+M2}{2} * T, \text{ де}$$

T - період між двома сусідніми строками аналізу, діб;

$\frac{M1+M2}{2}$ – середня маса бульбочок з леггемоглобіном за період T, кг/га.

Розрахунок кількості фіксованого азоту базується на оцінці симбіотичної активності рослин сої, яка відображається через активний симбіотичний потенціал (АСП) та питому активність симбіозу. АСП – це інтегральний показник, що відображає сумарну активність бульбочкових бактерій протягом вегетаційного періоду. Він враховує масу активних бульбочок та тривалість їх функціонування.

АСП виражається в одиницях маси бульбочок, помножених на час їх активності (наприклад, кг·днів/га).

Питома активність симбіозу – це кількість азоту, що фіксується одиницею маси активних бульбочок за одиницю часу (наприклад, г азоту/кг бульбочок·добу). Цей показник відображає інтенсивність процесу азотфіксації.

АСП розраховується за формулою, яка враховує масу бульбочок у різні періоди вегетації та тривалість між цими періодами.

Кількість фіксованого азоту розраховується шляхом множення АСП на питому активність симбіозу. Отримане значення виражається в кг азоту/га). [48].

Довірчий інтервал (ДІ) є важливим статистичним інструментом у дослідженнях, який дозволяє оцінити діапазон, у межах якого з певною ймовірністю (зазвичай 95%) лежить справжнє значення параметра генеральної сукупності (наприклад, середнє значення чи частка). Стандартна похибка (SE) показує, наскільки вибіркоче середнє може відхилитися від генерального. Визначається за формулою:

$$SE = s/\sqrt{n}$$

Довірчий інтервал для t-розподілу (критерій Ст'юдента) розраховується за формулою:

$$\bar{x} \pm t * SE \text{ (- нижня межа, + верхня межа), де}$$

\bar{x} – число, до якого ми хочемо порахувати відхилення (наприклад врожайність сої);

s – стандартне відхилення;

n – обсяг вибірки.

Відбір проб насіння для визначення вмісту сирого протеїну та жиру в насінні проводили методом конверта. Проби насіння відбирали з різних точок партії (з поверхні, середини та нижньої частини мішків) та об'єднували у загальні проби масою 0,5-1 кг, які використовувались для лабораторного аналізу. Біохімічний аналіз насіння проводили в сертифікованому відділі оцінки якості, безпеки кормів і сировини Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН: вміст сирого протеїну проводили методом К'ельдаля та вміст жиру методом Сокслета (інфрачервоною спектроскопією).

Пробу упаковують у герметичні контейнери або пакети, щоб запобігти зміні вологості чи забрудненню.

Економічна оцінка ефективності елементів технології вирощування сої проводилася розрахунковим методом на основі технологічних карт з використанням фактичних цін 2024 року. Розрахунки здійснювалися згідно з загальноприйнятою методикою, що включала аналіз витрат на 1 га, прибутку з 1 га, собівартості продукції та рівня рентабельності [49, 51]. Технологічні карти вирощування сої були розроблені відповідно до методики розробки технологічних карт та розрахунку витрат на вирощування сільськогосподарських культур [50].

Енергетична ефективність розраховувалася за методикою О.К. Медведовського та П.І. Іваненка [49, 51]. Статистична обробка результатів досліджень виконувалася за допомогою дисперсійного та кореляційного аналізів з використанням програмних пакетів MS Office Excel та Statistica.

Висновки до розділу 2:

1. Дослідження здійснювалися в зоні Лісостепу правобережного, ключовому для вирощування сої в Україні, на сірих-лісових середньосуглинкових ґрунтах на дослідних полях НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету. У дослідженні вивчали ранньостиглі сорти Самородок і Амадеус, обидва включені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для втросування в Україні. Польові досліді проводили за загальноприйнятою технологією вирощування сої в умовах зони Лісостепу правобережного, за винятком досліджуваних факторів. Облік та аналіз даних проводилися із застосуванням загальноприйнятих у рослинництві методик.

2. Протягом вегетаційних періодів 2022-2024 років гідротермічні умови характеризувалися підвищеними середньомісячними температурами повітря, значними температурними коливаннями та дефіцитом опадів. Ці погодні умови вказують на наявність тенденції до потепління клімату в регіоні, який є загалом

сприятливим для вирощування сої, однак потенціал продуктивності рослин часто не реалізується повністю через недостатнє забезпечення рослин основними елементами живлення.

3. Розроблена схема польових дослідів та методика їх проведення повністю відповідали меті перевірки робочої гіпотези. Наші дослідження передбачали достатню кількість спостережень, аналізів та обліків, що дозволило всебічно обґрунтувати вплив досліджуваних факторів на продуктивність досліджуваних сортів сої за інокуляції та проведення позакореневих підживлень біопрепаратами.

4. Рівень урожайності та якість насіння сої прямо залежали від інтенсивності застосування елементів технології вирощування на кожній дослідній ділянці. Важливу роль у біологізації технологій вирощування досліджуваних культур відіграли сучасні біологічні препарати, використання яких дало змогу вивчити особливості їх ефективного застосування.

Дані цього розділу використано автором у своїх публікаціях [52 – 54].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Гавій В.М., Приплавко С.О., Коваленко С.О., Сенченко Г.Г. Грунт як джерело живлення рослин : навч. посіб. / В.М. Гавій, С.О. Приплавко, С.О. Коваленко та ін. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя. 2017. 190 с.
2. Гавій В.М., Сенченко Г.Г., Приплавко С.О. Коваленко С.О Грунт як джерело живлення рослин: навч. посіб. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 190 с. URL: http://lib.ndu.edu.ua:8080/dspace/bitstream/123456789/2135/1/%d0%93%d0%b0%d0%b2%d0%b8%d0%b9_%d0%93%d1%80%d1%83%d0%bd%d1%82_%d0%9c%d0%90%d0%9a%d0%95%d0%a2.pdf
3. Крикунов В.Г. Грунти і їх родючість: Підручник. К.: Вища шк., 1993. 287 с.
4. Географія України, ґрунти та клімат. Реферат. *Освіта.UA*. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/geograf/26096/> (дата звернення: 26.05.2024).
5. Крикунов В.Г. Грунти і їх родючість: Підручник. К.: Вища шк., 1993. 287 с.
6. Ґрунти Лісостепу та їх сільськогосподарське використання. *Pidru4niki*. URL: https://pidru4niki.com/1381011462636/tovaroznavstvo/grunti_lisostepu_silskogospodarske_vikoristannya (дата звернення: 26.05.2024).
7. Барвінченко В.І., Заболотний Г.М. Ґрунти Вінницької області. Вінниця: ВДАУ, 2004. 45 с.
8. Петриченко В.Ф., Панасюк Я.Я., Заболотний Г.М. та ін. Сучасні системи землеробства України. Вінниця: Діло, 2006. 212 с.
9. Марігун А.О. Сірі лісові ґрунти, їх сільськогосподарське використання та заходи по підвищенню родючості. *Наукова думка сучасного і майбутнього*: збірник статей Двадцять третьої всеукраїнської практично-пізнавальної інтернет-конференції, 25 - 31 жовтня 2018 р. Дніпро. 2018. С. 63-64.
10. Іванюк Г. Сірі лісові обґрунтування у різних класифікаційних системах. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2017. Вип. 51. С. 120-134.
11. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація обґрунтувань України / за ред. М. І. Полупана. Київ: Аграрна наука. 2005. 300 с.

12. Позняк С.П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник: у 2 ч. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 2010. Ч. 2. С. 94-98.
13. Медведєв В.В. Відновлення екологовідтворних і продуктивних функцій ґрунтів як кінцевий етап реалізації концепції сталого розвитку України. *Вісник аграрної науки*. 1997. № 9. С. 16-20.
14. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України / за ред. М. І. Полупана. Київ: Аграрна наука. 2005. 300 с.
15. Кіт М.Г. Про деградацію ґрунтів Поділля під впливом інтенсивного використання. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. Львів: «Простір М». 1990. Вип. 17. С. 135-138.
16. Ліпінський В.М. Клімат України. К.: Вид-во Раєвського. 2003. 343 с.
17. Цицюра Я.Г., Броннікова Л.Ф., Пелех Л.В. Ґрунтовий покрив Вінниччини: генезис, склад, властивості та напрями ефективного використання: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД». 2017. 452 с.
18. Карти України: веб-сайт. URL: <http://geomap.land.kiev.ua> (дата звернення: 25.01.2023).
19. Півошенко І.М. Клімат Вінницької області. Вінниця: Віноблдрукарня, 1997. 240 с.
20. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. Метеопост : веб-сайт. URL: <https://meteopost.com/weather/climate/> (дата звернення: 5.01.2023)
21. Науково-обґрунтована система землеробства Вінницької області. Вінниця: ВАТ «Віноблдрукарня». 1988. 247 с.
22. Мостовенко В.В. Формування продуктивності зерна гороху та його якісних показників залежно від вапнування, передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень в умовах Лісостепу правобережного. Дис. доктора філософії: 201 Агрономія. Вінниця, 2021. 188 с. URL: https://vsau.org/assets/images/content/nauka/specradi-n/Dusertaciya_Mostovenko.pdf
23. Вимоги та правила сої. *Агробізнес сьогодні*: веб-сайт. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/14309-vymohy-ta-pravyla-soi.html> (дата звернення 16.03.2025).

24. Архів погоди у Вінниці / Погода у Вінниці по днях за останній рік. *Погода курортів світу*. URL: <https://pogoda.turtella.ru/ukraine/vinnitsa/archive> (дата звернення: 26.05.2024).
25. Послуги. *Вінницький обласний центр з гідрометеорології – Офіційний сайт Вінницького обласного центру з гідрометеорології*. URL: <https://meteo.vn.ua/services/> (дата звернення: 26.05.2024).
26. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік. Міністерство аграрної політики України, Державна служба з охорони прав на сорти рослин (Реєстр є чинним станом на 17.01.2022 року). Київ, 2022. С. 187-197. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/2022-01-17_reestr.pdf.
27. Мельник А.В., Романько Ю.О., Романько А.Ю. Адаптивний потенціал і стресостійкість сучасних сортів сої. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С.85-91. С.86.
28. Романько А.Ю. Формування продуктивності сої залежно від елементів технології вирощування в умовах північно-східного Лісостепу України: Дис. к-та с.-г. наук. Сумськ. Нац. аграрний ун-т. Суми. 2021. 261 с.
29. Офіційні описи сортів рослин та показники господарської придатності. Інформаційно-довідкова система «Сорт». Український інститут експертизи сортів рослин. Бюлетень. Випуск 1. 2016. С. 773. URL: <http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/1647>
30. Офіційні описи сортів рослин та показники господарської придатності. Інформаційно-довідкова система «Сорт». Український інститут експертизи сортів рослин. Бюлетень. Випуск 2. 2018. С. 344. URL : <http://sort.sops.gov.ua/cultivar/view/5181>
31. Гербіцид Харнес (Монсанто). *Superagronom*: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/pesticidi-gerbicidi/harnes-monsanto-id6206> (дата звернення: 26.05.2024).
32. Гербіцид Базагран. *Агроінком – аграрний інтернет-магазин*: веб-сайт. URL: https://agroincom.com.ua/ua/p909126261-gerbitsid-bazagran-101.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQIA8q--

[BhDiARIsAP9tKI0TiS4v1XHeUesmSfj2zRcTXJjUAoqI7K8mOFScOalG3QywQiyFC7s aAhRyEALw_wcB](https://btu-center.com/upload/iblock/254/2541ee0640bb9befec702aa4fc889422.pdf) (дата звернення: 26.05.2024).

33. Інструкція до застосування. Різолاین. URL: <https://btu-center.com/upload/iblock/254/2541ee0640bb9befec702aa4fc889422.pdf> (дата звернення: 26.05.2024).

34. Біопротектор Різосейв-р. БТУ-Центр. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-o-nokulyanti/bioprotektor-rizoseyv-r/> (дата звернення: 26.05.2024).

35. Азотофіт-р стимулятор росту. БТУ-Центр. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-oaktivatori/azotof-t-r/> (дата звернення: 26.05.2024).

36. Органік баланс. БТУ-Центр. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/biozhivlennya/organik-balans-kontsentrovaniy-universalniy-biopreparat/> (дата звернення: 26.05.2024).

37. Хелпрост Соя. БТУ-Центр. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/mikroelementi/helprost-khelprost-soya/> (дата звернення: 26.05.2024).

38. Хелпрост Бор. БТУ-Центр. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/mikroelementi/helprost-khelprost-bor/> (дата звернення: 26.05.2024).

39. Липосам прилипач. БТУ-Центр. URL: <https://btu-center.com/promisloviy-sektor/roslinnitstvo/b-opriliplyuvach/liposam-nos-y-priliplyuvach/> (дата звернення: 26.05.2024).

40. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина / Методику підготували: к. с.-г. н. Ткачик С. О., к. с.-г. н. Присяжнюк О. І., к. с.-г. н. Лещук Н. В. – 4-те вид., випр. і доп. – Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. – 119 с.

41. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури): за ред. В.В. Волкодава. К., 2001. 69 с.

42. Методика проведення експертизи сортів рослин картоплі та груп овочевих, баштанних, пряно-смакових на придатність до поширення в Україні. Вінниця: Український інститут експертизи сортів рослин. 2016. 95 с.
43. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К. : НІЧЛАВА, 2003. 320 с.
44. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернобобових, та круп'яних на відмінність, однорідність і стабільність. За ред. : С. О. Ткачик ; укл. : Н. П. Костенко, С. М. Гринів та ін. : 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця: Український інститут експертизи сортів рослин, 2016. 217 с.
45. Тараріко Ю.О., Чернокозинський А.В., Сайдак Р.В. Вплив агротехнічних і агрометеорологічних факторів на продуктивність агроєкосистем. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 5. С. 64-67.
46. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Дія, 2005. 288 с.
47. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. та ін. Херсон: Грінь Д.С. 2014. 286 с.
48. Volkogon V.V., Nadckernichna O.V., Tokmakova L.M. (2010). [Experimental Soil Microbiology: Monograph. for sciences Ed. VV. Volkogon. К. : Agrar. Sciences. P. 154–156.
49. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 208 с.
50. Саблука П.Т., Мазоренка Д.І., Мазнева Г.Є. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / За редакцією академіка УААН П.Т. Саблука, чл.-кор. УААН Д.І. Мазоренка, професора Г.Є. Мазнева. Київ. 2004. 327 с.
51. Тринько Р. Методика економічних досліджень. Львів: Українські технології. 1999. 355 с.
52. Коробко А. А. Урожайність та господарська придатність сої за умов зміни клімату. *Сучасні світові тенденції розвитку науки, освіти, технологій та*

суспільства: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. 28 червня 2023 року. м. Кропивницький, Україна. 2023. С. 53-55.

53. Коробко А.А. Порівняльна оцінка адаптивних сортів сої. *Роль меліорації та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства*: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, 8 грудня 2022 року. Київ, Україна, 2022. С. 60-61.

54. Коробко А.А. Продуктивність адаптивних сортів сої за умов зміни клімату. *Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення*: матеріали доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 7-8 грудня 2023 р. Миколаїв. 2023. С. 10-13.

РОЗДІЛ 3. РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПІДЖИВЛЕНЬ

3.1. Формування густоти посіву залежно від сорту, передпосівної обробки та системи підживлень

Оптимальна густина посівів сої та площа живлення кожної окремої рослини є важливими факторами для отримання високого врожаю цієї культури. Однак ці параметри можуть варіюватися залежно від багатьох факторів, таких як сорт сої, кліматичні умови, тип ґрунту та інші агротехнічні заходи. Загалом, оптимальна густина посівів сої коливається в межах 300-600 тисяч рослин на гектар, а площа живлення для кожної рослини – 100-200 см². Проте зазначені показники можуть змінюватися залежно від сорту сої та умов вирощування. Наприклад, для сортів з більшим періодом вегетації та більшою здатністю до гілкування, густина посівів може бути меншою, тоді як для сортів з коротким періодом вегетації та меншою здатністю до гілкування, густина посівів може бути більшою. Щодо площі живлення, для сортів з більшим періодом вегетації та більшою здатністю до гілкування, площа живлення може бути більшою, тоді як для сортів з коротким періодом вегетації та меншою здатністю до гілкування, площа живлення може бути меншою.

Саме оптимальна кількість рослин на одиницю площі дозволяє досягти максимальної врожайності, оскільки за таких умов кожна рослина та агрофітоценоз в цілому можуть ефективно використовувати ресурси навколишнього середовища. Оптимальне розміщення рослин на площі сприяє зниженню конкуренції між ними та забезпечує рівномірний доступ до поживних речовин ґрунту. І навпаки, як зрідженість, так і загущеність посіву призводять до втрат урожаю.

З одного боку, недостатня кількість рослин на одиниці площі призводить до того, що поживні речовини та волога використовуються неефективно, а отже, потенціал урожайності не реалізується повною мірою. З іншого боку, надмірна густина посіву спричиняє посилену конкуренцію між рослинами за світло, воду та поживні речовини, що також негативно впливає на врожайність.

Саме тому досягнення оптимальної густоти посіву є критично важливим чинником для отримання високих та стабільних урожаїв сої. З огляду на це, формування густоти посівів сої потребує зваженого та науково обґрунтованого підходу, що враховує всі особливості конкретних умов вирощування.

Польова схожість (%) відображає ефективність проростання насіння в польових умовах. Кількість рослин, що зійшли обчислюється у фазу повних сходів і прямо залежить від польової схожості. А відсоток виживання рослин показує, скільки рослин збереглося до настання повної стиглості в порівнянні з кількістю тих, що зійшли.

За результатами досліджень, проведених у період з 2022 по 2024 роки, була проаналізована динаміка проростання насіння та виживаність рослин протягом вегетації сої за різних варіантів інокуляції та позакореневих підживлень (додаток В1, додаток В2). Кінцева густина посіву сої перед збиранням врожаю значною мірою залежить від здатності рослин виживати та протистояти несприятливим умовам. Цей показник, у свою чергу, визначається особливостями сорту та технологічними аспектами, зокрема, системою удобрення.

Результати спостережень за густиною посіву протягом вегетаційного періоду свідчать про поступове зменшення кількості рослин. Результати досліджень впливу різних варіантів удобрення на польову схожість, виживаність та продуктивність сортів сої Самородок і Амадеус при нормі висіву 550 тис. шт./га наведені в таблицях 3.1 та 3.2.

На контрольному варіанті (С1, без підживлення) у сорту Самородок при нормі висіву 550 тис. шт./га зійшло 481 тис. шт./га, що забезпечило польову схожість на рівні 87,54%. До повної стиглості вижило 427 тис. шт./га, що становить 88,7% виживаності. Застосування підживлення Азотофітом із Хелп-рост соя/бор (С2) підвищило польову схожість до 88,55%, а виживаність – до 91,32%. Використання Органік балансу (С3) дало таку ж схожість – 88,55%, але виживаність зросла до 92,52%. Комплексне підживлення (С4) забезпечило схожість 88,89% і найвищу виживаність серед варіантів без інокуляції – 93,84%.

Інокуляція насіння сої сорту Самородок біоінокулянтном Різолан-р у поєднанні з біопротектором Різосейв сприяла покращенню польової схожості та виживання рослин завдяки інтенсивному азотному живленню через симбіотичну азотфіксацію. На варіанті С1і (інокуляція без підживлення) зійшло 493 тис. шт./га (польова схожість 89,56%), а виживаність склала 91,07% (449 тис. шт./га). Ці показники перевищують контрольний варіант на 2,02% за схожістю та на 2,37% за виживаністю. Застосування Азотофіту з Хелпростом (С2і) забезпечило схожість 491 тис. шт./га (89,22%) і виживаність 94,05% (462 тис. шт./га). Органік баланс (С3і) підвищив схожість до 493 тис. шт./га (89,56%) і виживаність до 94,73% (467 тис. шт./га).

Таблиця 3.1

Густота (тис. шт/га), польова схожість та коефіцієнт збереження (%) рослин сої сорту Самородок залежно від інокуляції та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Повні сходи, тис.шт/га	Польова схожість, %	Повна стиглість, тис.шт/га	Коефіцієнт збереження, %
Самородок	Без обробки	1	481±2,9	87,54±0,6	427±14,8	88,70±1,6
		2	487±6,4	88,55±1,2	445±20,5	91,32±2,0
		3	487±6,4	88,55±1,2	451±17,0	92,52±1,5
		4	489±11,0	88,89±2,0	459±8,5	93,84±0,9
	Різолан + Різосейв	1	493±8,6	89,56±1,5	449±12,0	91,07±0,1
		2	491±6,4	89,22±1,2	462±13,4	94,05±0,9
		3	493±8,6	89,56±1,5	467±14,1	94,73±2,1
		4	498±3,5	90,57±0,6	475±12,7	95,35±1,5

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [3, 4].

Максимальні значення були зафіксовані на варіанті С4і (інокуляція + комплексне підживлення): схожість склала 498 тис. шт./га (90,57%), а виживаність – 95,35% (475 тис. шт./га). Ці показники на 3,03% і 4,67% перевищують контроль за схожістю і виживаністю відповідно, що свідчить про посилений ефект від застосування цих біопрепаратів у комплексі.

Аналіз даних дозволяє зробити детальні висновки щодо ефективності агротехнічних заходів при вирощуванні сої сорту Амадеус (таблиця 3.4). На контрольному варіанті (А1, без підживлення) при нормі висіву 550 тис. шт./га зійшло

496 тис. шт./га, що забезпечило польову схожість 90,23%. До повної стиглості вижило 457 тис. шт./га, що становить 92,18% виживаності.

Таблиця 3.2

Густота (тис. шт/га), польова схожість та коефіцієнт збереження (%) рослин сої сорту Амадеус залежно від інокуляції та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Повні сходи, тис.шт/га	Польова схожість, %	Повна стиглість, тис.шт/га	Коефіцієнт збереження, %
Амадеус	Без обробки	1	496±8,7	90,23±1,5	457±2,9	92,18±1,0
		2	500±11,0	90,91±2,0	472±7,0	94,32±0,7
		3	496±11,9	90,23±2,1	474±8,7	95,58±1,1
		4	500±6,0	90,91±1,0	480±9,0	95,90±0,7
	Різолайн + Різосейв	1	502±3,5	91,24±0,6	475±8,7	94,74±1,2
		2	502±11,5	91,24±2,1	483±5,5	96,28±1,7
		3	504±8,7	91,58±1,5	490±5,5	97,39±2,7
		4	502±3,5	91,24±0,6	496±9,6	98,78±2,4

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [3, 4].

Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (А2) підвищило польову схожість до 90,91%, а показник виживаності зріс до 94,32%. Використання Органік балансу (А3) забезпечило схожість на рівні 90,23%, але виживаність зросла до 95,58%. Комплексне підживлення (А4) забезпечило схожість на рівні 500 тис. шт./га (90,91%) і найвищу виживаність серед варіантів без інокуляції – 95,90% (480 тис. шт./га). Ці результати свідчать про позитивний вплив позакоренових підживлень на ранній розвиток рослин і їх стійкість до несприятливих умов, що підвищує їхню виживаність.

Інокуляція насіння з використанням біоінокулянту Різолайн і біопротектора Різосейв сприяла покращенню польової схожості та виживаності рослин завдяки інтенсивному азотному живленню через симбіотичну азотфіксацію. На варіанті А1і (інокуляція без підживлення) зійшло 502 тис. шт./га (польова схожість 91,24%), а виживаність склала 94,74% (475 тис. шт./га). Застосування Азотофіту з Хелпростом (А2і) дало схожість 502 тис. шт./га (91,24%) і виживаність 96,28% (483 тис. шт./га).

Органік баланс (А3і) підвищив схожість до 504 тис. шт./га (91,58%) і виживаність до 97,39% (490 тис. шт./га). Максимальні значення були зафіксовані на варіанті А4і (інокуляція + комплексне підживлення): схожість 502 тис. шт./га (91,24%), виживаність 98,78% (496 тис. шт./га), що на 1,01% і 6,6% перевищує контроль за схожістю і виживаністю відповідно, що вказує на кращий результат від поєднання інокуляції та комплексного підживлення. Така комбінація забезпечує кращі умови для проростання і виживання рослин.

3.3. Вегетаційний період та тривалість міжфазних періодів залежно від впливу елементів технології вирощування

Тривалість вегетаційного періоду сої є критично важливим фактором для успішного вирощування цієї культури. Для зони Лісостепу часто рекомендують ранньостиглі сорти сої, які характеризуються коротким вегетаційним періодом і здатні адаптуватися до умов зміни клімату [2].

Лісостеп характеризується помірно-континентальним кліматом з відносно коротким вегетаційним періодом. Тому важливо обирати сорти сої, які встигають дозріти за цей час, щоб уникнути втрат врожаю через ранні заморозки. Сорти з коротшим періодом вегетації можуть бути більш стійкими до посухи, що є важливим для зони Лісостепу, де періодично спостерігаються посушливі явища [2].

Тривалість вегетаційного періоду також має значний вплив на якість насіння сої, зокрема на вміст білка та олії. Важливо, щоб насіння повністю дозріло та набуло оптимальних характеристик для досягнення високих показників якості [2].

Аналіз даних щодо дослідження тривалості міжфазних періодів сої сортів Самородок і Амадеус в середньому за роки доліджень (додаток Г1, Г2) дозволяє оцінити ефективність застосованих агротехнічних заходів у контексті вегетаційного періоду сої в умовах зони Лісостепу правобережного.

У початкових фазах росту та розвитку рослин сої не спостерігалось значних відмінностей у тривалості міжфазних періодів, оскільки передпосівна обробка

насіння мало впливала на цей показник. Однак у наступних фазах росту та розвитку була помітна тісна залежність тривалості міжфазних періодів від проведення інокуляції та позакореневих підживлень (Табл. 3.3, 3.4).

Таблиця 3.3

Тривалість міжфазних періодів сої сорту Амадеус залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень, діб (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Тривалість міжфазних періодів від фази повних сходів до		
			Початку цвітіння	Завершення цвітіння	Повної стиглості
Амадеус	Без інокуляції	1	37±0,6	56±1,5	95±3,5
		2	36±1,2	58±1,5	97±3,5
		3	36±1,2	58±2,1	97±3,5
		4	35±1,2	59±5,0	98±3,5
	Різолайн + Різосейв	1	39±1,5	62±4,0	99±2,1
		2	38±1,5	64±4,0	101±2,1
		3	38±1,5	65±4,0	102±2,1
		4	37±1,2	66±4,0	103±2,1

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [3, 4].

На варіантах без інокуляції (А1-А4) тривалість міжфазних періодів була найкоротшою, що може свідчити про менш інтенсивний розвиток рослин через обмежене азотне живлення. У контрольному варіанті (А1, без підживлення) період від повних сходів до початку цвітіння становив 37 діб, до завершення цвітіння – 56 діб, а до повної стиглості – 95 діб, що є базовими показниками для порівняння. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (А2) скоротило період від сходів до початку цвітіння до 36 діб (на 1 добу), але подовжило період до завершення цвітіння до 58 діб (на 2 доби) і до повної стиглості до 97 діб (на 2 доби). Використання Органік балансу (А3) дало аналогічні показники: 36 діб до початку цвітіння, 58 діб до завершення цвітіння і 97 діб до повної стиглості. Комплексне підживлення (А4) ще більше скоротило період до початку цвітіння до 35 діб (на 2 доби порівняно з контролем), але подовжило період до завершення цвітіння до 59 діб (на 3 доби) і до повної стиглості – до 98 діб (на 3 доби).

Інокуляція насіння біоінокулянтном Різолайн і біопротектором Різосейв сприяла подовженню міжфазних періодів, що вказує на більш інтенсивний розвиток рослин завдяки кращому азотному живленню через симбіотичну азотфіксацію. У варіанті А1і (інокуляція без підживлення) період від повних сходів до початку цвітіння становив 39 діб (на 2 доби довше, ніж у контролі), до завершення цвітіння – 62 доби (на 6 діб довше), а до повної стиглості – 99 діб (на 4 доби довше). Застосування Азотофіту з Хелпростом (А2і) скоротило період до початку цвітіння до 38 діб (на 1 добу порівняно з А1і), але подовжило період до завершення цвітіння до 64 діб (на 8 діб порівняно з контролем) і до повної стиглості до 101 доби (на 6 діб). Використання Органік балансу (А3і) – 38 діб до початку цвітіння, 65 діб до завершення цвітіння (на 9 діб довше, ніж у контролі) і 102 доби до повної стиглості (на 7 діб) відповідно.

Максимальні значення зафіксовано у варіанті А4і (інокуляція + комплексне підживлення): 37 діб до початку цвітіння, 66 діб до завершення цвітіння (на 10 діб довше, ніж у контролі) і 103 доби до повної стиглості (на 8 діб). Це вказує на те, що інокуляція в поєднанні з підживленням подовжує вегетаційний період, що може бути пов'язано з інтенсивнішим ростом, формуванням більшої кількості бобів і насінин, а також покращенням наливу насіння.

На всіх варіантах спостерігається тенденція до скорочення періоду від повних сходів до початку цвітіння при застосуванні підживлень без інокуляції (35–37 діб). Проте інокуляція подовжила цю фазу до 37-39 діб. Період від повних сходів до завершення цвітіння та повної стиглості був найдовшим у варіантах із інокуляцією (62–66 діб і 99–103 діб відповідно), що вказує на подовження репродуктивної фази, сприятливе для накопичення більшої маси насіння. Загальна тривалість вегетаційного періоду (до повної стиглості) зросла з 95 діб у контролі до 103 діб на варіанті А4і, що на 8 діб довше. Це може позитивно вплинути на врожайність за рахунок довшого періоду наливу насіння.

У сорту Самородок (таблиця 3.4) на контрольному варіанті (С1, без підживлення) період від повних сходів до початку цвітіння становив 40 діб, до завершення цвітіння – 58 діб, а до повної стиглості – 97 діб. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (С2) скоротило період до початку

цвітіння до 39 діб (на 1 добу), але подовжило період до завершення цвітіння до 59 діб (на 1 добу) і до повної стиглості до 100 діб (на 3 доби). Використання Органік балансу (С3) ще більше скоротило період до початку цвітіння до 38 діб (на 2 доби порівняно з контролем), подовжило період до завершення цвітіння до 60 діб (на 2 доби) і до повної стиглості до 100 діб (на 3 доби). Комплексне підживлення (С4) також дало 38 діб до початку цвітіння, але подовжило період до завершення цвітіння до 62 діб (на 4 доби) і до повної стиглості до 101 доби (на 4 доби).

Таблиця 3.4

Тривалість міжфазних періодів сої сорту Самородок залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень, діб (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Тривалість міжфазних періодів від фази повних сходів до		
			Початку цвітіння	Завершення цвітіння	Повної стиглості
Самородок	Без інокуляції	1	40±0,6	58±0,6	97±7,1
		2	39±0,6	59±0,6	100±4,9
		3	38±0,6	60±3,2	100±4,2
		4	38±0,6	62±3,5	101±4,2
	Різолاین + Різосейв	1	41±0,6	64±4,2	103±3,5
		2	40±0	65±4,6	105±3,5
		3	40±0	66±5,0	106±2,8
		4	40±0,6	68±4,5	107±2,8

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [3, 4].

На варіанті С1і (інокуляція без підживлення) період від повних сходів до початку цвітіння становив 41 добу (на 1 добу довше, ніж у контролі), до завершення цвітіння – 64 доби (на 6 діб довше), а до повної стиглості – 103 доби (на 6 діб довше). Застосування Азотофіту з Хелпростом (С2і) скоротило період до початку цвітіння до 40 діб, але подовжило період до завершення цвітіння до 65 діб (на 7 діб порівняно з контролем) і до повної стиглості до 105 діб (на 8 діб). Використання Органік балансу (С3і) дало 40 діб до початку цвітіння, 66 діб до завершення цвітіння (на 8 діб довше, ніж у контролі) і 106 діб до повної стиглості (на 9 діб).

Максимальні значення зафіксовано на варіанті С4і (інокуляція + комплексне підживлення): 40 діб до початку цвітіння, 68 діб до завершення цвітіння (на 10 діб довше, ніж у контролі) і 107 діб до повної стиглості (на 10 діб).

У всіх варіантах спостерігається тенденція до скорочення періоду від повних сходів до початку цвітіння при застосуванні підживлень без інокуляції (38–40 діб), що може свідчити про прискорення ранніх фаз розвитку завдяки кращому забезпеченню поживними речовинами. Проте інокуляція подовжила цю фазу до 40-41 доби. Період від повних сходів до завершення цвітіння та до повної стиглості був найдовшим у варіантах із інокуляцією (64-68 діб і 103-107 діб відповідно), що вказує на подовження репродуктивної фази, сприятливе для накопичення більшої маси насіння. Загальна тривалість вегетаційного періоду (до повної стиглості) зростає з 97 діб на контролі до 107 діб на варіанті С4і, що на 10 діб довше, і позитивно впливало на врожайність за рахунок довшого періоду наливу насіння.

Висота рослин сої є важливим показником, який безпосередньо пов'язаний з її урожайністю. Аналізуючи динаміку висоти рослин впродовж вегетаційного періоду, можна зробити висновок про її залежність від умов, що склалися впродовж періоду росту і розвитку рослин. Зробивши аналіз інтенсивності росту стебла, є можливість встановити найкращі умови для формування високопродуктивних посівів рослин сортів сої. Висота рослин досліджуваних сортів сої зростала залежно від інокуляції та проведення позакореневих підживлень, що, у свою чергу, було пов'язано з подовженням подальших фенологічних фаз росту й розвитку.

Проведення інокуляції насіння та позакореневих підживлень призводило до збільшення висоти рослин сої сортів Самородок і Амадеус порівнянно з контролем у різні фази росту і розвитку. Результати досліджень, проведених у 2022-2024 роках, подано в додатках Д1 і Д2, а середні значення за три роки досліджень наведені у таблицях 3.5 та 3.6.

Дослідження висоти рослин сої сорту Самородок залежно від передпосівної обробки та позакореневих підживлень протягом 2022–2024 років показало, що у фазу 2–3 справжнього листка висота рослин у всіх варіантах була відносно схожою, коливаючись у межах 22-25 см. Найменша висота (22 см) спостерігалася на

контрольному варіанті (С1, без інокуляції та підживлення), тоді як підживлення біопрепаратами (С3-С4, С3і-С4і) сприяло незначному зростанню висоти до 24-25 см. Інокуляція біоінокулянтном Різолан у поєднанні з біопротектором Різосейв не мала суттєвого впливу на висоту у фазу 2-3 справжнього листка.

Таблиця 3.5

Висота рослин сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень, см (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Висота рослин у фазах, см			
			2-3 справжній листок	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Повна стиглість
Самородок	Без інокуляції	1	22±0,6	41±1,2	65±1,7	82±2,1
		2	23±0,6	45±0,6	66±2,0	85±2,5
		3	24±0,6	46±0,6	70±1,2	90±1,7
		4	24±0,6	48±0,6	72±2,1	92±2,6
	Різолан+ Різосейв	1	23±0,6	42±0,6	66±3,5	91±4,9
		2	23±0,0	46±0,6	70±3,1	95±4,0
		3	24±0,0	47±0,0	71±3,6	97±4,6
		4	25±0,6	49±0,6	76±3,1	99±4,7

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [3-5].

На початку цвітіння висота рослин зростала до 41-49 см. Контрольний варіант (С1) та варіант із інокуляцією без підживлення (С1і) показали найменшу висоту (41 і 42 см відповідно), тоді як комплексне підживлення (С4, С4і) забезпечило найбільшу висоту у 48 см без інокуляції та 49 см з інокуляцією. Це свідчить про позитивний вплив біопрепаратів, зокрема Органік балансу в комбінації з Азотофітом, на вегетативний ріст рослин перед переходом до репродуктивної фази.

До завершення цвітіння висота рослин коливалася від 65 см на контрольному варіанті (С1) до 76 см на варіанті С4і (інокуляція + комплексне підживлення). Інокуляція Різолан + Різосейв у поєднанні з підживленням (С2і-С4і) сприяла зростанню висоти до 70-76 см, тоді як без інокуляції максимальна висота (72 см) зафіксована на варіанті С4. Це свідчить про синергічний ефект інокуляції та підживлення, що забезпечує кращий ріст рослин у репродуктивний період.

У фазі повної стиглості висота рослин досягла максимальних значень, варіюючи від 82 см на контрольному варіанті (С1) до 99 см на варіанті С4і. Інокуляція Різолан + Різосейв стабільно підвищувала висоту рослин: навіть без підживлення (С1і) – висота склала 91 см, що на 9 см більше, ніж на абсолютному контролі. Найвищі показники (95-99 см) спостерігалися на варіантах з інокуляцією та підживленням (С6і–С8і), із піковим значенням на С4і, де застосовувалося комплексне підживлення (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор). Без інокуляції максимальна висота (92 см) була досягнута у варіанті С4, що на 10 см більше, ніж на контрольному варіанті.

Дещо схожа ситуація спостерігалася у сої сорту Амадеус (таблиця 3.6). У фазі 2–3 справжнього листка висота рослин коливалася в межах 20–24 см. Найменші значення (20 см) спостерігалися на варіантах з інокуляцією Різолан + Різосейв без підживлення (А1і) та з підживленням Азотофіт + Хелпрост соя/бор (А2і), тоді як максимальна висота (24 см) – на варіанті без інокуляції з підживленням Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор (А4).

Таблиця 3.6

Висота рослин сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень, см (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Висота рослин у фазах, см			
			2-3 справжній листок	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Повна стиглість
Амадеус	Без інокуляції	1	21±3,5	41±6,7	59±9,5	73±11,8
		2	21±4,0	43±7,2	58±11,3	77±14,2
		3	23±3,8	44±7,2	63±10,7	78±14,5
		4	24±3,8	47±7,2	66±10,7	82±14,2
	Різолан+ Різосейв	1	20±4,0	43±7,2	60±11,8	79±15,6
		2	20±4,0	45±7,2	64±12,4	84±15,0
		3	21±4,0	46±6,9	65±12,2	85±14,8
		4	22±4,0	49±6,4	68±12,4	89±13,3

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [3-5].

Це свідчить про обмежений вплив інокуляції на ранніх етапах розвитку, тоді як підживлення Азотофітом і Органік балансом сприяло незначному зростанню висоти.

На початку цвітіння висота рослин коливалася в межах 41–49 см. Найменші значення (41 см) спостерігалися на контрольному варіанті (A1). Варіанти з комплексним підживленням Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор (A4, A4i) показали максимальні висоти (47 і 49 см відповідно), що свідчить про позитивний вплив цих біопрепаратів на вегетативний ріст перед репродуктивною фазою, незалежно від інокуляції.

У фазі завершення цвітіння висота рослин коливалася від 58 до 68 см. Найнижчі показники (58-60 см) були зафіксовані на варіантах без підживлення (A1, A1i) та з підживленням Азотофіт + Хелпрост соя/бор без інокуляції (A2). Найбільша висота (68 см) спостерігалася на варіанті A4i (інокуляція Різолан з біопротектором Різосейв та Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор), що свідчить про синергічний ефект інокуляції та підживлення на ріст рослин у репродуктивний період. Варіанти за комплексного підживлення (A4 та A4i) показали стабільні результати (63-68 см), що перевищують контроль на 7-9 см.

У фазі повної стиглості висота рослин коливалася від 73 до 89 см. Найменша висота (73 см) була зафіксована на контрольному варіанті (A1), тоді як інокуляція Різолан + Різосейв навіть без підживлення (A1i) підвищила висоту до 79 см, що на 6 см більше, ніж на абсолютному контролі. Максимальна висота (89 см) спостерігалася на варіанті A4i (інокуляція + Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор), що на 16 см перевищує контрольні показники. Варіанти з інокуляцією загалом показали вищі значення (79-89 см) порівняно з варіантами без інокуляції (73-82 см), підкреслюючи позитивний вплив азотфіксації на ріст рослин.

Висновки до розділу 3:

1. Дослідження показало, що у сорту Самородок передпосівна обробка насіння біоінокулянтном Різолан у поєднанні з біопротектором Різосейв та комплексні позакореневі підживлення значно покращують польову схожість і виживаність

рослин з сорту Самородок. На контрольному варіанті (С1) при нормі висіву 550 тис. шт./га польова схожість склала 87,54%, а виживаність – 90,68% (437 тис. шт./га). Максимальні показники досягнуті на варіанті С4і (інокуляція + комплексне підживлення): схожість 90,57%, виживаність 95,35%, що перевищує контроль відповідно на 3,03% і 4,67%.

У сорту Амадеус спостерігалась подібна ситуація. На контрольному варіанті (А1) при нормі висіву 550 тис. шт./га польова схожість склала 92,18%, а виживаність – 92,18% (457 тис. шт./га). Максимальні показники були досягнуті на варіанті А4і (інокуляція + комплексне підживлення): схожість 91,24%, виживаність 98,78%, що перевищує контроль на 1,01% і 5,59% відповідно.

У рослин обох сортів спостерігається чітка тенденція до зростання польової схожості та виживаності зі збільшенням інтенсивності удобрення. Найвищі показники обох параметрів зафіксовані на варіантах із застосуванням інокуляції (С1і–С4і для Самородка та А1і–А4і для Амадеуса), що може свідчити про ефективність проведення передпосівної обробки насіння разом із дворазовим підживленням рослин досліджуваних сортів.

Результати дослідження свідчать про значний вплив системи удобрення на ріст і розвиток рослин сої. Інтенсивніші варіанти удобрення (С1і–С4і, А1і–А4і) забезпечують вищу польову схожість і виживаність рослин, що є важливим для формування оптимальної густоти стояння та, відповідно, підвищення врожайності. Сорт Амадеус виявився більш стійким і продуктивним у цих умовах порівняно з сортом Самородок, хоча обидва сорти позитивно реагують на зростання рівня живлення.

Для підвищення ефективності вирощування сої рекомендується проводити передпосівну обробку насіння біоінокулянтом Різолاین у поєднанні з біопротектором Різосейв та дворазовим підживленням регулятором росту Азотофіт-р і Органік-баланс у комбінації з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор. Така система обробки забезпечує оптимальну густоту стояння, високу динаміку появи сходів і виживаність рослин, створюючи передумови для підвищення врожайності.

2. Оцінка змін у тривалості міжфазних періодів показала наступні результати. У сорту Амадеус інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) подовжила вегетаційний період сорту Амадеус до 103 діб. Цей період включав 37 діб до початку цвітіння, 66 діб до завершення цвітіння і 103 діб до повної стиглості, що перевищує контроль на 2, 10 і 8 діб відповідно. Навіть без підживлення інокуляція (А1і) подовжила періоди до 39, 62 і 99 діб, підкреслюючи її ключову роль у стимуляції розвитку завдяки покращенню азотного живлення. Позакореневі підживлення без інокуляції прискорили ранні фази (до 35-36 діб до початку цвітіння), але загалом подовжили вегетацію до 97-98 діб.

У сорту Самородок інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) подовжила вегетаційний період сорту Самородок до 107 діб, із тривалістю 40 діб до початку цвітіння, 68 діб до завершення цвітіння і 107 діб до повної стиглості, що перевищує контроль на 0, 10 і 10 діб відповідно. На варіанті С1і інокуляція без підживлення подовжила періоди до 41, 64 і 103 діб, що підкреслює її важливу роль у стимуляції розвитку завдяки покращенню азотного живлення. Позакореневі підживлення без інокуляції прискорили ранні фази (до 38-39 діб до початку цвітіння), але загалом подовжили вегетацію до 100-101 доби.

3. Щодо динаміки висоти рослин, застосування інокуляції та дворазового комплексного підживлення сприяло формування вищих рослин, що, у свою чергу, збільшило урожайність сої досліджуваних сортів.

Загалом, інокуляція насіння Різолاین + Різосейв у поєднанні з дворазовим комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) забезпечила найбільшу висоту рослин сорту Самородок (49 см на початку цвітіння, 76 см у період завершення цвітіння та 99 см у фазі повної стиглості), що на 17 см перевищує контрольний варіант (82 см). Це свідчить про значний вплив даних агротехнічних заходів на ріст і розвиток рослин сої.

У сорту Амадеус інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор)

забезпечила найбільшу висоту рослин сорту Амадеус (89 см у фазі повної стиглості), із помітним приростом у фазі завершення цвітіння (68 см). Інокуляція сприяла стабільному зростанню висоти на всіх етапах, тоді як підживлення Органік балансом відіграло ключову роль у вегетативному рості.

Дані цього розділу використано автором у своїх публікаціях [3-5].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Для чого потрібне розуміння стадій, фаз, етапів органогенезу рослини сої? URL: <http://proseed.com.ua/faza.html#zahust> (дата звернення: 23.02.2025 р.).
2. Міхеєва О.О., Рожков А.О., Міхеєв В.Г. Динаміка наростання площі листкової поверхні рослин сої залежно від норм висіву і способів сівби. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Том 11. №1-2. С. 77 – 88.
3. Коробко А.А. Вплив інокуляції насіння та підживлення на процеси росту й розвитку рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 29. С. 203-213. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-18. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/June2023/QYcqz3yR6Yu5MJJoYrA9L.pdf>
4. Telekalo N.V., **Korobko A.A.** Selection of adaptive soybean varieties in cultivation technology under conditions of climate change. *Agriculture and forestry*. 2022. № 3 (26). С. 125-137. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-3-10. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/November2022/syNef1Ntp1jmUSxe9Z8C.pdf>.
5. Korobko A.A. Influence of seed inoculation and nutrition on the growth and development of soybean plants. *Modern Approaches to Problem Solving in Science and Technology: collection of abstracts II International scientific and practical conference. November 15-17, 2023 Warsaw, Poland*. 2023. P. 35-38.

РОЗДІЛ 4. ФОТОСИНТЕТИЧНА АКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ, СИСТЕМИ ПІДЖИВЛЕНЬ

За посівними площами і валовими зборами зерна, соя (*Glycine hispida Maxim.*) є головною зерновою бобовою культурою світу. Її вирощують у більш ніж 40 країнах на загальній площі понад 50 млн га. Таке широке поширення сої пояснюється універсальністю як важливої продовольчої, технічної і кормової культури. Це зумовлено винятково сприятливим поєднанням у насінні органічних і мінеральних речовин [1].

Хімічний склад насіння сої є унікальним. Воно містить у середньому 39% (33-52%) білків, 20% (14-25%) напіввисихаючої олії, 24% вуглеводів, 5% зольних елементів (з переважним вмістом калію, фосфору й кальцію), а також необхідні для організму людини та тварин різні ферменти, вітаміни (А, В, С, D, Е) та інші важливі органічні й неорганічні речовини. Висока цінність сої визначається насамперед великим вмістом повноцінного білка, який за амінокислотним складом наближається до білків тваринного походження і добре засвоюється людиною і тваринами [1].

Однією із важливих ознак для вирощування сої у різних ґрунтово-кліматичних зонах є сорти різних груп стиглості. Соя, залежно від сорту, має свої особливості (форму стебла, висоту рослин, кількість гілочок і листків, квіток і суцвіть, бобів і насіння, а також тривалість періоду вегетації). Тривалість фаз росту і розвитку рослин у комплексі з погодними умовами під час їх проходження має важливе значення для формування насінневої продуктивності посівів сої. Тож важливе значення має визначення впливу передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на висоту рослин, площу листкової поверхні, тривалість міжфазних періодів та періоду вегетації в цілому.

За дослідженнями Дідура І.М. «...в умовах Лісостепу правобережного на сірих лісових ґрунтах свідчать про те, що величина урожайності зерна сої у значній мірі залежала від погодних умов років досліджень та факторів, які досліджувалися, а саме передпосівна обробка насіння та позакореневі підживлення. Так, у середньому за 2017-2021 рр. урожайність зерна варіювала у межах від 2,47 до 3,31 т/га...» [2].

На думку Заболотного Г.М., Мазура В.А. Циганської О.І. Дідура І.М., Циганського В.І. та Панциревої Г.В. нестача окремих мікроелементів призводить до значних збоїв у життєдіяльності рослин. Кожна культурна рослина використовує тільки ті елементи, які їй «до смаку», і в мінімальній кількості, але їх нестача в поживному середовищі порушує обмін речовин, хід фізіолого-біологічних процесів і, як наслідок, знижує врожай та його якість [3].

На основі досліджень Джемесюка О.В. було виявлено, що «...Використання преінокулянту у рідкій формуляції з екстендером для обробки насіння активізувало ростові процеси в рослинах, сприяло наростанню листкової поверхні, збільшенню фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу, що в цілому позитивно відобразилося на формуванні врожайності культури...» [4]. Проведення позакореневого підживлення хелатними мікродобривами у середньому по досліді забезпечувало збільшення врожайності сої на 10-15%. Максимальний рівень врожайності сої отриманий за рахунок поєднання інокуляції насіння та використання позакореневого підживлення у порівнянні з контролем досягав 35-43% [4].

Для багатьох рослин важливим є забезпечення мікроелементами. Такий елемент, як бор, необхідний протягом усього вегетаційного періоду. Особливо сильно страждають від нестачі бору репродуктивні органи рослин, при цьому хвора рослина може не утворювати цвіту. Важливу функцію виконує бор у вуглеводному обміні. Він сприяє кращому використанню кальцію в процесах обміну речовин у рослинах. Тому, при нестачі бору рослини не можуть нормально використовувати кальцій, навіть якщо він знаходиться в ґрунті у достатній кількості. Встановлено, що розміри поглинання та накопичення бору рослинами зростають при збільшенні калію в ґрунті. У зв'язку з цим застосування борвмісних добрив та покращення забезпечення рослин цим елементом сприяє не лише збільшенню урожайності, але й значному підвищенню якості продукції [3].

На думку Грабовського М.Б та Німенка С.С. «...Висота рослин сої впливає на її продуктивність тому, залежно від динаміки цього показника впродовж вегетаційного періоду, можна робити висновки про те, як склалися умови росту і

розвитку рослин в онтогенезі. На основі аналізу ростових процесів стебла можливо з'ясувати найефективніші умови для формування високопродуктивних агрофітоценозів сої...» [5].

Обліки проводили згідно з загальноприйнятою у рослинництві методикою. Висоту рослин визначали шляхом вимірювання на закріплених кілочками 25 рослин у двох несуміжних повтореннях в чотирьохразовій повторності [6, 7].

Соя – культура, що займає провідні позиції в аграріїв, її вирощуванням займаються численні господарства в Україні [8]. Потенціал сучасних сортів сої дуже високий, і за сприятливих умов їх врожайність може досягати 45–50 ц/га. Інша справа, що отримання таких показників на практиці – завдання не з легких [9]. Причиною цього зазвичай є нестабільна ситуація з опадами. Проте сільгоспвиробники повинні бути зацікавленими в реалізації потенціалу сої, адже додаткові вкладення після отримання якісного врожаю окупляться в кілька разів, особливо з огляду на нинішні ціни на вирощений урожай [10].

Однією з основних перешкод на шляху до соєвих рекордів є дефіцит вологи. Соя дуже чутлива до нестачі води, особливо у критичні фази свого розвитку. В період проростання і набухання насіння соєвим бобам потрібно приблизно 150% вологи від їх власної маси. Якщо йдеться про високобілкові сорти, цей показник може підвищуватися до 200% і більше. Потреба сої у волозі залежить насамперед від особливостей сорту, тривалості вегетаційного періоду, а також погодньо-кліматичних умов регіону [8, 9].

4.1. Формування площі листкової поверхні залежно від сорту, передпосівної обробки та системи підживлень

Невід'ємною умовою отримання високих урожаїв сої є наявність оптимальної площі листкової поверхні та збільшення синтезованої нею органічної речовини. У формуванні площі листкової поверхні посівів і ефективності їх використання включно важливе значення мають інокуляція насіння, позакореневі підживлення і

ширина міжрядь. Оптимальною площею листкової поверхні, за якої формується висока врожайність насіння сої, вважається площа в межах 40-50 тис м²/га. Забезпечуючи більш рівномірний розподіл площі живлення рослин і оптимізуючи площу живлення кожної рослини можна досягти максимальної ефективності її функціонування та засвоєння більшої частки фотосинтетичної активної радіації [10].

Результати досліджень площі листкової поверхні досліджуваних рослин сорту Самородок і Амадеус за 2022-2024 роки подано у додатках Е1 і Е2, а в середньому за 2022-2024 роки наведені в таблицях 4.1 і 4.2.

Проаналізувавши результати досліджень площі листкової поверхні сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та підживлення у середньому за три роки, можна зазначити, що на контрольному варіанті (С1) площа листової поверхні становить 20,23 тис. м²/га у фазу бутонізації, 41,90 тис. м²/га у фазу цвітіння і 39,93 тис. м²/га – у фазу наливу насіння. Ці показники є базовими для розвитку листового апарату без додаткових агротехнічних заходів.

Застосування Азотофіту з Хелпростом (С2, С2і) незначно збільшує площу листової поверхні: у фазу бутонізації до 20,73-21,60 тис. м²/га, під час цвітіння – 42,30-42,80 тис. м²/га і 40,37-41,80 тис. м²/га у фазу наливу насіння, що свідчить про помірний стимулюючий ефект на ріст листя.

Таблиця 4.1

Площа листкової поверхні сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та позакореневих підживлень, тис. м²/га (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Фази росту й розвитку		
			бутонізація	цвітіння	налив насіння
Самородок	Без інокуляції	1	20,23±1,4	41,90±2,9	39,93±2,7
		2	20,73±1,1	42,30±2,9	40,37±2,8
		3	22,77±1,2	44,23±3,0	42,20±2,9
		4	22,95±1,2	44,43±3,0	42,50±3,0
	Різолайн+ Різосейв	1	21,20±1,2	42,30±2,9	41,40±2,9
		2	21,60±1,2	42,80±3,0	41,80±2,9
		3	23,53±1,3	44,97±3,1	42,77±2,9
		4	23,65±1,2	45,17±3,1	43,00±3,0

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [10].

Використання Органік балансу (С3, С3і) суттєво підвищує площу листової поверхні до 22,77-23,53 тис. м²/га (бутонізація), 44,23-44,97 тис. м²/га (цвітіння) і 42,20-42,77 тис. м²/га (налив насіння), що відображає позитивний вплив біопрепаратів на площу листової поверхні сої.

Комплексне дворазове підживлення (Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор – С4, С4і) забезпечує максимальну площу листової поверхні: 22,95-23,65 тис. м²/га у фазу бутонізації, 44,43-45,17 тис. м²/га у фазу цвітіння і 42,50-43,00 тис. м²/га у фазу наливу насіння, із піковими значеннями у варіанті С8і (інокуляція + комплексне підживлення), що вказує на те, що спільна дія інокуляції та підживлень дає значно кращий результат, аніж застосування цих елементів технології вирощування окремо.

Інокуляція Різоланн + Різосейв (С1і-С4і) у порівнянні з варіантами без інокуляції (С1-С4) стабільно збільшує площу листової поверхні, особливо в комбінації з підживленням Органік балансом, що може бути пов'язано з інтенсивнішим азотним живленням завдяки симбіотичним бактеріям.

Таблиця 4.2

Площа листової поверхні сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакорневих підживлень, тис. м²/га (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Фази росту й розвитку		
			бутонізація	цвітіння	налив насіння
Амадеус	Без інокуляції	1	21,87±1,5	44,13±3,0	41,90±2,9
		2	22,27±1,6	44,47±3,1	42,30±2,9
		3	24,80±1,7	46,57±3,2	44,47±3,1
		4	25,33±1,8	47,00±3,2	44,87±3,1
	Різоланн+ Різосейв	1	22,57±1,6	44,57±3,1	42,30±2,9
		2	22,87±1,6	44,97±3,1	42,90±3,0
		3	25,43±1,8	47,20±3,2	45,07±3,1
		4	25,83±1,8	47,63±3,3	45,47±3,2

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [10].

У сорту Самородок застосування Азотофіту з Хелпростом (А2, А2і) незначно збільшує площу листової поверхні: до 22,27-22,87 тис. м²/га (бутонізація),

44,47-44,97 тис. м²/га (цвітіння) і 42,30-42,90 тис. м²/га (налив насіння), що свідчить про помірний стимулюючий ефект на ріст листя. Для порівняння на контрольному варіанті (А1) площа листкової поверхні становить 21,87 тис. м²/га у фазі бутонізації, 44,13 тис. м²/га у фазу цвітіння і 41,90 тис. м²/га під час наливу насіння.

Застосування Азотофіту з Хелпростом (А2, А2і) незначно збільшує площу листкової поверхні: до 22,27-22,87 тис. м²/га (бутонізація), 44,47-44,97 тис. м²/га (цвітіння) і 42,30-42,90 тис. м²/га (налив насіння), що свідчить про помірний стимулюючий ефект на ріст листя. Для порівняння на контрольному варіанті (А1) площа листкової поверхні становить 21,87 тис. м²/га у фазу бутонізації, 44,13 тис. м²/га у фазу цвітіння і 41,90 тис. м²/га під час наливу насіння.

Використання Органік балансу (А3, А3і) суттєво підвищує площу листкової поверхні: до 24,80-25,43 тис. м²/га (бутонізація), 46,57-47,20 тис. м²/га (цвітіння) і 44,47-45,07 тис. м²/га (налив насіння), що відображає позитивний вплив органічних стимуляторів на розвиток листового апарату.

Комплексне підживлення (А4, А4і) забезпечує максимальну площу листкової поверхні: 25,33-25,83 тис. м²/га (бутонізація), 47,00-47,63 тис. м²/га (цвітіння) і 44,87-45,47 тис. м²/га (налив насіння).

Найкращий результат було отримано на варіанті за інокуляції Різолاین + Різосейв та двократного комплексного підживлення (Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор) – А4і. Отже порівнявши варіанти підживлення з інокуляцією (А4і–А4і) у порівнянні з варіантами без інокуляції (А1–А4), ми спостерігаємо кращу взаємодію, коли об'єднання двох елементів технології вирощування призводить до результату, що якісно та кількісно перевищує їх окреме застосування.

4.2. Формування фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу залежно від сорту, інокуляції та системи підживлень

Фотосинтетичний потенціал (ФП) та чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є ключовими фізіологічними показниками, що визначають продуктивність сої.

Ефективність використання сонячної енергії та накопичення органічної речовини безпосередньо впливають на формування врожаю. Розуміння механізмів формування ФП та ЧПФ дозволяє розробляти оптимальні агротехнічні заходи для підвищення продуктивності культури. Згідно з дослідженнями українських та зарубіжних науковців [11-16], на формування ФП та ЧПФ сої впливає комплекс факторів, серед яких особливе значення мають сортові особливості, передпосівна обробка насіння та позакореневі підживлення [11-16].

Сортові особливості визначають генетичний потенціал рослин до фотосинтезу, архітектоніку рослин, тривалість вегетаційного періоду та інші морфофізіологічні характеристики. Наприклад, дослідження Іванова І.І., показали, що сорти сої з більшою площею листкової поверхні та високим вмістом хлорофілу демонструють вищі показники ФП та ЧПФ [14].

Передпосівна обробка насіння, зокрема інокуляція бульбочковими бактеріями, сприяє покращенню азотного живлення та стимулює фотосинтетичну активність. За даними Петренко П.П., інокуляція насіння сої препаратами *Bradyrhizobium japonicum* підвищує ФП на 15-20%. Крім того, обробка насіння мікроелементами та стимуляторами росту також може позитивно впливати на фотосинтетичну активність рослин [15]. Позакореневі підживлення забезпечують рослини необхідними елементами для росту та розвитку. Згідно з дослідженнями Smith J., Johnson A. та Williams K., оптимальне співвідношення макро- та мікроелементів сприяє формуванню потужного листкового апарату, підвищенню інтенсивності фотосинтезу та збільшенню ЧПФ. Особливо важливим є забезпечення рослин азотом, фосфором та калієм [16]. Результати досліджень фотосинтетичного потенціалу посівів сої досліджуваних сортів в середньому за роками подано в у таблицях 4.3 і 4.4.

Дослідження фотосинтетичного потенціалу посівів сої сорту Самородок за 2022-2024 роки показало, що інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) на варіанті С4і забезпечує максимальний фотосинтетичний потенціал: 0,50 млн. м² діб/га у фазу бутонізація, 1,32 млн. м² діб/га у фазу цвітіння і 2,24 млн. м² діб/га у період наливу насіння.

Таблиця 4.3

Фотосинтетичний потенціал посівів сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень, млн. м² діб /га (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Фази росту й розвитку		
			бутонізація	цвітіння	налив насіння
Самородок	Без інокуляції	1	0,32±0,04	0,93±0,1	1,38±0,14
		2	0,35±0,04	1,25±0,11	1,91±0,16
		3	0,41±0,05	1,27±0,11	1,99±0,16
		4	0,42±0,06	1,27±0,11	2,06±0,18
	Різолاین+ Різосейв	1	0,39±0,07	0,96±0,10	1,42±0,14
		2	0,42±0,06	1,27±0,12	2,05±0,15
		3	0,49±0,05	1,29±0,12	2,12±0,16
		4	0,50±0,05	1,32±0,12	2,24±0,16

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [10].

Це перевищує контроль (С1), де ФП склав – 0,32 млн. м² діб/га, 0,93 млн. м² діб/га і 1,38 млн. м² діб/га відповідно. Ми бачимо, що у порівнянні з абсолютним контролем (С1) за поєднання передпосівної обробки насіння та дворазового комплексного підживлення (С4і) ФП збільшився на 56,2%, 41,94% і 62% відповідно.

Підживлення без інокуляції (С4) забезпечило 0,42; 1,27 і 2,06 млн. м² діб/га, а інокуляція без підживлення (С1і) – 0,39; 0,96 і 1,42 млн. м² діб/га. Найефективнішим є комплексний підхід, який сприяє підвищенню фотосинтетичної активності та врожайності сої.

Дослідження фотосинтетичного потенціалу сорту Амадеус (табл. 4.4) за 2022–2024 роки показало, що інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) забезпечує максимальні значення: 0,64 млн. м² діб/га (бутонізація), 1,35 млн. м² діб/га (цвітіння) і 2,27 млн. м² діб/га (налив насіння), що перевищує контроль, де ці показники становлять 0,47 млн. м² діб/га (бутонізація), 0,95 млн. м² діб/га (цвітіння) і 1,43 млн. м² діб/га (налив насіння).

Таблиця 4.4

Фотосинтетичний потенціал посівів сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень, млн. м² діб /га (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Фази росту й розвитку		
			бутонізація	цвітіння	налив насіння
Амадеус	Без інокуляції	1	0,47±0,05	0,95±0,11	1,43±0,14
		2	0,49±0,06	1,28±0,12	1,96±0,15
		3	0,53±0,06	1,30±0,12	2,09±0,16
		4	0,55±0,06	1,31±0,13	2,15±0,17
	Різолайн+ Різосейв	1	0,54±0,05	0,99±0,1	1,46±0,16
		2	0,56±0,05	1,31±0,12	2,09±0,17
		3	0,62±0,06	1,34±0,13	2,16±0,18
		4	0,64±0,06	1,35±0,13	2,27±0,18

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [10].

Максимальний ФП було досягнуто на варіанті досліду А4і за інокуляції Різолайн-р+Різосейв та дворазового комплексного підживлення Органік баланс+Азотофіт+Хелп-рост Соя; Органік баланс+Азотофіт+Хелп-рост Бор, де спостерігалось збільшення ФП у порівнянні з абсолютним контролем на 33,3% у фазу бутонізації, 42,1% у фазу цвітіння і 58,7% у фазу наливу зерна відповідно.

Підживлення без інокуляції (А4) дало такі результати: 0,55, 1,31 і 2,15 млн. м² діб/га, а інокуляція без підживлення (А1і) забезпечила значення 0,54, 0,99 і 1,46 тис. м²/га. Комплексний підхід забезпечує найвищу фотосинтетичну активність і, як наслідок, підвищену врожайність.

Отже, сорт Амадеус показав кращі результати за ФП, ніж Самородок у фазах бутонізації та наливу насіння, що свідчить про його кращу здатність формувати листову поверхню та накопичувати фотосинтетичну енергію. Самородок показав вищий ФП у фазі цвітіння за комплексного застосування інокуляції та позакоренових підживлень, що може бути пов'язано з його генетичними особливостями. Інокуляція (Різолайн + Різосейв) і дворазове комплексне підживлення (Органік баланс + Азотофіт + Хелп-рост Соя / Бор) значно підвищили ФП у обох сортів,

із максимальним ефектом у сорту Амадеус до 2,27 млн. м² діб/га ·день та 2,24 млн. м² діб/га у сорту Самородок.

4.3. Формування індексу листкової поверхні залежно від сорту, передпосівної обробки та системи підживлень

Формування індексу листкової поверхні (ІЛП) є важливим показником, що визначає фотосинтетичну активність і продуктивність рослин сої. Ці характеристики здебільшого залежать від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та системи живлення, які впливають на ріст, розвиток і здатність культури ефективно використовувати доступні ресурси.

Сортові особливості визначають генетичний потенціал рослини, зокрема швидкість формування листкового апарату, тривалість вегетаційного періоду та стійкість до стресових умов. Передпосівна обробка, така як інокуляція насіння або застосування стимуляторів росту, сприяє покращенню проростання, розвитку кореневої системи та засвоєнню поживних речовин, що безпосередньо впливає на індекс листкової поверхні.

Система живлення, яка включає внесення макро- та мікроелементів, є вирішальним фактором у забезпеченні рослин необхідними ресурсами для синтезу біомаси, накопичення сухої речовини та формування врожаю. В умовах України, де соя є однією з провідних зернобобових культур, вивчення динаміки цих показників залежно від зазначених факторів має важливе значення для оптимізації технологій вирощування та підвищення врожайності. Результати аналізу динаміки індексу листкової поверхні сої за три роки досліджень (додаток Ж) показали, що агрозаходи мали суттєвий вплив на формування цього показника (табл. 4.5, 4.6).

Дослідження індексу листкової поверхні (ІЛП) сої сорту Самородок за середніми даними 2022–2024 років показало значний вплив передпосівної обробки насіння (фактор В) та позакореневих підживлень (фактор С) на формування листового апарату в фазах бутонізації, цвітіння та наливу насіння.

Таблиця 4.5

Індекс листкової поверхні сої сорту Самородок залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр.), м²/м²

Фактор А	Фактор В	Фактор С	індекс листкової поверхні		
			Бутонізація	цвітіння	налив насіння
			середнє за 2022-2024 рр.		
Самородок	Без інокуляції	1	2,02±0,1	4,19±0,3	3,99±0,3
		2	2,07±0,1	4,23±0,3	4,04±0,3
		3	2,28±0,1	4,42±0,3	4,22±0,3
		4	2,30±0,1	4,44±0,3	4,25±0,3
	Різолайн+Різосейв	1	2,12±0,1	4,23±0,3	4,14±0,3
		2	2,16±0,1	4,28±0,3	4,18±0,3
		3	2,35±0,1	4,50±0,3	4,28±0,3
		4	2,37±0,1	4,52±0,3	4,30±0,3

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [10].

У контрольному варіанті без інокуляції та підживлення (С1) ІЛП становив 2,02 м²/м² (бутонізація), 4,19 м²/м² (цвітіння) і 3,99 м²/м² (налив насіння). Застосування інокуляції Різолайн + Різосейв у поєднанні з комплексним підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор, С4і) забезпечило максимальні значення: 2,37 м²/м² (бутонізація), 4,52 м²/м² (цвітіння) і 4,30 м²/м² (налив насіння), що перевищує контроль на 17,3%, 7,9% і 7,8% відповідно. Підживлення без інокуляції (С4) дало ІЛП 2,30, 4,44 і 4,25 м²/м², а інокуляція без підживлення (С1і) – 2,12, 4,23 і 4,14 м²/м². Найвищі показники досягнуто при комбінації інокуляції та комплексного підживлення, що сприяє підвищенню фотосинтетичного потенціалу та, ймовірно, врожайності сої.

Дослідження індексу листкової поверхні (ІЛП) сої сорту Амадеус (табл. 4.6) за середніми даними 2022–2024 років показало схожий вплив інокуляції (фактор В) та підживлень (фактор С).

На контрольному варіанті без інокуляції та підживлення (А1) ІЛП становив 2,19 м²/м² (бутонізація), 4,41 м²/м² (цвітіння) і 4,19 м²/м² (налив насіння). Максимальні значення досягнуто при інокуляції Різолайн + Різосейв із комплексним підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелп-рост Соя/Бор, А8і): 2,58 м²/м² (бутонізація),

4,76 м²/м² (цвітіння) і 4,55 м²/м² (налив насіння), що перевищує контроль на 17,8%, 8,0% і 8,6% відповідно.

Таблиця 4.6

Індекс листкової поверхні сої сорту Амадеус залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр.), м²/м²

Фактор А	Фактор В	Фактор С	індекс листкової поверхні		
			Бутонізація	цвітіння	налив насіння
			середнє за 2022-2024 рр.		
Амадеус	Без інокуляції	1	2,19±0,1	4,41±0,3	4,19±0,3
		2	2,23±0,2	4,45±0,3	4,23±0,3
		3	2,48±0,2	4,66±0,3	4,45±0,3
		4	2,53±0,2	4,70±0,3	4,49±0,3
	Різотайн+Різосейв	1	2,26±0,2	4,46±0,3	4,23±0,3
		2	2,29±0,2	4,50±0,3	4,29±0,3
		3	2,54±0,2	4,72±0,3	4,51±0,3
		4	2,58±0,2	4,76±0,3	4,55±0,3

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [10].

Підживлення без інокуляції (А4) забезпечило наступні значення ІЛП 2,53, 4,70 і 4,49 м²/м², а інокуляція без підживлення (А1і) – 2,26, 4,46 і 4,23 м²/м². Комплексний підхід, що поєднує інокуляцію та підживлення, сприяв максимальному розвитку листкової поверхні, що може позитивно вплинути на підвищення фотосинтетичної продуктивності та врожайності сої.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) вимірюється як кількість сухих органічних речовин, що накопичуються на одиниці площі листкової поверхні за одиницю часу, за вирахуванням витрат на дихання. ЧПФ є ключовим показником, що відображає ефективність перетворення сонячної енергії в органічну речовину посівами сої. Розуміння факторів, які впливають на ЧПФ, має вирішальне значення для оптимізації технологій вирощування та підвищення врожайності цієї цінної культури.

Дослідження ЧПФ посівів сої дозволяє оцінити вплив різних агротехнічних прийомів (строки сівби, густина посіву, удобрення, застосування стимуляторів росту) на фотосинтетичну активність рослин; виявити сорти сої з високим потенціалом

фотосинтетичної продуктивності та визначити оптимальні умови для формування максимальної біомаси та врожаю.

За результатами досліджень науковців Чинчика О.С. та Оліфіровича С.Й. [17], сорт сої Аррата продемонстрував найвищу площу листової поверхні, досягнувши 47,8 тис. м²/га. Крім того, цей сорт показав найкращу реакцію на застосування позакореневого підживлення Фульвогуміном та інокуляцію насіння, що призвело до максимального фотосинтетичного потенціалу посівів (3,592 млн м² дн./га) за умови використання комплексу агротехнічних заходів, включаючи мінеральне удобрення (N₃₀P₆₀K₆₀). Дослідження також виявили, що застосування інокулянтів Ризоактив та Мікофренд, а також позакореневого підживлення Фульвогумін, сприяє збільшенню накопичення сухої речовини в посівах сої. Знову ж таки, сорт Аррата виявився лідером за цим показником, досягнувши 10,39 т/га сухої речовини.

Голодна А.В. та Грицюк Я.В. [18] в результаті досліджень виявили чітку залежність між накопиченням сухої речовини в сої, чистою продуктивністю фотосинтезу та врожайністю насіння. Для досягнення максимальних результатів у сучасному сільському господарстві необхідно застосовувати технології, що враховують біологічні потреби рослин та мінімізують вплив стресових факторів.

Оптимальні умови для сої сорту Муза були створені за допомогою внесення мінеральних добрив (N₁₅P₄₅K₆₀+N₃₀), обробки насіння мікоризоутворювачем у поєднанні з протруйником та позакореневого підживлення органо-мінеральним добривом у фазі гілкування або бутонізації. Ці заходи сприяли значному збільшенню накопичення сухої маси (25,9-27,4 г/рослину) та чистої продуктивності фотосинтезу (5,60-6,10 г/м²×добу) порівняно з контрольним варіантом (20,8 г/рослину та 5,46 г/м²×добу відповідно). Результати досліджень показують, що інтегрований підхід до вирощування сої (збалансоване живлення та стимуляцію біологічних процесів) є ключовим для підвищення врожайності.

Зміни в ефективності чистої продуктивності фотосинтезу сої за інокуляції та позакореневих підживленнях протягом трьох років досліджень подано в додатках 31 і 32, в середньому за 2022-2024 рр. в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів сої за інокуляції насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр.), г/м²/добу

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Фази росту й розвитку		
			бутонізація	цвітіння	налив насіння
Самородок	Без інокуляції	1	2,51±0,24	0,95±0,04	0,54±0,05
		2	2,78±0,27	0,96±0,11	0,58±0,02
		3	2,92±0,29	1,01±0,06	0,60±0,01
		4	2,99±0,26	1,08±0,05	0,62±0,02
	Різолاین+Різосейв	1	2,90±0,28	1,03±0,04	0,61±0,04
		2	3,00±0,30	1,11±0,01	0,65±0,01
		3	3,11±0,29	1,13±0,03	0,67±0,02
		4	3,26±0,26	1,17±0,03	0,69±0,01
Амадеус	Без інокуляції	1	3,50±0,06	1,07±0,01	0,67±0,02
		2	3,53±0,13	1,08±0,01	0,69±0,02
		3	3,58±0,09	1,09±0,04	0,71±0,04
		4	3,79±0,02	1,15±0,04	0,75±0,02
	Різолاین+Різосейв	1	3,74±0,11	1,13±0,06	0,72±0,06
		2	3,85±0,24	1,18±0,07	0,77±0,03
		3	3,96±0,15	1,20±0,04	0,79±0,04
		4	4,00±0,06	1,24±0,04	0,82±0,03

Примітка: С – сорт Самородок, А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень

ЧПФ у сортів Амадеус і Самородок була найвищою у фазі бутонізації (2,51-4,0 г/м²/добу), знижувалася під час цвітіння (0,95-1,24 г/м²/добу) і досягала мінімуму у фазі наливу зерна (0,54-0,82 г/м²/добу).

Сорт Амадеус демонструє вищу базову продуктивність фотосинтезу порівняно з Самородком у всіх фазах (наприклад, 3,50 проти 2,51 г/м²/добу у фазу бутонізації на контролі), що відображає його генетичну перевагу. Для обох сортів характерне зниження фотосинтетичної активності від бутонізації до наливу насіння, що є природною динамікою.

Інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з підживленнями (С4і/А4і) забезпечує максимальну продуктивність: для Самородка – 3,26, 1,17 і 0,69 г/м²/добу (+29,9%, +23,2% і +27,8% до С1), для Амадеуса – 4,00, 1,24 і 0,82 г/м²/добу (+14,3%, +15,9% і +22,4% до А1). Самородок показав більший відносний приріст у фазу

бутонізації (+29,9% у С4і проти +14,3% у А4і), тоді як Амадеус – у фазу цвітіння та наливу насіння (+15,9% і +22,4% у А4і проти +23,2% і +27,8% у С4і).

Отже, комплексний підхід (інокуляція + Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор) є найефективнішим для підвищення фотосинтетичної продуктивності обох сортів, причому Амадеус досягає вищих абсолютних значень, а Самородок демонструє більшу чутливість до агротехнічних заходів у ранній фазі. Ці результати можуть слугувати основою для оптимізації технологій вирощування з урахуванням сортових особливостей і фаз розвитку.

Висновки до розділу 4:

1. Дослідження площі листкової поверхні показало, що у сорту Самородок інокуляція Різолан + Різосейв і позакореневі підживлення суттєво збільшують площу листя. На контролі (С1) показники склали 20,23, 41,90 і 39,93 тис. м²/га у фазах бутонізації, цвітіння і наливу насіння відповідно. Максимальні значення досягнуті на варіанті С4і (інокуляція + комплексне підживлення): 23,65, 45,17 і 43,00 тис. м²/га.

У сорту Амадеус дослідження показало, що інокуляція Різолан + Різосейв і позакореневі підживлення збільшують площу листкової поверхні. На контролі (А1) показники площі листя склали 21,87, 44,13 і 41,90 тис. м²/га у фазах бутонізації, цвітіння і наливу насіння. Максимальні значення досягнуті на варіанті А4і (інокуляція + комплексне підживлення): 25,83, 47,63 і 45,47 тис. м²/га у різні фази росту і розвитку відповідно, що підтверджує синергетичний ефект інокуляції та комплексного підживлення для розвитку листового апарату та підвищення врожайності.

2. Дослідження фотосинтетичного потенціалу сортів Самородок і Амадеус за 2022–2024 роки показало, що найменший показник фотосинтетичного потенціалу у сорту Самородок на контрольному варіанті без інокуляції та позакореневих підживлень у фазу бутонізації становив 0,32 млн. м² діб / га і у фазу наливу насіння 1,38 млн. м² діб / га. У сорту Амадеус 0,47 млн. м² діб / га та 1,43 млн. м² діб / га відповідно. Найвищі показники фотосинтетичного потенціалу були у фазу наливу насіння (2,24 млн м² діб/га у сорту Самородок та 2,27 млн. м² діб / га у сорту Амадеус)

за передпосівної обробки насіння біоінокулянтном Різолاین у поєднанні з біопротектором Різосейв та позакореневих підживлень регулятором росту Азотофіт та біопреператом Органік баланс у поєднанні з хелдатними мікродобривами Хелпрост соя/бор. Таким чином, поєднання інокуляції та комплексних позакореневих підживлень є ключовим для максимізації фотосинтетичного потенціалу сої.

3. На основі проведених досліджень індексу листової поверхні сої сортів Самородок та Амадеус за середніми даними 2022–2024 років можна зробити висновок, що передпосівна обробка насіння та позакореневі підживлення мають суттєвий вплив на формування листового апарату в ключових фазах розвитку рослин – бутонізації, цвітіння та наливу насіння. Для обох сортів найвищі показники ІЛП досягнуто при комбінованому застосуванні інокуляції (Різолاین + Різосейв) та комплексного підживлення (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор), що перевищило контрольні варіанти без обробки на 7,8–17,8% залежно від фази та сорту.

Для сорту Самородок максимальні значення ІЛП становили 2,37 м²/м² (бутонізація), 4,52 м²/м² (цвітіння) і 4,30 м²/м² (налив насіння), а для сорту Амадеус – 2,58 м²/м², 4,76 м²/м² і 4,55 м²/м² відповідно. Окремо підживлення без інокуляції та інокуляція без підживлення також сприяли зростанню ІЛП порівняно з контролем, але поступалися комплексному підходу. Таким чином, поєднання інокуляції та підживлення забезпечує максимальний розвиток листової поверхні, що свідчить про доцільність комплексного агротехнологічного підходу для оптимізації росту та продуктивності сої.

4. Чиста продуктивність фотосинтезу сортів Самородок і Амадеус максимальна у фазі бутонізації (2,51–4,0 г/м²/добу) і знижується до наливу насіння (0,54–0,82 г/м²/добу). Амадеус має вищу базову ЧПФ (3,50 г/м²/добу у порівнянні до контролю – 2,51 г/м²/добу), а Самородок чутливіший до інокуляції та підживлення, особливо у фазу бутонізації (+29,9% проти +14,3%). Комплексний підхід (Різолاین + Різосейв, Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор) забезпечує максимальну продуктивність: 3,26–0,69 г/м²/добу для Самородка і 4,00–0,82 г/м²/добу для Амадеуса, що дозволяє оптимізувати вирощування з урахуванням сортових особливостей.

Дані цього розділу використано автором у своїй публікації [10].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Соя. Pidru4niki: *веб-сайт*. URL: <https://pidru4niki.com /75643/ agropromislovist/soya> (дата звернення: 25.04.2023).
2. Дідур І.М. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на динаміку формування площі листкової поверхні рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. №27. С. 5-14.
3. 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». 2020. с. 275.
4. Джемесюк О.В. Формування урожайності сої під впливом інокуляції та підживлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1-2. С. 43-47.
5. Грабовський М.Б., Німенко С.С. Особливості формування висоти рослин сої за органічної технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С. 54 – 63.
6. Волкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. К.: Алефа, 2000 100 с.
7. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К. : НІЧЛАВА, 2003. 320 с.
8. Вимоги та правила сої. Агробізнес сьогодні: URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/14309-vymohy-ta-pravyla-soi.html> (дата звернення: 14.05.2023).
9. Гринько Ю. Волога для сої. *Агроном*. 2022. URL: <https://www.agronom.com.ua/vologa-dlya-soyi/> (дата звернення: 14.05.2023).
10. Коробко А.А. Вплив інокуляції насіння та підживлення на процеси росту й розвитку рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 29. С. 203-213. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-18. URL: <http://forestry.vsau.org/storage/articles/June2023/QYcqz3yR6Yu5MJ0YrA9L.pdf>

11. Вирощування сої: на що слід звернути увагу. Агробізнес сьогодні. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/20930-vyroshchuvannia-soi-na-shcho-slid-zvernuty-uvahu.html> (дата звернення: 14.05.2023).
12. Вінницький обласний центр з гідрометеорології. URL: <https://meteo.vn.ua/services/> (дата звернення: 24.04.2023).
13. Міхєєва О.О., Рожков А.О., Міхєєв В.Г. Динаміка наростання площі листової поверхні рослин сої залежно від норм висіву і способів сівби. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Том 11. №1-2. С. 77 – 88.
14. Іванов І.І. Вплив сортових особливостей на фотосинтетичну активність сої. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 10. С. 25-32.
15. Петренко, П.П. Ефективність інокуляції насіння сої препаратами *Bradyrhizobium japonicum*. *Агрономія*. 2019 № 12. С. 40-45.
16. Smith J., Johnson A., Williams K. The effect of nutrient management on soybean photosynthesis and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2018. № 204 (5). С. 412-420.
17. Чинчик О.С., Оліфірович С.Й. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Випуск 1 (38). С. 55-63. URL: https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian_bulletin/article/view/142/119
18. Голодна А.В. та Грицюк Я.В. Фотосинтетична продуктивність посіву сої (*Glycine max L.*) за різних систем удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 2. С. 133-142. URL: <http://journalagroeco.org.ua/article/view/305672>

РОЗДІЛ 5. СИМБІОТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПОСІВІВ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТУ, ІНОКУЛЯЦІЇ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ

Глобальний характер екологічних та економічних проблем, а також нестача білка для населення Землі, вимагають нарощування виробництва найбільш повноцінних і недорогих білкововмісних продуктів, одним з яких є насіння сої [1].

Україна є лідером з виробництва сої в Європі, де формується конкурентоспроможна соєва індустрія: зростають площі посіву, рівень урожайності та виробництво соєвих бобів. При цьому, будучи високорентабельною культурою, соя – один з найкращих попередників у сучасних сівозмінах, що сприяє підвищенню родючості ґрунтів [2].

Крім того, вирощування сої має позитивний ефект для всього сільського господарства як ідеальний попередник для зернових культур, через наявність азотофіксуючих бактерій. Це дуже важливо в економічному плані при недостатніх обсягах внесення добрив [3].

Сьогодні в Україні активно розвивається біологічне землеробство, проте для ефективного збереження довкілля необхідне його наукове обґрунтування [4, 5]. Незважаючи на те, що біологічні препарати поки що поступаються хімічним за популярністю, їхнє використання стрімко зростає. Через надмірне застосування хімічних речовин у сільському господарстві ґрунт втрачає корисні мікроорганізми та забруднюється токсичними пестицидами, що створює необхідність розвитку органічного виробництва.

Одним із безпечних засобів захисту та живлення рослин в органічному землеробстві є використання біопрепаратів та біодобрив. [6, 7]. Вони є альтернативою мінеральним добривам та пестицидам, які порушують природний колообіг речовин, згубно впливають на біоту та природне довкілля. Активне застосування біологічних методів у сільському господарстві має не лише екологічні переваги, але й, як правило, економічну вигідність. Особливо важлива роль біологізації в технологіях вирощування культур проявляється в умовах складного клімату та ґрунту. Використання біопрепаратів в органічному землеробстві сприяє зростанню популяції

корисних мікроорганізмів, поліпшує ґрунтове живлення та підвищує ферментативну активність ґрунту [8].

Біологічні препарати, завдяки вмісту корисних бактерій, покращують доступність поживних речовин у ґрунті, сприяють розвитку кореневої системи та формуванню корисних симбіотичних зв'язків між рослинами та мікроорганізмами. Це позитивно впливає на врожайність. Крім того, біопрепарати підвищують стійкість рослин до хвороб, що є важливим фактором в органічному землеробстві [9, 10].

Ринок біопрепаратів в Україні демонструє тенденцію до зростання. Наразі в країні зареєстровано понад 200 біологічних препаратів, які включені до «Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні». Серед них переважають інокулянти – препарати, що містять живі культури корисних мікроорганізмів для покращення здоров'я рослин. В Україні діє кілька підприємств, що спеціалізуються на виробництві біопрепаратів. Серед них:

- ПАТ «Біоветфарм» – відомий виробник ветеринарних препаратів і біологічних засобів захисту рослин.
- Ладжинський завод біо- та ферментних препаратів «Ензим» – виробляє біофунгіциди «Фіто Доктор», біоінсектициди та інокулянти.
- Компанія «БТУ-Центр» – виробник мікробних і ферментних препаратів для сільського господарства, включаючи препарати для захисту та живлення рослин, оздоровлення ґрунтів.
- Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН – займається розробкою промислових технологій виробництва ентомологічних, бактеріальних, грибних і вірусних засобів захисту рослин, а також бактеріальних добрив [11].

В умовах зростаючого попиту на органічну продукцію, мікробіологічні біопрепарати стають все більш популярними. Вони містять різноманітні мікроорганізми, які підвищують стійкість рослин до хвороб і шкідників, стимулюють їхній ріст і розвиток, а також покращують склад ґрунтової мікрофлори.

Нині в органічно орієнтованому сільськогосподарському виробництві України першочергова увага приділяється збереженню біоти ґрунтів та регулюванню їхньої життєдіяльності, організації агротехнічних заходів, підтримці на належному рівні

гомеостазу ґрунтових мікроорганізмів, зокрема їх чисельності та складу. Наразі виробляються й упрводжуються біологічні препарати, що забезпечують збагачення ґрунту грибами й бактеріями, а також спеціальні біоорганічні добрива, збагачені мікроорганізмами і біокаталізаторами. Оскільки органічне виробництво не передбачає використання мінеральних добрив та засобів хімічного захисту рослин, альтернативою їм є застосування біопрепаратів різної дії. У біологізації сучасних агротехнологій вирощування сої особлива роль відводиться ґрунтовим мікроорганізмам. Одним із основних шляхів оптимізації агроєкосистеми в умовах органічного виробництва цієї культури є використання біологічних препаратів на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуєчих бактерій. Адже інокуляція насіння сої зазвичай сприяє збільшенню розмірів симбіотичного апарату, підвищує її врожайність, продуктивність, вміст сирого білка та жиру. За органічного виробництва насіння сої ефективно застосовуються мікробіологічні препарати, створені на основі природних штамів мікроорганізмів. В процесі вирощування сої, мікроорганізми перетворюють складні сполуки на прості, які легко засвоюються рослиною. Це забезпечує повноцінне живлення кореневої системи сої, що сприяє максимальній реалізації її генетичного потенціалу врожайності [12, 13].

Як зазначає ряд авторів [14, 15], для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур критично важливим є забезпечення їх мінеральним живленням, особливо азотом. Нестача доступного азоту суттєво обмежує ріст і розвиток рослин. Парадоксально, але рослини, активно поглинаючи вуглекислий газ з атмосфери, відчують дефіцит азоту, хоча навколишнє середовище багате на нього: атмосфера на 78% складається з молекулярного азоту, а ґрунт містить багато зв'язаного азоту в органічних речовинах. Проте, рослини не можуть самостійно засвоїти цей азот через відсутність необхідних ферментів. Природним рішенням є симбіоз рослин з мікроорганізмами, які здатні фіксувати молекулярний азот або розщеплювати органічні сполуки ґрунту.

Взаємодія бобових рослин з бульбочковими бактеріями – одна з найбільш дієвих систем природного засвоєння азоту, яка має важливе значення для екології та сільського господарства. У цьому симбіозі поєднуються процеси азотфіксації та

фотосинтезу, що забезпечує баланс азоту та вуглеводів у рослинах. Стимулювати корисні мікробіологічні процеси в кореневій зоні рослин можна двома способами: додаванням органічних і мінеральних добрив для активації природної ґрунтової мікрофлори, або внесенням у ґрунт ефективних штамів мікроорганізмів, які фіксують азот, мобілізують фосфати та виробляють речовини, що стимулюють ріст [16, 17].

Відомо, що зернобобові культури, зокрема соя, відіграють важливу роль у сільському господарстві завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Ця унікальна здатність дозволяє їм засвоювати від 130 до 390 кг/га азоту з повітря протягом вегетаційного періоду, забезпечуючи отримання дешевого рослинного білка без використання дорогих і шкідливих для довкілля мінеральних азотних добрив [18, 19]. За оптимальних умов соя може біологічно фіксувати 180 кг/га та більше азоту, залишаючи після себе 25-40 кг/га для наступних культур у сівозміні. Проте середні показники біологічної фіксації азоту культурою поки що значно нижчі [20].

Українські вчені створили понад 70 сортів бобових, серед яких 44 нові, що ефективно фіксують азот. Ці сорти внесено до Державного реєстру і рекомендовано для вирощування в Україні [21-23].

Для підвищення врожайності бобових культур необхідно перед посівом обробляти насіння біопрепаратами з ризобіями. Також важливо виводити нові сорти і штами бактерій, адаптовані до місцевих умов, а також створювати оптимальні умови для симбіозу [24].

5.1. Зміна кількості та маси бульбочок азотфіксуючих бактерій на коренях рослин сої

У дослідженнях вивчали особливості формування симбіотичного апарату рослин сої під впливом інокуляції та позакореневих підживлень біопрепаратами. За результатами експериментальних досліджень встановлено позитивний вплив цих технологічних прийомів вирощування на формування кількості й маси бульбочок на кореневій системі сої.

Динаміку загальної кількості бульбочок на коренях сої залежно від інокуляції та підживлень у середньому за три роки подано в таблицях 5.1 і 5.2.

Встановлено, що бульбочки рожевого кольору формувались з найбільшою інтенсивністю у фазу завершення цвітіння, після чого як їх кількість, так і маса значно знижувались до фази дозрівання бобів. Зменшення зазначених вище показників пояснюють послабленням транслокації асимілятів із листків у корені та бульбочки, а також зниженням здатності до переміщення фотоасимілятів [25, 26].

Таблиця 5.1

Динаміка загальної кількості бульбочок, (шт./рослину) на коренях сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та позакореневих підживлень (у середньому за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Кі-сть бульбочок, шт./рослину			
			Бутонізація	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Дозрівання бобів
			середнє за 2022-2024 рр.			
Самородок	Без інокуляції	1	15,5±0,2	25,8±0,6	33,7±1,3	19,8±0,6
		2	16,6±0,3	27,7±0,3	35,9±1,3	22,0±0,6
		3	16,7±0,2	27,9±0,4	36,4±1,3	22,3±0,7
		4	16,8±0,2	28,0±0,3	37,0±0,8	22,7±0,8
	Різолайн+ Різосейв	1	27,1±0,4	38,5±0,6	46,3±0,6	31,4±0,5
		2	28,5±0,4	40,9±0,9	49,5±0,6	34,3±0,2
		3	28,6±0,4	40,9±1,0	49,8±0,7	34,5±0,6
		4	28,8±0,4	41,0±1,1	50,3±0,8	34,9±0,6

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Дослідження динаміки загальної кількості бульбочок на коренях сої сорту Самородок виявили значний вплив інокуляції та позакореневих підживлень на формування симбіотичного апарату.

У варіантах без інокуляції кількість бульбочок була помітно нижчою. На контрольному варіанті (С1, без підживлення) кількість бульбочок становила 15,5 шт./рослину у фазі бутонізації, зростала до 25,8 на початку цвітіння, досягала максимуму 33,7 у фазу завершення цвітіння та спадала до 19,8 шт./рослину під час дозрівання бобів. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (С2) підвищило ці показники до 16,6, 27,7, 35,9 і 22,0 відповідно, що на 7,1%, 7,4%, 6,5% і

11,1% більше, ніж на контролі. Використання Органік балансу (С3) дало дещо кращі результати, а комплексне підживлення (С4) забезпечило максимальні значення без інокуляції: бутонізація – 16,8, початок цвітіння – 28,0, завершення цвітіння – 37,0 і 22,7 – у фазу дозрівання бобів, що перевищує контроль на 8,4%, 8,5%, 9,8% і 14,6% у відповідних фазах. Це свідчить про позитивний вплив позакореневих підживлень на формування бульбочок, ймовірно, через покращення поживного статусу рослин і стимуляцію росту кореневої системи, хоча без інокуляції ефект залишався обмеженим.

Інокуляція насіння препаратами Різолан + Різосейв значно посилила формування бульбочок на всіх фазах розвитку. На варіанті С1і (інокуляція без підживлення) кількість бульбочок становила 27,1 шт./рослину у фазу бутонізації, 38,5 – на початку цвітіння, 46,3 – у фазу завершення цвітіння та 31,4 – під час дозрівання бобів, що перевищує контроль (С1) на 74,8%, 49,2%, 37,4% і 58,6% відповідно. Застосування Азотофіту з Хелпрост соя/бор (С2і) і Органік балансу з Хелпрост соя/бор (С3і) підвищило ці показники.

Максимальні значення були зафіксовані на варіанті С4і за інокуляції Різолан + Різосейв та дворазового комплексного підживлення Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор: бутонізація – 28,8, початок цвітіння – 41,0, завершення цвітіння – 50,3 і 34,9 у період дозрівання бобів, що перевищує контроль на 85,8%, 58,9%, 49,3% і 76,3% у відповідних фазах. Це свідчить про синергічний ефект інокуляції та комплексного підживлення, що створює оптимальні умови для розвитку бульбочок і, ймовірно, забезпечує краще азотне живлення рослин.

Аналіз даних щодо динаміки загальної кількості бульбочок на коренях сої сорту Амадеус у фазах бутонізації, початку цвітіння, завершення цвітіння та дозрівання бобів дозволяє зробити детальні висновки стосовно ефективності застосованих агротехнічних заходів.

У варіантах без інокуляції кількість бульбочок була значно нижчою порівняно з інокульованими варіантами, що свідчить про обмежену природну здатність сорту Амадеус до формування симбіотичних структур без додаткової стимуляції. На контрольному варіанті (А1, без підживлення) кількість бульбочок становила

17,5 шт./рослину на фазі бутонізації, зростала до 28,8 на початку цвітіння, досягала піку 38,9 у фазі завершення цвітіння та спадала до 23,2 у фазу дозрівання бобів. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (А2) підвищило ці показники до 18,7, 30,7, 41,6 і 25,3 відповідно, що на 6,9-10,3% більше, ніж на контрольному варіанті. Використання Органік балансу (А3) дало схожі результати у різні фази розвитку сої (18,8, 30,9, 41,8, 25,4).

Таблиця 5.2

Динаміка загальної кількості бульбочок, (шт./рослину) на коренях сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень (у середньому за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Кількість бульбочок, шт./рослину			
			Бутонізація	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Дозрівання бобів
			середнє за 2022-2024 рр.			
Амадеус	Без інокуляції	1	17,5±0,2	28,8±0,6	38,9±0,6	23,2±0,4
		2	18,7±0,2	30,7±0,6	41,6±0,7	25,3±0,9
		3	18,8±0,2	30,9±0,7	41,8±0,7	25,4±0,9
		4	18,9±0,2	31,5±0,6	41,9±1,1	25,7±1,2
	Різолайн+ Різосейв	1	31,9±0,6	42,7±0,4	51,6±0,4	34,9±1,4
		2	33,6±0,6	45,2±0,4	54,9±0,9	38,1±1,7
		3	33,8±0,7	46,0±0,6	55,2±0,9	38,2±1,3
		4	34,0±0,6	46,6±0,8	55,6±1,2	38,6±1,2

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Комплексне підживлення Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор (А4) забезпечило максимальні значення без інокуляції: бутонізація – 18,9, початок цвітіння – 31,5, завершення цвітіння – 41,9 і дозрівання бобів – 25,7, що перевищує контроль на 8,0%, 9,4%, 7,7% і 10,8% у відповідних фазах. Це свідчить про позитивний, але обмежений вплив позакоренових підживлень на формування бульбочок без інокуляції, ймовірно, через стимуляцію росту кореневої системи та покращення поживного статусу рослин.

Інокуляція насіння препаратами Різолайн + Різосейв значно посилила формування бульбочок на всіх фазах розвитку, що підтверджує ефективність симбіотичних бактерій у стимуляції азотфіксації. На варіанті А1і (інокуляція без

підживлення) кількість бульбочок становила 31,9 шт./рослину у фазу бутонізації, 42,7 – на початку цвітіння, 51,6 – у фазу завершення цвітіння та 34,9 – у фазі дозрівання бобів, що перевищує контроль (A1) на 82,3%, 48,3%, 32,6% і 50,4% відповідно. Застосування Азотофіту з Хелпростом соя/бор (A2i) підвищило ці показники до 33,6, 45,2, 54,9 і 38,1 у відповідні фази розвитку сої. Використання Органік балансу (A3i) дало ще кращі результати: 33,8, 46,0, 55,2 і 38,2 відповідно.

Максимальні значення були зафіксовані на варіанті A4i (за інокуляції Різолاین + Різосейв та комплексного підживлення Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор): бутонізація – 34,0 шт./рослину, початок цвітіння – 46,6 шт./рослину, завершення цвітіння – 55,6 і 38,6 шт./рослину – у фазу дозрівання бобів, що перевищує контроль (A1) на 94,3%, 61,8%, 42,9% і 66,4% у відповідних фазах. Це свідчить про синергічний ефект інокуляції та комплексного підживлення, що створює оптимальні умови для розвитку бульбочок і, ймовірно, підвищує азотне живлення рослин.

Кількість і маса активних бульбочок на коренях сої є критично важливими показниками, що визначають ефективність симбіотичної азотфіксації, яка забезпечує рослини доступним азотом для росту та формування врожаю. На відміну від загальної кількості бульбочок, яка включає як активні, так і неактивні структури, кількість і маса активних бульбочок безпосередньо відображають інтенсивність біологічної фіксації азоту, оскільки лише активні бульбочки, що містять життєздатні бактерії роду *Rhizobium*, здатні ефективно перетворювати атмосферний азот у доступні для рослин сполуки. Цей процес не лише зменшує потребу в мінеральних азотних добривах, сприяючи екологічно безпечному землеробству, але й впливає на продуктивність культури, якість насіння та стійкість рослин до стресових умов.

Активні бульбочки відіграють ключову роль у забезпеченні сої азотом у критичні фази розвитку, такі як цвітіння та налив насіння, коли потреба в цьому елементі є максимальною. Їхня маса та кількість корелюють із рівнем азотфіксації, що, в свою чергу, впливає на синтез білків, ріст вегетативної маси та формування репродуктивних органів. Загальна кількість бульбочок, хоча й є важливим показником симбіотичного потенціалу, не завжди відображає реальну ефективність азотного живлення, оскільки значна частина бульбочок може бути неактивною через

недостатню життєздатність бактерій, стресові умови або дефіцит поживних речовин. Таким чином, оцінка активних бульбочок дозволяє точніше визначити внесок симбіозу в продуктивність сої та розробити оптимальні агротехнічні заходи, такі як інокуляція насіння та позакореневі підживлення, для стимуляції їхнього формування. У таблицях 5.3, 5.4 на основі трирічних досліджень аналізуються показники кількості активних бульбочок у сортів Самородок і Амадеус.

Таблиця 5.3

Динаміка кількості активних бульбочок, (шт./рослину) на коренях сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та позакореневих підживлень (у середньому за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Кі-сть активних бульбочок, шт./рослину			
			Бутонізація	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Дозрівання бобів
			середнє за 2022-2024 рр.			
Самородок	Без інокуляції	1	12,2±0,3	19,3±0,6	24,5±0,7	14,6±0,4
		2	13,2±0,3	20,8±0,4	26,4±0,7	16,5±0,6
		3	13,3±0,3	21,1±0,2	26,5 ±0,8	16,8±0,6
		4	13,5±0,3	21,3±0,6	26,6±0,8	17,0±0,4
	Різолайн+ Різосейв	1	20,5±0,7	28,0±0,6	33,1±0,9	22,8±0,7
		2	22,1±0,7	30,2±0,3	35,7±1,2	25,3±0,7
		3	22,3±0,7	30,6±0,6	35,9±1,3	25,6±0,7
		4	22,5±0,7	30,9±0,4	36,0±1,6	25,9±0,8

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Комплексне підживлення (С4) забезпечило максимальні значення без інокуляції: бутонізація – 13,5 шт./рослину, початок цвітіння – 21,3 шт./рослину, завершення цвітіння – 26,6 і дозрівання бобів – 17,0 шт./рослину, що перевищує контроль на 10,7%, 10,4%, 8,6% і 16,4% у відповідних фазах.

Інокуляція насіння препаратами Різолайн-р + Різосейв (С1і–С4і) значно підвищила кількість активних бульбочок на всіх фазах розвитку. На варіанті С1і (інокуляція без підживлення) кількість активних бульбочок становила: бутонізація – 20,5 шт./рослину, початок цвітіння – 28,0, завершення цвітіння – 33,1 та 22,8 шт./рослину під час дозрівання бобів, що перевищує контроль (С1) на 68,0%, 45,1%, 35,1% і 56,2% відповідно. Максимальні значення зафіксовано на варіанті С4і

(за інокуляції і комплексного підживлення): бутонізація – 22,5 шт./рослину, початок цвітіння – 30,9, завершення цвітіння – 36,0 і дозрівання бобів – 25,9 шт./рослину, що перевищує контроль на 84,4%, 60,1%, 46,9% і 77,4% у відповідних фазах.

Таблиця 5.4

Динаміка кількості активних бульбочок, (шт./рослину) на коренях сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень (у середньому за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Кі-сть бульбочок, шт./рослину			
			Бутонізація	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Дозрівання бобів
			середнє за 2022-2024 рр.			
Амадеус	Без інокуляції	1	13,8±0,1	21,7±0,3	27,4±0,7	17,3±0,6
		2	14,9±0,1	23,5±0,4	29,5±0,7	19,4±0,6
		3	15,1±0,1	23,7±0,6	29,7±0,7	19,7±0,6
		4	15,2±0,1	23,9±0,6	30,1±0,2	19,8±0,4
	Різолайн+ Різосейв	1	23,0±0,3	31,1±1,4	36,2±1,1	26,6±0,9
		2	24,9±0,3	33,7±1,1	39,2±1,4	29,1±0,3
		3	25,1±0,2	33,9±0,3	39,4±1,5	29,3±0,6
		4	25,4±0,2	34,0±0,4	40,0±1,6	29,5±0,6

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

На контрольному варіанті (А1, без підживлення) кількість активних бульбочок у сорту Амадеус становила 13,8 шт./рослину у фазу бутонізації, зростала до 21,7 на початку цвітіння, досягала максимуму 27,4 шт./рослину – на завершення цвітіння та спадала до 17,3 шт./рослину під час дозрівання бобів. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (А2) та Органік балансу із Хелпрост соя/бор (А3) підвищило ці показники.

Комплексне підживлення (А4) без інокуляції показало такі результати: бутонізація – 15,2, початок цвітіння – 23,9, завершення цвітіння – 30,1 і дозрівання бобів – 19,8 шт./рослину, що перевищує контроль на 10,1%, 10,1%, 9,9% і 14,5% у відповідних фазах.

Інокуляція насіння препаратами Різолайн + Різосейв значно посилила формування активних бульбочок на всіх фазах розвитку, що підтверджує високу ефективність симбіотичних бактерій у стимуляції азотфіксації.

Максимальні значення кількості активних бульбочок у сорту Амадеус зафіксовано на варіанті А4і (за комплексного підживлення): бутонізація – 25,4 шт./рослину, початок цвітіння – 34,0, завершення цвітіння – 40,0 і дозрівання бобів – 29,5 шт./рослину, що перевищує контроль на 84,1%, 56,7%, 46,0% і 70,5% у відповідних фазах. Це свідчить про значний ефект інокуляції та комплексного підживлення, які забезпечують оптимальні умови для функціонування активних бульбочок.

Окрім того, ще одним суттєвим показником активності фіксації азоту повітря соєю є маса бульбочок і тривалість їх функціонування. Тривалість функціонування активних бульбочок визначає період, протягом якого рослина отримує азот через симбіоз, що є особливо важливим у критичні фази розвитку, такі як цвітіння та налив насіння, коли потреба в азоті є максимальною. Ці показники впливають не тільки на врожайність і якість насіння, а й на екологічну стійкість агротехнологій, знижуючи залежність від мінеральних азотних добрив і сприяючи збереженню родючості ґрунтів.

За результатами досліджень, значення як загальної так і активної маси корневих бульбочок змінювалася подібно раніше проведеному аналізу динаміки кількості бульбочок (табл. 5.5 і 5.6).

Залежно від варіанту досліду у фазу бутонізації загальна маса бульбочок змінювалася від 31,4 до 52,5 мг/рослину. На контрольному варіанті відмічено найменші показники за кількістю загальної маси бульбочок і склали у сорту Самородок 31,4 мг/рослину.

Проте за проведення інокуляції насіння Різолайном у поєднанні з біопротектором Різосейв та за двократного внесення регулятора росту Азотофіт та біопрепарату Органік баланс у поєднанні з мікродробривами Хелпрост соя/бор у фазі 1-3 справжнього листка та у фазу бутонізації-цвітіння було отримано найбільшу загальну масу бульбочок у фазу бутонізації – 52,5 мг/рослину.

У подальшому спостерігалось зростання загальної маси бульбочок досягаючи свого максимуму у фазу завершення цвітіння від 319 мг/рослину на контрольному варіанті (С1 – безі інокуляції та підживлень) до 515 мг/рослину на варіанті С4і за

інокуляції та комплексного підживлення Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор. Після цього, у фазу дозрівання, загальна маса бульбочок різко зменшувалася, з 49 мг/рослину на абсолютному контролі (С1) до 97,3 мг/рослину на варіанті С4і відповідно.

Таблиця 5.5

Динаміка загальної маси бульбочок, (мг/рослину) на коренях сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та позакореневих підживлень (у середньому за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Загальна маса бульбочок, мг/рослину			
			Бутонізація	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Дозрівання бобів
			середнє за 2022-2024 рр.			
Самородок	Без інокуляції	1	31,4±0,4	241±6	319±7	49,0±4
		2	33,3± 0,6	248±4	326±9	51,0±4
		3	34,4± 0,9	249±5	329±9	60,9±6
		4	35,9±1,1	251±6	330±9	62,8±6
	Різолайн+ Різосейв	1	49,7± 0,4	493±9	508±7	93,8±3
		2	50,8±0,6	497±7	510±6	95,2±4
		3	51,7±0,9	499±7	513±6	96,6±3
		4	52,5± 0,9	501±7	515±6	97,3±3

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Подібні результати спостерігалися і у сорту Амадеус. Залежно від варіанту досліду у фазу бутонізації загальна маса бульбочок змінювалася від 35,3 до 59,5 мг/рослину. На контрольному варіанті відмічено найменші показники за кількістю загальної маси бульбочок і склали у сорту Амадеус – 35,3 мг/рослину. Проте, за проведення інокуляції насіння Різолайном та за двократного внесення органо-мінеральних добрив у фазу 1-3 справжнього листка (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя) та у фазу бутонізації-цвітіння (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост бор), було отримано найбільшу загальну масу бульбочок у фазу бутонізації – 59,5 мг/рослину.

У подальшому спостерігалось зростання загальної маси бульбочок, досягнувши свого максимуму у фазу завершення цвітіння, збільшилися з 327 мг/рослину на контрольному варіанті (А1 – безінокуляції та підживлень) до 586 мг/рослину на

варіанті А4і за інокуляції та комплексного підживлення Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор. Після цього, у фазу дозрівання загальна маса бульбочок різко зменшувалась з 52 мг/рослину на абсолютному контролі (А1) до 109 мг/рослину на варіанті А4і відповідно.

Таблиця 5.6

Динаміка загальної маси бульбочок, (мг/рослину) на коренях сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень (у середньому за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Загальна маса бульбочок, мг/рослину			
			Бутонізація	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Дозрівання бобів
			середнє за 2022-2024 рр.			
Амадеус	Без інокуляції	1	35,3±1,2	250±4	327±8	52,0±4
		2	36,4±0,3	256±6	337±8	55,2±4
		3	37,9±0,5	260±6	340±8	56,2±4
		4	38,7±0,5	262±6	351±8	57,8±4
	Різолاین+ Різосейв	1	56,1±0,8	503±7	579±14	102±1
		2	57,3±0,7	504±7	581±15	104±2
		3	59,2±1,1	508±7	586±15	107±3
		4	59,5±1,2	509±7	586±15	109±2

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

У таблиці представлені дані про динаміку активної маси бульбочок на коренях сої сортів Самородок і Амадеус в середньому за три роки (табл. 5.7 і 5.8). Дослідження акцентує увагу на синергічному ефекті застосовуваних елементів технології вирощування, що сприяє підвищенню маси активних бульбочок і, відповідно, ефективності азотфіксації у ключові фази розвитку рослин сої.

Щодо активної маси бульбочок у сорту Самородок, то залежно від варіанту досліду у фазу бутонізації загальна маса бульбочок змінювалася від 24,7 на контрольному варіанті С1 (без інокуляції і підживлень) до 40,7 мг/рослину на варіанті С4і (за інокуляції і комплексних підживлень Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор). Згодом маса бульбочок поступово зростала на початку цвітіння від 190 мг/рослину (С1) до 388 мг/рослину (С4і) і досягала свого максимуму у фазу завершення цвітіння: від 252 мг/рослину на контролі до 399 мг/рослину за інокуляції

та комплексних позакореневих підживлень відповідно до попередніх фаз розвитку сої.

Таблиця 5.7

Динаміка активної маси бульбочок, (мг/рослину) на коренях сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та позакореневих підживлень (у середньому за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Активна маса бульбочок, мг/рослину			
			Бутонізація	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Дозрівання бобів
			середнє за 2022-2024 рр.			
Самородок	Без інокуляції	1	24,7±0,6	190±7	252±9	39±3
		2	25,8±0,8	192±7	253±9	39±3
		3	26,7±0,9	193±7	255±9	47±6
		4	27,8±0,7	195±8	256±9	48,7±6
	Різолайн+ Різосейв	1	38,5±1,1	382±7	394±8	72,7±4
		2	39,4±0,9	386±7	396±9	73,8±4
		3	40,1±0,9	387±7	397±9	74,9±4
		4	40,7±1,1	388±7	399±10	75,4±4

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Потім у фазу дозрівання загальна маса бульбочок різко зменшувалась до рівня 39 мг/рослину на абсолютному контролі (С1) до 75,4 мг/рослину на варіанті С4і відповідно.

Динаміка активної маси бульбочок у сорту Амадеус розвивалась за тією ж схемою. Залежно від варіанту досліду у фазу бутонізації загальна маса бульбочок змінювалася від 27,8 на контрольному варіанті А1 (без інокуляції і підживлень) до 46,1 мг/рослину на варіанті А4і (за інокуляції і комплексних підживлень Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор, поступово зростала на початку цвітіння від 197 мг/рослину (А1) до 394 мг/рослину (А4і) і досягала свого максимуму у фазу завершення цвітіння від 258 мг/рослину на контролі до 454 мг/рослину за інокуляції та комплексних позакореневих підживлень відповідно до попередній фаз розвитку сої.

Потім у фазу дозрівання загальна маса бульбочок різко зменшувалась досягнувши рівня 40,7 мг/рослину на абсолютному контролі (А1) та 84,3 мг/рослину на варіанті А4і відповідно.

Таблиця 5.8

Динаміка активної маси бульбочок, (мг/рослину) на коренях сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень (у середньому за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Активна маса бульбочок, мг/рослину			
			Бутонізація	Початок цвітіння	Завершення цвітіння	Дозрівання бобів
			середнє за 2022-2024 рр.			
Амадеус	Без інокуляції	1	27,8±0,7	197±9	258±9	40,7±4
		2	28,2±0,7	199±9	261±9	42,8±4
		3	29,4±0,2	202±9	263±8	43,6±4
		4	30,0± 0,3	203±9	272±8	44,8±5
	Різолайн+ Різосейв	1	43,5±0,6	390±7	449±10	79,2±5
		2	44,4±0,8	390±7	450±10	80,4±5
		3	45,9±1,4	394±8	454±9	82,9±5
		4	46,1± 0,9	394±8	454±9	84,3±6

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Отже, найвищі показники симбіотичного апарату (кількість і маса бульбочок) рослин сої формувалися у фазу завершення цвітіння за сумісного застосування біоінокулянта Різолайн біопротектора Різосейв та дворазового внесення біопрепарата Органік баланс і регулятора росту Азотофіт у поєднанні з зелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор. У результаті у сорту Самородок було сформовано 50,3 шт. бульбочок на рослину, з яких 36,0 – активних), а у сорту Амадеус – 55,6 шт/рослину, з них активні – 40,0 шт./рослині. Це вище ніж на абсолютному контрольному варіанті у сорту Самородок загальної кількості бульбочок на 16,6, з них активні – 11,5 шт/рослину та у сорту Амадеус – 16,7 шт/рослину, з них активних – 12,6 шт/рослину відповідно. Також на цьому варіанті було отримано найбільшу як загальну, так і активну масу бульбочок у сорту Самородок – 515 та 399 мг/рослину, а у сорту Амадеус – 586 та 454 мг/рослину, відповідно. Це вище ніж на контрольному варіанті у сорту Самородок на 196 мг/рослину загальної маси бульбочок, з них активної – 147 мг/рослину та у сорту Амадеус – 259 мг/рослину загальної маси та 196 мг/рослину активної маси бульбочок відповідно.

5.2. Формування загального і активного симбіотичних потенціалів залежно від інокуляції та позакореневих підживлень

Одним з ключових показників, які дозволяють оцінити ефективність бобово-ризобіального симбіозу впродовж вегетаційного періоду є загальний та активний симбіотичний потенціал, величина якого визначається тривалістю роботи симбіотичного апарату. Зазвичай значення ЗСП більші за значення АСП, оскільки загальний симбіоз триває від появи перших бульбочок на коренях рослин до повного їх розпаду, при цьому період активного симбіозу обмежується часом від появи до руйнування в бульбочках червоного пігменту [27, 28]. Активний симбіотичний потенціал є акумулюючим показником маси бульбочок і тривалості їх функціонування та визначає вплив окремих факторів на бобово-ризобіальний симбіоз. За оптимальних умов симбіозу активний симбіотичний потенціал зернобобових культур досягає 25 тис. одиниць [29].

За результатами проведених досліджень було встановлено, що інокуляція насіння та позакореневі підживлення позитивно впливали на формування, як загального, так і активного симбіотичного потенціалу.

У сорту Амадеус на варіантах без інокуляції тривалість симбіозу та симбіотичний потенціал були нижчими, що підтверджує обмежену природну здатність сої до ефективної азотфіксації без введення активних штамів бактерій (табл. 5.9).

На контрольному варіанті (А1, без підживлення) тривалість загального симбіозу становила 84 доби, активного – 74 доби, із загальним симбіотичним потенціалом 18,0 тис. кг·діб/га та активним – 12,5 тис. кг·діб/га. Водночас застосування комплексного підживлення (А4) забезпечило максимальні значення без інокуляції: тривалість загального симбіозу склала 86 діб, тривалість активного симбіозу – 77 діб, із симбіотичним потенціалом 19,7 і 13,7 тис. кг·діб/га відповідно. Ці показники перевищують контроль на 9,4% (загальний) і 9,6% (активний), що свідчить про позитивний вплив позакореневих підживлень на тривалість і ефективність симбіозу.

Таблиця 5.9

Динаміка формування загального і активного симбіотичного потенціалу сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень, тис. кг·діб/га (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Фаза бутонізації – повної стиглості бобів			
			Тривалість симбіозу, діб		Симбіотичний потенціал, тис. кг діб / га	
			Загальна	Активна	Загальний	Активний
			середнє за 2022-2024 рр.			
Амадеус	Без інокуляції	1	84±5	74±3	18,0±0,72	12,5±0,76
		2	86±4	76±3	19,0±0,64	13,1±0,96
		3	86±4	76±3	19,2±0,69	13,2±0,79
		4	86±4	77±4	19,7±0,67	13,7±0,81
	Різолайн+ Різосейв	1	87±4	77±3	34,3±0,80	23,7±0,93
		2	89±5	79±4	35,3±0,8	24,5±0,96
		3	89±4	79±3	35,6±0,84	24,7±0,92
		4	91±5	81±4	36,5±0,83	25,5±0,78

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Обробка насіння біоінокулянтном Різолайн і біопротектором Різосейв значно посилила формування симбіотичного потенціалу, подовживши тривалість симбіозу та підвищивши його продуктивність. На варіанті А1і (інокуляція без підживлення) тривалість загального симбіозу становила 87 діб, активного – 77 діб, із загальним симбіотичним потенціалом 34,3 тис. кг·діб/га та активним – 23,7 тис. кг·діб/га. Це перевищує контроль (А1) на 90,6% для загального симбіозу та на 89,6% для активного. Застосування Азотофіту з Хелпростом (А2і) подовжило тривалість симбіозу до 89 діб (загальний) і 79 діб (активний), із симбіотичним потенціалом 35,3 і 24,5 тис. кг·діб/га відповідно, що на 96,1% і 96,0% більше, ніж на контрольному варіанті. Використання Органік балансу (А3і) дало ще кращі результати: тривалість симбіозу була 89 діб (загальний) і 79 діб (активний), із симбіотичним потенціалом 35,6 і 24,7 тис. кг·діб/га відповідно.

Максимальні значення симбіотичного потенціалу зафіксовано на варіанті А4і (за інокуляції Різолайн + Різосейв та комплексного підживлення Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор). У цьому варіанті тривалість симбіозу становила

91 добу (загальний) і 81 добу (активний), із симбіотичним потенціалом 36,5 і 25,5 тис. кг·діб/га, що перевищує контроль на 102,8% (загальний) і 104,0% (активний). Це вказує на синергічний ефект інокуляції та комплексного підживлення, що забезпечує оптимальні умови для тривалого функціонування бульбочок і максимальної азотфіксації.

Подібну ситуацію ми бачимо у сорту Самородок (табл. 5.10). На контрольному варіанті (С1, без підживлення) тривалість загального симбіозу становила 80 діб, активного – 71 добу, із загальним симбіотичним потенціалом 16,5 тис. кг·діб/га та активним – 11,5 тис. кг·діб/га. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (С2) та Органік балансу із Хелпрост соя/бор (С3) дало дещо кращі результати. Комплексне підживлення (С4) забезпечило максимальні значення без інокуляції: тривалість симбіозу 82 доби (загальний) і 73 доби (активний), із симбіотичним потенціалом 17,9 і 12,3 тис. кг·діб/га відповідно, що на 8,5% (загальний) і 7,0% (активний) більше, ніж на контролі.

Це свідчить про позитивний вплив позакореневих підживлень на тривалість і ефективність симбіозу, ймовірно, через покращення поживного статусу рослин, хоча ефект залишався обмеженим без інокуляції.

Інокуляція насіння препаратами Різоланн + Різосейв значно подовжила тривалість симбіозу та підвищила його продуктивність. На варіанті С1і (інокуляція без підживлення) тривалість загального симбіозу становила 83 доби, активного – 73 доби, із загальним симбіотичним потенціалом 29,9 тис. кг·діб/га та активним – 20,4 тис. кг·діб/га, що перевищує контроль (С1) на 81,2% (загальний) і 77,4% (активний). Застосування Азотофіту з Хелпростом та Органік балансу з Хелпростом (С2і-С3і) показало проміжний ефект.

Максимальні значення зафіксовано на варіанті С4і (за інокуляції та дворазового комплексного позакореневого підживлення): тривалість симбіозу 85 діб (загального) і 76 діб (активного), із симбіотичним потенціалом 31,2 і 21,6 тис. кг·діб/га відповідно, що перевищує контроль на 89,1% (загальний) і 87,8% (активний).

Таблиця 5.10

Динаміка формування загального і активного симбіотичного потенціалу сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень, тис. кг·діб/га (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Фаза бутонізації – повної стиглості бобів			
			Тривалість симбіозу, діб		Симбіотичний потенціал, тис. кг діб / га	
			Загальна	Активна	Загальний	Активний
			середнє за 2022-2024 рр.			
Самородок	Без інокуляції	1	80±3	71±3	16,5±73	11,5±0,66
		2	82±4	73±3	17,4±0,78	12,0±0,76
		3	82±4	73±3	17,7±0,73	12,2±0,74
		4	82±4	73±3	17,9±0,70	12,3±0,74
	Різолайн+ Різосейв	1	83±4	73±3	29,9±0,72	20,4±0,78
		2	84±4	74±3	30,6±0,82	20,9±0,89
		3	85±4	75±3	31,0±0,77	21,3±0,98
		4	85±4	76±3	31,2±0,87	21,6±0,75

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

**Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]*

Це вказує на синергічний ефект інокуляції та комплексного підживлення, що забезпечує оптимальні умови для тривалого функціонування бульбочок і максимальної азотфіксації.

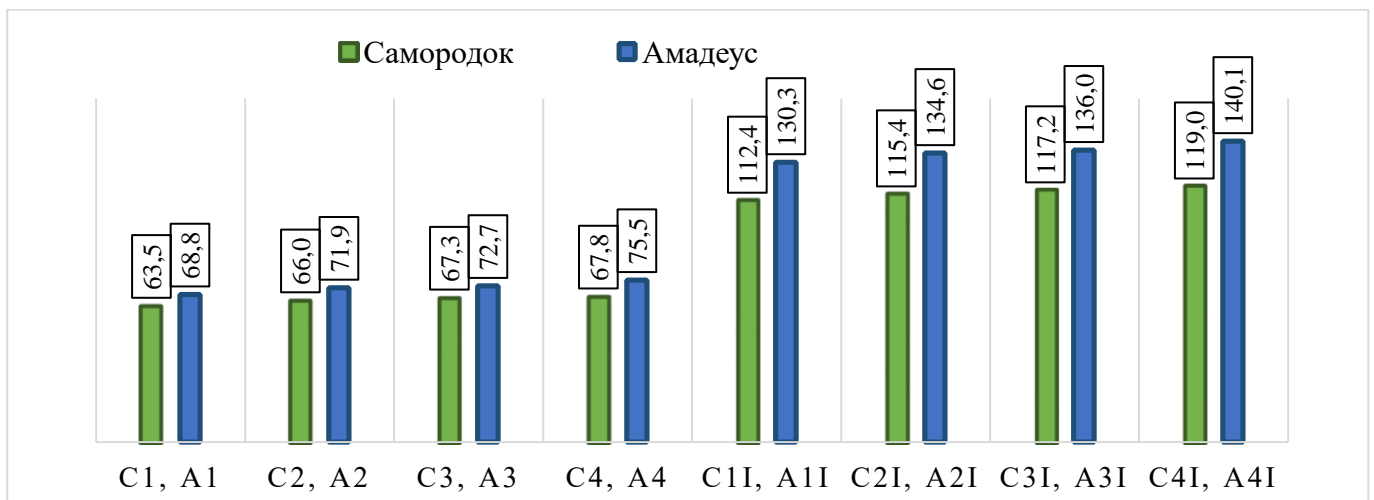
Інокуляція насіння дійсно мала суттєвий вплив на формування величини загального і активного симбіотичного потенціалу. Це полягало у кращому заселенні коренів рослин симбіотичними бактеріями та формуванні у сукупності як більшої кількості, так і маси бульбочок.

Як тривалість симбіозу, так і маса бульбочок безпосередньо визначають показники загального симбіотичного потенціалу (ЗСП) та активного симбіотичного потенціалу (АСП). Інокуляція насіння подовжувала тривалість як загального, так і активного симбіозу у сорту Самородок на 3 та 2 доби, а у сорту Амадеус на 3 доби, відповідно. Серед варіантів дослідження найбільш ефективними для формування тривалого періоду симбіозу були ті, що включали інокуляцію насіння Різолайном у комплексі з Різосейвом і двократне внесення органо-мінеральних добрив у фазу 1-3 трійчастого листка: Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя та у фазу

бутонізації-початку цвітіння: Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост бор. Було отримано найвищі показники тривалості ЗСП і АСП у досліді у фазу завершення цвітіння у сорту Самородок – 85 діб та 76 діб відповідно, а у сорту Амадеус – 91 добу та 81 добу відповідно, що вище порівняно із абсолютним контролем на 5 діб та 7 діб.

На цьому ж варіанті відмічено найвищі показники загального та активного симбіотичного потенціалу, які склали у сорту Самородок – 31,2 та 21,6 тис. кг діб/га, а у сорту Амадеус – 36,5 та 25,5 тис. кг діб/га, що вище порівняно із абсолютним контролем на 14,7 кг діб / га ЗСП та 10,1 кг діб / га АСП у сорту Самородок та 18,5 кг діб/га ЗСП та 13,0 тис. кг діб/га АСП у сорту Амадеус відповідно.

За результатами досліджень встановлено, що величина і тривалість симбіозу сої залежала від інокуляції, позакореневих підживлень та сорту, що в кульмінаційному моменті значно вплинуло на кількість біологічно фіксованого азоту посівами (рис. 5.1).



Примітка: С – сорт Самородок, А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1].

Рис. 5.1. Кількість біологічно-фіксованого азоту, кг/га

Серед варіантів досліді найбільш ефективними для рівня накопичення кількості біологічно фіксованого азоту були ті, що включали передпосівну обробку насіння Різотайном у комплексі з Різосейвом і двократне внесення органо-мінеральних добрив на у фазу 1-3 справжнього листка – Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя,

а у фазу бутонізації-початку цвітіння – Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост бор. Найвищу кількість біологічно фіксованого азоту було отримано у сорту Самородок – 119,0 кг/га, а у сорту Амадеус – 140,1 кг/га, що вище порівняно із контрольним варіантом на 55,6 та 71,3 кг/га відповідно.

Найбільшу кількість азоту фіксували рослини сорту Амадеус, який характеризувався тривалішим періодом симбіозу та вищими показниками АСП, що позитивно вплинуло на кількість біологічно фіксованого азоту.

Висновки до розділу 5:

1. У всіх варіантах спостерігається типова тенденція до зростання кількості бульбочок від бутонізації до завершення цвітіння з подальшим спадом на фазі дозрівання бобів, що відображає зміну потреби рослин в азоті протягом вегетаційного періоду.

Пік загальної кількості бульбочок у сорту Самородок припадає на фазу завершення цвітіння, коли рослини активно формують боби: 33,7-37,0 (без інокуляції) і 46,3-50,3 (з інокуляцією). Спад на дозріванні бобів (до 19,8-22,7 без інокуляції та 31,4-34,9 з інокуляцією) пов'язаний із природним зниженням активності азотфіксації на пізніх етапах розвитку, коли рослини перерозподіляють ресурси на дозрівання насіння.

Пік кількості активних бульбочок припадає на фазу завершення цвітіння, коли рослини мають найбільшу потребу в азоті для формування бобів: 24,5-26,6 (без інокуляції) і 33,1-36,0 (з інокуляцією). Спад на дозріванні бобів (до 14,6-17,0 без інокуляції та 22,8-25,9 з інокуляцією), пов'язаний зі зменшенням активності азотфіксації в пізніших фазах розвитку, коли рослини спрямовують ресурси на дозрівання насіння.

У сорту Амадеус найвища загальна кількість бульбочок припадає на фазу завершення цвітіння, коли рослини активно формують боби: 38,9-41,9 (без інокуляції)

і 51,6-55,6 (з інокуляцією). Спад на дозріванні бобів (до 23,2-25,7 без інокуляції та 34,9-38,6 з інокуляцією).

Для сорту Амадеус найвища кількість активних бульбочок припадає на фазу завершення цвітіння, коли рослини мають найбільшу потребу в азоті для формування бобів: 27,4-30,1 (без інокуляції) і 36,2-40,0 (з інокуляцією). Спад активності утворення бульбочок спостерігалась у фазу дозрівання бобів (до 17,3-19,8 без інокуляції та 26,6-29,5 з інокуляцією).

2. Інокуляція Різоланн + Різосейв у поєднанні з комплексним підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) забезпечила максимальний симбіотичний потенціал для обох сортів: у Амадеуса 36,5 (загальний) і 25,5 тис. кг·діб/га (активний) (А4і), у Самородка – 31,2 і 21,6 тис. кг·діб/га (С4і). Інокуляція підвищила загальний потенціал на 90,6-102,8% у Амадеуса і на 81,2-89,1% у Самородка порівняно з контролем, а активний – на 89,6-104,0% і 77,4-87,8% відповідно. Позакореневі підживлення без інокуляції мали менший ефект: у Амадеуса зростання становило 5,6-9,4% (загальний) і 4,8-9,6% (активний), у Самородка – 5,5-8,5% і 4,3-7,0% відповідно. Амадеус виявився більш чутливим до інокуляції, демонструючи більший приріст симбіотичного потенціалу.

Амадеус перевищує Самородок за тривалістю симбіозу (на 4-6 діб загального і 3-5 діб активного) та симбіотичним потенціалом (на 9,1-17,0% загального і 8,7-18,1% активного), що вказує на його вищу здатність до азотфіксації та кращу адаптацію до симбіотичних умов. Для обох сортів інокуляція Різоланн + Різосейв із комплексним підживленням Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор є оптимальним агротехнічним заходом, але Амадеус має більший потенціал для накопичення симбіотичного ресурсу ніж сорт Самородок.

Дані цього розділу використано автором у своїх публікаціях [1-2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Korobko A.A., Kravets R.A., Mazur O.V., Mazur O.V., Shevchenko N.V. Nitrogen-Fixing Capacity of Soybean Varieties Depending on Seed Inoculation and Foliar Fertilization with Biopreparations. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. № 25(4). P. 23 – 37. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/183497>. URL: http://www.jeeng.net/pdf-183497-106561?filename=Nitrogen_Fixing%20Capacity.pdf
2. Коробко А.А. Азотфіксуюча здатність адаптивних сортів сої залежно від інокуляції та підживлень біопрепаратами в умовах трансформації клімату. *Сучасні технології в рослинництві: тези Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослинника Рожественського Бориса Миколайовича 27–28 листопада 2024 року. м. Харків. 2024. С. 229-232.*

РОЗДІЛ 6. УРОЖАЙНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ, ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ПОЗАКОРЕНЕВИХ ПІДЖИВЛЕНЬ

6.1. Вплив інокуляції та позакореневих підживлень на елементи структури врожаю рослин сої

На продуктивність окремих рослин сої впливають фактори, необхідні для їх життєдіяльності. Від них залежить формування основних компонентів врожаю: кількість стручків на рослині, кількість насінин у одному стручку, маса насіння з рослини та маса 1000 насінин. Ефективне поєднання агротехнічних прийомів та оптимальних гідротермічних умов сприяє отриманню високого врожаю сої [1, 2].

Дослідженнями Мостипан О.В., Грабовського М.Б., Шевнікова М.Я. та Міленко О.Г. встановлено, що продуктивність сої залежить від комплексу факторів, серед яких ключову роль відіграють сорт, норма висіву та система догляду за посівами. Виявлено їх суттєвий вплив на кількісні та якісні характеристики врожаю, зокрема на кількість сформованих рослиною бобів та насінин, їх масу, висоту прикріплення першого боба, а також масу 1000 насінин [3, 4]

Одним із ключових факторів, що визначають врожайність сої, є кількість бобів на рослину. Проте цей показник характеризується високою мінливістю та залежить від багатьох факторів. За різними даними, кількість бобів на одній рослині може варіюватися від 10 до 500 штук. У пазухах листків сої формується від 3 до 35 квіток, але через значний рівень абортів зав'язей (36-81%), зумовлений впливом несприятливих умов навколишнього середовища та фізіологічними особливостями розвитку рослин, кількість сформованих бобів є значно меншою. Так, у пазусі листка зазвичай формується до 12 бобів, тоді як у верхівковій китиці цей показник може досягати 30 штук [1, 2].

Врожайність сої залежить від низки взаємопов'язаних факторів, що визначають структуру врожаю. Просте збільшення одного з цих показників не гарантує підвищення врожайності. Високу урожайність можна досягти лише за умови оптимального поєднання всіх компонентів структури врожаю та застосування ефективних агротехнічних методів.

Особливу увагу слід приділяти ранньоквітучим сортам сої, оскільки вони мають подовжений період наливу бобів, що сприяє формуванню більшого насіння. У посушливих умовах такі сорти краще використовують обмежені опади. Ключовим фактором, що визначає кількість насінин на рослині, є кількість бобів і насінин у кожному бобі.

Висота рослин сої та висота прикріплення нижнього боба є важливими морфологічними показниками, які впливають на врожайність та зручність збирання. Висота рослин визначає загальну біомасу та кількість потенційних місць для формування бобів, тоді як висота прикріплення нижнього боба впливає на втрати при механізованому збиранні. У додатках К1-К2 та таблиці 6.1 представлено результати досліджень, що відображають вплив інокуляції насіння та підживлення на висоту рослин сої та висоту прикріплення нижнього боба.

Таблиця 6.1

Висота рослин та висота прикріплення нижнього боба залежно від інокуляції та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Висота рослин, см	Висота прикріплення нижнього боба, см
Самородок	Без інокуляції	1	82±2,1	9,82±0,5
		2	85±2,5	11,23±0,2
		3	90±1,7	11,30±0,2
		4	92±2,6	12,53±0,1
	Різолайн+ Різосейв	1	91±4,9	10,50±0,1
		2	95±4,0	11,88±0,3
		3	97±4,6	12,05±0,2
		4	99±4,7	12,50±0,2
Амадеус	Без інокуляції	1	73±11,8	9,30±0,3
		2	77±14,2	10,50±0,2
		3	78±14,5	10,65±0,2
		4	82±14,2	10,78±0,2
	Різолайн+ Різосейв	1	79±15,6	9,75±0,2
		2	84±15,0	11,13±0,1
		3	85±14,8	11,23±0,1
		4	89±13,3	11,45±0,1

Примітка: А – сорт Амадеус, С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Висота рослин сорту Самородок значно перевищує висоту рослин сорту Амадеус у всіх варіантах. На контрольному варіанті (С1) висота рослин сорту Самородок становить 82 см, тоді як у Амадеуса (А1) – 73 см. Найбільша висота рослин сої була відмічена на варіанті за інокуляції Різоланн + Різосейв та комплексному підживленні Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор у сорту Самородок – 99 см (С4і), та у Амадеуса – 89 см (А4і). Це свідчить про генетичну схильність Самородка до формування вищих рослин.

Висота прикріплення нижнього боба у Самородка на контролі (С1) становить 9,82 см, тоді як у Амадеуса (А1) – 9,30 см. На варіанті за інокуляції та комплексного дворазового позакореневого підживлення (С4і проти А4і) Самородок досяг 12,50 см, а Амадеус – 11,45 см.

Кількість продуктивних міжвузлів на рослинах сої є важливим показником, який безпосередньо впливає на формування врожайності культури. Продуктивні міжвузля визначають кількість бобів, які може сформувати рослина, оскільки саме на міжвузлях розташовуються репродуктивні органи – боби, що містять насіння. Чим більше продуктивних міжвузлів, тим більша кількість бобів. Це, в свою чергу, впливає на кількість насінин у бобі та масу 1000 насінин, що сприяє підвищенню загальної маси врожаю з одиниці площі.

Цей показник залежить від генетичних особливостей сорту, умов вирощування (освітлення, вологість, живлення), а також агротехнічних заходів, таких як інокуляція насіння та позакореневі підживлення, які впливають на ріст і розвиток рослин, зокрема на формування міжвузлів (результати досліджень подано в додатках К1-К2 та таблиці 6.2).

Збільшення кількості продуктивних міжвузлів також сприяє кращому розподілу репродуктивних органів по висоті рослини, що може зменшити конкуренцію між бобами за поживні речовини та світло, а також полегшити механізоване збирання врожаю. У цьому контексті вивчення впливу інокуляції та підживлень на кількість продуктивних міжвузлів є важливим для оптимізації технологій вирощування сої, підвищення її продуктивності та забезпечення сталого сільськогосподарського виробництва.

Проаналізувавши дані, можна зробити висновки щодо ефективності агротехнічних заходів для підвищення продуктивності сої та порівняння сортових особливостей.

Таблиця 6.2

Кількість продуктивних міжвузлів і бобів на рослинах сої залежно від інокуляції та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Кі-сть продуктивних вузлів на рослині, шт	Кі-сть бобів на 1 рослині, шт
Самородок	Без інокуляції	1	17,27±0,8	40,93±1,5
		2	19,77±0,6	43,10±1,2
		3	20,53±1,0	44,10±1,4
		4	22,00±0,6	45,90±0,6
	Різолайн+ Різосейв	1	21,73±1,1	45,23±0,6
		2	24,20±0,8	48,97±1,2
		3	25,07±1,1	50,37±0,7
		4	27,65±0,5	52,63±1,7
Амадеус	Без інокуляції	1	18,13±0,4	44,70±2,1
		2	20,03±1,3	46,41±1,4
		3	20,70±0,2	47,03±1,5
		4	22,83±0,7	47,97±2,0
	Різолайн+ Різосейв	1	22,63±1,3	46,67±2,1
		2	24,50±1,0	49,93±1,0
		3	25,40±0,7	50,60±1,6
		4	28,87±1,7	53,33±1,9

Примітка: А – сорт Амадеус, С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

У сорту Самородок кількість продуктивних міжвузлів на контролі (С1) становила 17,27 шт., у сорту Амадеус (А1) – 18,13 шт., що на 4,9% більше. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (С2/А2) підвищило показник до 19,77 шт. для Самородка і 20,03 шт. для Амадеуса. Застосування Органік балансу із Хелпрост соя/бор у сорту Самородок на варіанті С3 збільшило кількість продуктивних міжвузлів до 20,53 шт, а у сорту Амадеус на варіанті А3 – 20,70 шт. Комплексне підживлення без застосування інокуляції (С4/А4) забезпечило збільшення кількості продуктивних міжвузлів до 22,00 шт. у сорту Самородок (на 27,4% більше від контролю) і 22,83 шт. для сорту Амадеус (на 25,9% більше за контрольний варіант). Амадеус стабільно перевищував Самородок за кількістю

міжвузлів у варіантах без інокуляції, але різниця зменшувалася при інтенсивніших підживленнях.

На варіантах з інокуляцією Різолан + Різосейв (C1i/A1i) у сорту Самородок кількість продуктивних міжвузлів становила 21,73 шт., у сорту Амадеус – 22,63 шт. Максимальне значення по кількості продуктивних міжвузлів було сформовано на варіантах C4i/A4i: 27,65 шт. для Самородка (на 60,0% більше, ніж на контрольному варіанті C1) і 28,87 шт. для сорту Амадеус (на 59,2% більше, ніж на контрольному варіанті A1).

Аналіз кількості бобів на рослинах досліджуваних сортів показав наступні результати. В середньому за три роки сорт Самородок на контрольному варіанті (C1) сформував 40,93 бобів, а сорт Амадеус (A1) – 44,70 бобів. У сорту Самородок комплексне підживлення (C4) забезпечило збільшення кількості бобів до 45,90 шт. (на 12,1% більше за контроль), а у сорту Амадеус на варіанті (A4) – 47,97 шт. (на 7,3% більше за контроль). Амадеус переважав за кількістю бобів на рослині у всіх варіантах без інокуляції.

Проведення інокуляції Різоланом у поєднанні з біопротектором Різосейв посилило формування бобів. В середньому за три роки досліджень на варіанті за інокуляції, але без застосування підживлень (C1i) сорт Самородок сформував 45,23 бобів на 1 рослині, Амадеус (A1i) – 46,67 бобів на 1 рослині. Максимальне значення кількості бобів на одній рослині у сорту Самородок було сформовано на варіанті C4i – 52,63 шт. (на 28,6% більше ніж на контролі) і 53,33 шт для Амадеуса (A4i) – на 19,3%. Сорт Амадеус перевищив Самородок на 1,3% у варіанті C4i/A4i, показавши більший приріст бобів.

Маса 1000 насінин, маса зерна та кількість насінин з однієї рослини (результати досліджень по сортах Самородок і Амадеус подано у додатках Л1-Л2 і таблицях 6.3, 6.4) є ключовими показниками структури врожаю сої, які мають вирішальний вплив на кінцеву врожайність і якість насінневого матеріалу.

Маса 1000 насінин відображає розмір і наповненість насінин, що є важливим для оцінки їхньої товарної цінності, посівних якостей і стійкості до стресових умов, а також впливає на загальну масу врожаю з одиниці площі. Маса зерна з однієї рослини

вказує на продуктивність окремої рослини, що залежить від кількості бобів і насінин, а також їхньої ваги, і є прямим показником ефективності використання поживних речовин, зокрема азоту, отриманого через симбіотичну азотфіксацію.

Кількість насінин з однієї рослини визначає репродуктивний потенціал рослини, впливаючи на густоту продуктивного стеблостою та загальну продуктивність посіву. Ці показники тісно пов'язані з агротехнічними заходами, такими як інокуляція насіння та позакореневі підживлення, які сприяють кращому азотному живленню та формуванню репродуктивних органів. Вивчення цих параметрів є важливим для оптимізації технологій вирощування сої, підвищення її врожайності та забезпечення високої якості насіння.

Таблиця 6.3

Індивідуальна продуктивність рослин сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння та позакореневих підживлень (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Кі-сть насіння на 1 рослині, шт	Маса зерна з 1 рослини, г	Маса 1000 насінин, г
Самородок	Без інокуляції	1	76,1±1,8	11,6±0,9	152,3±14,5
		2	85,2±1,9	13,4±0,3	157,4±3,3
		3	88,7±2,3	13,8±0,4	155,5±6,9
		4	91,7±0,6	14,8±0,7	161,5±7,5
	Різолайн+ Різосейв	1	91,0±0,9	14,4±0,4	157,8±5,5
		2	95,8±3,3	16,0±0,6	167,1±7,6
		3	98,5±3,9	16,4±0,2	166,9±5,4
		4	101,3±4,5	17,2±0,3	170,1±5,9

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Аналіз даних дозволяє зробити детальні висновки щодо ефективності агротехнічних заходів для підвищення продуктивності сої.

Схожа залежність між варіантами була у сорту Самородок. На варіанті без інокуляції та підживлень (С1) кількість насінин на рослині становила 76,1 шт., маса зерна з однієї рослини – 11,6 г, а маса 1000 насінин – 152,3 г. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (С2) та використання Органік балансу із Хелпрост соя/бор (С3) дало дещо кращі результати. Комплексне підживлення (С4)

забезпечило максимальні значення без інокуляції: кількість насінин 91,7 шт. (на 20,5%), маса зерна 14,8 г (на 27,6%) і маса 1000 насінин 161,5 г (на 6,0%).

На варіанті С1і (інокуляція без підживлення) кількість насінин на рослині становила 91,0 шт. (на 19,6% більше, ніж у контролі), маса зерна – 14,4 г (на 24,1%), а маса 1000 насінин – 157,8 г (на 3,6%). Максимальні значення зафіксовано у варіанті С4і (інокуляція + комплексне підживлення): кількість насінин 101,3 шт. (на 33,1%), маса зерна 17,2 г (на 48,3%) і маса 1000 насінин 170,1 г (на 11,7%). Це демонструє взаємодію між інокуляцією та комплексним підживленням, що створює оптимальне середовище для збільшення кількості насінин, покращення їх наливу та підвищення маси зерна з рослини.

Таблиця 6.4

Індивідуальна продуктивність рослин сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Кі-сть насіння на 1 рослині, шт	Маса зерна з 1 рослини, г	Маса 1000 насінин, г
Амадеус	Без інокуляції	1	90,2±1,6	13,5±0,3	154,0±0,7
		2	90,9±3,9	15,0±0,8	165,5±8,7
		3	93,0±2,6	15,8±1,3	169,6±9,3
		4	95,6±2,8	16,6±0,2	173,8±2,7
	Різотайн+ Різосейв	1	90,6±2,1	14,9±0,2	164,3±2,4
		2	99,6±2,9	17,5±0,6	175,3±4,6
		3	100,2±2,3	17,8±0,5	177,3±4,1
		4	105,1±2,2	19,0±0,5	180,4±2,0

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

На контрольному варіанті (А1, без підживлення) кількість насінин на рослині становила 90,2 шт., маса зерна з однієї рослини – 13,5 г, а маса 1000 насінин – 154,0 г, що є базовими показниками для порівняння. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (А2) підвищило кількість насінин до 90,9 шт. (на 0,8%), масу зерна до 15,0 г (на 11,1%) і масу 1000 насінин до 165,5 г (на 7,1%). Використання Органік балансу (А3) дало кращі результати: кількість насінин зросла до 93,0 шт. (на 3,1%), маса зерна – до 15,8 г (на 17,0%), а маса 1000 насінин – до

169,6 г (на 10,1%). Комплексне підживлення (А4) забезпечило максимальні значення без інокуляції: кількість насінин – 95,6 шт. (на 6,0%), маса зерна – 16,6 г (на 22,9%) і маса 1000 насінин – 173,8 г (на 12,9%).

Інокуляція насіння значно посилила формування репродуктивних показників. На варіанті А1і (інокуляція без підживлення) кількість насінин на рослині становила 90,6 шт. (на 0,4% більше, ніж у контролі), маса зерна – 14,9 г (на 10,4%), а маса 1000 насінин – 164,3 г (на 6,7%). Застосування Азотофіту з Хелпростом (А2і) підвищило ці показники до 99,6 шт. (на 10,4%), 17,5 г (на 29,6%) і 175,3 г (на 13,8%). Використання Органік балансу (А3і) дало ще кращі результати: кількість насінин 100,2 шт. (на 11,1%), маса зерна 17,8 г (на 31,9%) і маса 1000 насінин – 177,3 г (на 15,1%).

Максимальні значення зафіксовано на варіанті А4і за інокуляції Різолан + Різосейв та комплексного підживлення Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор: кількість насінин – 105,1 шт. (на 16,5%), маса зерна – 19,0 г (на 40,7%) і маса 1000 насінин – 180,4 г (на 17,1%).

Це демонструє взаємодію між інокуляцією та комплексним підживленням, що створює оптимальне середовище для збільшення кількості насінин, покращення їх наливу та підвищення маси зерна з рослини.

6.2. Урожайність та якість насіння сої залежно від інокуляції та позакоренових підживлень

Урожайність сої є інтегральним показником, що відображає ефективність усіх попередніх етапів розвитку рослини – від формування симбіотичного апарату до утворення репродуктивних органів, таких як боби та насіння. Інокуляція насіння сприяє інтенсивнішій азотфіксації шляхом створення сприятливих умов для діяльності бульбочкових бактерій, що забезпечують рослини доступним азотом, необхідним для росту та формування врожаю. Позакореневі підживлення, у свою чергу, доповнюють поживний режим, забезпечуючи рослини макро- та

мікроелементами, що стимулюють фотосинтетичну активність, налив насіння та стійкість до стресових умов.

Вивчення впливу цих факторів на врожайність є важливим для розробки ефективних технологій вирощування сої, які дозволяють максимізувати продуктивність і забезпечити стабільне виробництво в умовах Лісостепу правобережного. У додатках М1-М3 і таблиці 6.5 на основі даних досліджень 2022–2024 років аналізується, як інокуляція насіння та позакореневі підживлення впливають на врожайність сортів сої Самородок та Амадеус.

У сорту Самородок на контрольному варіанті (С1, без підживлення) середня врожайність за три роки склала 2,16 т/га, з показниками 2,02 т/га у 2022 році, 2,33 т/га у 2023 році та 2,13 т/га у 2024 році. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (С2) підвищило середню врожайність до 2,50 т/га (2,45 т/га у 2022, 2,56 т/га у 2023, 2,50 т/га у 2024), що на 0,34 т/га або 13,72% більше, ніж на контролі. Використання Органік балансу (С3) дало середню врожайність 2,58 т/га (2,51 т/га у 2022, 2,63 т/га у 2023, 2,59 т/га у 2024), що перевищує контроль на 0,42 т/га або 16,17%. Комплексне підживлення (С4) забезпечило максимальну врожайність без інокуляції – 2,76 т/га (2,64 т/га у 2022, 2,89 т/га у 2023, 2,76 т/га у 2024), що на 0,60 т/га або 21,83% більше, ніж на контролі.

На варіанті С1і (інокуляція без підживлення) середня врожайність склала 2,68 т/га (2,62 т/га у 2022, 2,76 т/га у 2023, 2,66 т/га у 2024). Застосування Азотофіту з Хелпростом (С2і) підвищило середню врожайність до 2,99 т/га (3,10 т/га у 2022, 2,97 т/га у 2023, 2,89 т/га у 2024), що на 0,31 т/га або 10,27% перевищує варіант С1і (з інокуляцією, але без позакореневих підживлень).

Використання Органік балансу (С3і) дало середню врожайність 3,05 т/га (3,04 т/га у 2022, 3,07 т/га у 2023, 3,05 т/га у 2024), що на 0,37 т/га або 12,23% більше, ніж на варіанті С1і (з інокуляцією, але без позакореневих підживлень).

Максимальні значення зафіксовано на варіанті С4і (інокуляція + комплексне підживлення): середня врожайність 3,22 т/га (3,21 т/га у 2022, 3,26 т/га у 2023, 3,18 т/га у 2024), що перевищує варіант С1і (інокуляція без застосування підживлень) на 0,54 т/га або 16,68%.

Ці результати підтверджують, що поєднання інокуляції та комплексного підживлення сприяє покращенню азотного живлення, підвищенню фотосинтетичної активності та збільшенню врожайності.

Аналіз даних за три роки дозволяє зробити детальні висновки щодо ефективності агротехнічних заходів та їх внеску у підвищення врожайності для сорту Амадеус.

Таблиця 6.5

Урожайність сої сортів Самородок і Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень за 2022-2024 роки досліджень

Фактор А	Фактор В	Фактор С	2022	2023	2024	Середнє за роки досліджень	Приріст	
							т/га	%
Самородок	Без інокуляції	1	2,02	2,33	2,13	2,16±0,16	-	-
		2	2,45	2,56	2,5	2,50±0,06	0,34	13,72
		3	2,51	2,63	2,59	2,58±0,06	0,42	16,17
		4	2,64	2,89	2,76	2,76±0,13	0,60	21,83
	Різотайн+ Різосейв	1	2,62	2,76	2,66	2,68±0,07	-	-
		2	3,1	2,97	2,89	2,99±0,11	0,31	10,27
		3	3,04	3,07	3,05	3,05±0,02	0,37	12,23
		4	3,21	3,26	3,18	3,22±0,04	0,54	16,68
Амадеус	Без інокуляції	1	2,47	2,58	2,53	2,53±0,06	-	-
		2	2,65	2,94	2,83	2,81±0,15	0,28	9,98
		3	2,74	2,98	2,9	2,87±0,12	0,35	12,06
		4	3,07	3,15	3,08	3,10±0,04	0,57	18,49
	Різотайн+ Різосейв	1	2,75	2,81	2,77	2,78±0,03	-	-
		2	3,17	3,4	3,2	3,26±0,13	0,48	14,74
		3	3,27	3,43	3,26	3,32±0,10	0,54	16,37
		4	3,47	3,64	3,51	3,54±0,09	0,76	21,56
НІР ₀₅ А			0,014	0,021	0,017			
НІР ₀₅ В			0,014	0,021	0,017			
НІР ₀₅ С			0,020	0,030	0,024			
НІР ₀₅ АВ			0,020	0,030	0,024			
НІР ₀₅ АС			0,028	0,030	0,033			
НІР ₀₅ ВС			0,028	0,042	0,033			
НІР ₀₅ АВС			0,039	0,060	0,047			

Примітка: А – сорт Амадеус, С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотфіт, Хелпрот соя; Азотфіт, Хелпрот бор.

3 – Органік баланс, Хелпрот соя; Органік баланс, Хелпрот бор.

4 – Органік баланс, Азотфіт, Хелпрот соя; Органік баланс, Азотфіт, Хелпрот бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень

На варіантах без інокуляції та без підживлення (A1) у сорту Амадеус середня врожайність за три роки склала 2,53 т/га, із показниками 2,47 т/га у 2022 році, 2,58 т/га у 2023 році та 2,53 т/га у 2024 році. Застосування підживлення Азотофітом із Хелпрост соя/бор (A2) підвищило середню врожайність до 2,81 т/га (2,65 т/га у 2022, 2,94 т/га у 2023, 2,83 т/га у 2024), що на 0,28 т/га або 9,98% більше, ніж на контролі.

Використання Органік балансу (A3) дало середню врожайність 2,87 т/га (2,74 т/га у 2022, 2,98 т/га у 2023, 2,90 т/га у 2024), що перевищує контроль на 0,35 т/га або 12,06%. Комплексне підживлення (A4) забезпечило максимальну врожайність без інокуляції – 3,10 т/га (3,07 т/га у 2022, 3,15 т/га у 2023, 3,08 т/га у 2024), що на 0,57 т/га або 18,49% більше, ніж на контролі.

На варіанті A1i (інокуляція без підживлення) середня врожайність склала 2,78 т/га (2,75 т/га у 2022, 2,81 т/га у 2023, 2,77 т/га у 2024). Застосування Азотофіту з Хелпростом (A2i) підвищило середню врожайність до 3,26 т/га (3,17 т/га у 2022, 3,40 т/га у 2023, 3,20 т/га у 2024), що на 0,48 т/га або 14,74% перевищує варіант A1i. Використання Органік балансу (A3i) дало середню врожайність 3,32 т/га (3,27 т/га у 2022, 3,43 т/га у 2023, 3,26 т/га у 2024), що на 0,54 т/га або 16,37% більше, ніж на варіанті A1i без підживлень. Максимальні значення зафіксовано на варіанті A4i (інокуляція + комплексне підживлення): середня врожайність 3,54 т/га (3,47 т/га у 2022, 3,64 т/га у 2023, 3,51 т/га у 2024), що перевищує варіант A1i (за інокуляції, без проведення позакореневих підживлень на 0,76 т/га або 21,56%.

У сучасній аграрній науці оптимізація технологій вирощування сої є ключовим завданням для забезпечення високої та стабільної врожайності. На формування врожаю та якість насіння цієї цінної олійно-білкової культури впливає складна взаємодія численних факторів, включаючи агротехнічні прийоми (передпосівна обробка насіння, строки сівби, густина посіву, удобрення, обробіток ґрунту), погодні умови, сортові особливості та фізіологічні процеси рослин.

Для виявлення найбільш значущих взаємозв'язків між цими факторами та показниками продуктивності сої, а також для розробки прогностичних моделей, ефективним інструментом є кореляційно-регресійний аналіз. Кореляційний аналіз

дозволяє кількісно оцінити ступінь та напрямок лінійного зв'язку між досліджуваними змінними, виявляючи, наприклад, як площа листкової поверхні корелює з урожайністю тощо.

Регресійний аналіз, у свою чергу, надає можливість побудувати математичні моделі, що описують ці зв'язки у формі рівнянь. Такі моделі можуть бути використані для прогнозування врожайності або якісних характеристик насіння сої на основі значень агротехнічних параметрів або метеорологічних даних.

Розуміння та вміле застосування кореляційно-регресійного аналізу є важливим інструментом для науковців та агрономів у пошуку шляхів підвищення ефективності вирощування сої.

Кореляційно-регресійний аналіз експериментальних даних показав наявність середнього позитивного взаємозв'язку між урожайністю насіння сої сортів Самородок і Амадеус та площею листкової поверхні (див. рис. 6.1).

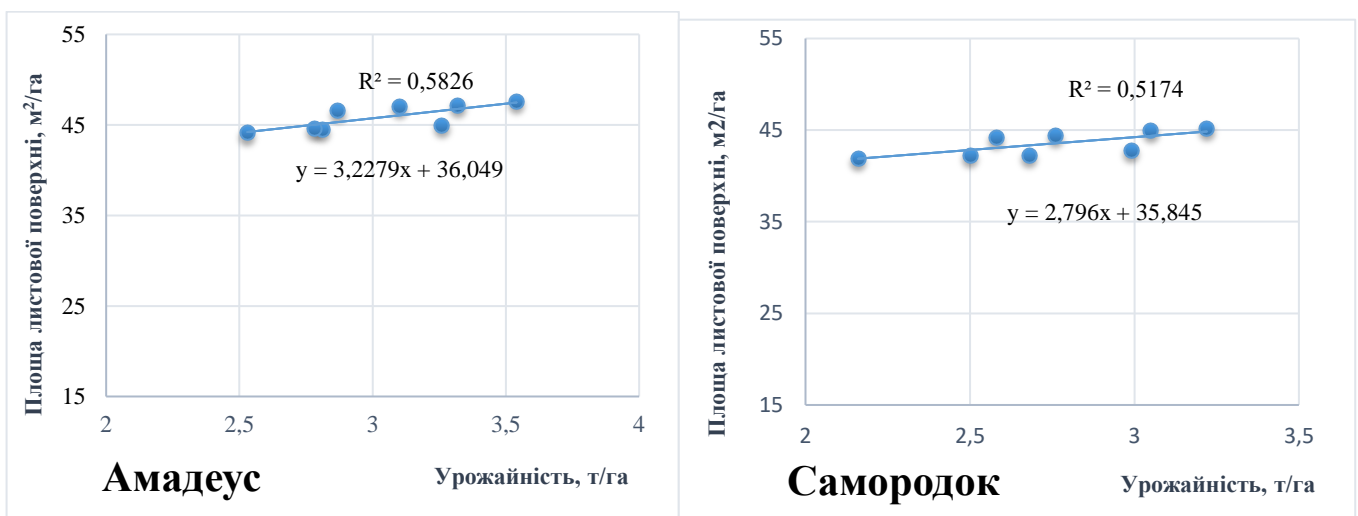


Рис. 6.1. Оцінка кореляційної залежності врожайності насіння сої від площі листкової поверхні.

На основі проведених розрахунків було виявлено, що між урожайністю сої сортів Амадеус і Самородок та площею листкової поверхні існує помірний позитивний кореляційний зв'язок. Коефіцієнт детермінації для сорту Амадеус ($R^2 = 0,5826$) свідчить, що 58,26% варіації урожайності пояснюється площею листкової поверхні, тоді як для сорту Самородок цей показник дещо нижчий ($R^2 = 0,5174$), вказуючи на 51,74% залежності.

Рівняння регресії для Амадеуса ($y = 3,2279x + 36,049$) демонструє більший нахил прямої порівняно з Самородком ($y = 2,796x + 35,845$), що вказує на сильніший приріст урожайності при збільшенні площі листової поверхні у сорту Амадеус. Водночас додатні значення вільного члена (36,049 для Амадеуса та 35,845 для Самородка) свідчать про наявність базової урожайності навіть за мінімальної площі листової поверхні, причому ці значення є досить близькими для обох сортів. Таким чином, площа листової поверхні відіграє важливу роль у формуванні урожайності, при цьому Амадеус демонструє більшу чутливість до її змін, тоді як Самородок має дещо слабший зв'язок із цим фактором.

Згідно з отриманими розрахунками, також виявлено сильний кореляційний зв'язок між урожайністю та фотосинтетичним потенціалом посівів сої (рис. 6.2.).

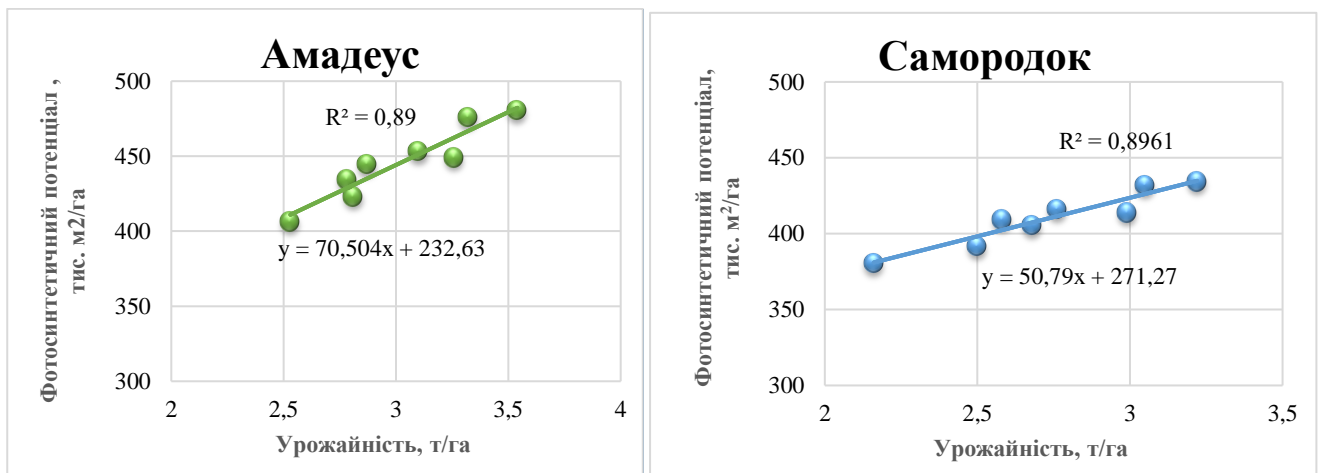


Рис. 6.2. Оцінка кореляційної залежності врожайності насіння сої від фотосинтетичного потенціалу.

Коефіцієнт кореляції для сорту Амадеус ($R^2 = 0,89$) вказує, що 89% варіації урожайності пояснюється фотосинтетичним потенціалом, тоді як для сорту Самородок цей показник є ще вищим ($R^2 = 0,8961$), що свідчить про 89,61% залежності. Рівняння регресії для Амадеуса ($y = 70,504x + 232,63$) демонструє більший нахил прямої порівняно з Самородком ($y = 50,79x + 271,27$), що вказує на сильніший приріст урожайності при збільшенні фотосинтетичного потенціалу у сорту Амадеус. Водночас додатні значення вільного члена в обох рівняннях (232,63 для Амадеуса та 271,27 для Самородка) свідчать про базову урожайність навіть за мінімального фотосинтетичного потенціалу, причому у Самородка цей рівень є вищим. Отже, фотосинтетичний потенціал має вирішальний вплив на формування

урожайності обох сортів, при цьому Амадеус демонструє більшу чутливість до його змін, а Самородок — стабільнішу базову продуктивність.

Вивчення кореляції між урожайністю сої та її активним симбіотичним потенціалом має важливе значення для оцінки ефективності симбіотичної азотфіксації. Активний симбіотичний потенціал, що характеризує здатність бульбочкових бактерій засвоювати атмосферний азот і забезпечувати ним рослину, при співставленні з урожайністю дозволяє визначити, наскільки вагомим є внесок цього процесу у формування врожаю. За результатами наших досліджень було виявлено середній позитивний кореляційний зв'язок (рис.6.3.). Це вказує на те, що добре розвинена та функціональна симбіотична система суттєво сприяє зростанню врожайності сої.

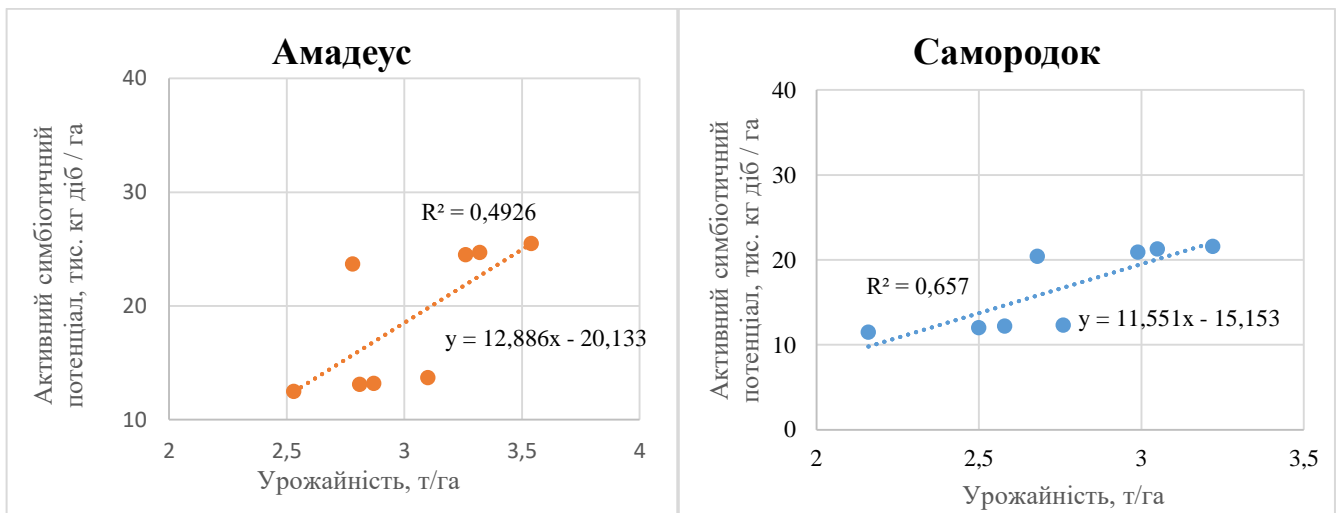


Рис. 6.3. Оцінка кореляційної залежності врожайності насіння сої від активного симбіотичного потенціалу сої.

На основі результатів кореляційно-регресійного аналізу можна зробити висновок, що між урожайністю насіння сої сортів Самородок і Амадеус та активним симбіотичним потенціалом існує позитивна залежність, яка має різну силу для кожного сорту. Коефіцієнт детермінації для сорту Самородок ($R^2 = 0,657$) свідчить про більш тісний зв'язок, пояснюючи 65,7% варіації урожайності впливом симбіотичного потенціалу, тоді як для сорту Амадеус ($R^2 = 0,4926$) цей показник є меншим, вказуючи на те, що 49,26% змін урожайності пов'язані з даним фактором.

Рівняння регресії для Амадеуса ($y = 12,886x - 20,133$) показує більший нахил прямої, що свідчить про сильніший приріст урожайності при збільшенні

симбіотичного потенціалу порівняно з Самородком ($y = 11,551x - 15,153$). Водночас від'ємні значення вільного члена в обох рівняннях вказують на те, що за відсутності симбіотичного потенціалу урожайність теоретично не формується. Таким чином, активний симбіотичний потенціал відіграє важливу роль у підвищенні урожайності обох сортів, але його вплив є більш вираженим для сорту Самородок, що може бути зумовлено його генетичними особливостями або кращою адаптацією до симбіотичних взаємодій.

Якість насіння сої є одним із ключових показників, що визначають її товарну цінність, придатність для переробки та подальшого використання в сільськогосподарському виробництві. У контексті сучасних вимог до підвищення продуктивності та екологічності виробництва сої особливого значення набувають дослідження впливу таких факторів, як інокуляція насіння біопрепаратами та позакореневі підживлення комплексними хелатними мікродобривами, на формування якісних характеристик насіння.

Якість насіння сої, яка визначається насамперед вмістом білка та жиру, є критично важливим фактором для її подальшого використання у харчовій промисловості, виробництві кормів і як сировини для різноманітних біотехнологічних процесів.

Вміст білка та жиру в насінні сої не є сталою величиною і може варіювати залежно від ряду факторів, включаючи генетичні особливості сорту, агротехнічні прийоми вирощування, ґрунтово-кліматичні умови та ступінь зрілості насіння під час збирання. Розуміння закономірностей зміни вмісту цих основних компонентів насіння сої є надзвичайно важливим для оптимізації технологій вирощування з метою отримання продукції із заданими якісними характеристиками.

У зв'язку з цим, результати досліджень, спрямовані на вивчення динаміки накопичення білка та жиру в насінні сої залежно від інокуляції та позакореневих підживлень, наведено у Додатках Н1, Н2 та в таблиці 6.6.

На контрольних варіантах без інокуляції та підживлення (С1/А1) вміст протеїну становив 35,89% для сорту Самородок і 37,92% для сорту Амадеус, а жиру – 18,17% і 18,08% відповідно, що свідчить про вищу базову якість насіння Амадеуса.

Застосування підживлень без інокуляції (С2–С4/А2–А4) поступово підвищувало ці показники: максимальні значення у варіантах С4/А4 (Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор) досягли 37,22% протеїну і 19,68% жиру для Самородка та 39,44% протеїну і 19,42% жиру для Амадеуса, що вказує на винятково високий приріст протеїну в сорту Амадеус (+19,9% порівняно з контролем).

Інокуляція без підживлення (С1і/А1і) також сприяла зростанню вмісту протеїну (37,08% і 38,94%) та жиру (18,99% і 18,92%) порівняно з контролем. Найвищі показники якості насіння зафіксовано при комбінації інокуляції та комплексного підживлення (С4і/А4і): для Самородка – 39,67% протеїну (+10,5% до контролю) і 20,64% жиру (+13,6% до контролю), для Амадеуса – 40,40% протеїну (+9,9% до контролю) і 20,45% жиру (+13,1% до контролю). Амадеус стабільно перевищував Самородок за вмістом протеїну в більшості варіантів, але різниця зменшувалася при інтенсивних обробках.

Таблиця 6.6

Вміст сирого протеїну та жиру в насінні сої сортів Самородок і Амадеус залежно від інокуляції насіння та позакоренових підживлень в середньому за 2022-2024 роки досліджень

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Вміст сирого протеїну, %	Вміст жиру, %
Самородок	Без інокуляції	1	35,89±1,7	18,17±1,6
		2	36,32±2,2	18,43±1,5
		3	36,80±2,0	18,60±1,4
		4	37,22±1,9	19,68±2,0
	Різолайн+Різосейв	1	37,08±2,1	18,99±1,7
		2	37,92±2,4	19,88±2,2
		3	38,26±1,8	20,26±2,2
		4	39,67±1,1	20,64±2,6
Амадеус	Без інокуляції	1	37,92±1,8	18,08±1,1
		2	38,22±2,0	18,38±1,1
		3	38,76±2,0	18,53±1,3
		4	39,44±2,2	19,42±1,6
	Різолайн+Різосейв	1	38,94±2,5	18,92±1,5
		2	39,68±2,1	19,73±2,1
		3	39,86±2,1	20,05±2,2
		4	40,40±2,2	20,45±2,3

Примітка: А – сорт Амадеус, С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Таким чином, комплексний підхід з інокуляцією та підживленням (С4і/А4і) забезпечує максимальну якість насіння обох сортів, підвищуючи вміст протеїну та жиру. Амадеус демонструє більшу чутливість до агротехнічних заходів, особливо при застосуванні складних комбінацій добрив, що робить його перспективним для інтенсивних технологій. У той же час Самородок зберігає стабільні показники якості навіть за менш інтенсивних умов.

Висновки до розділу 6:

1. На основі аналізу даних щодо кількості продуктивних міжвузлів та бобів на рослинах сортів сої Самородок і Амадеус можна зробити висновок, що агротехнічні заходи, зокрема інокуляція та підживлення, суттєво впливають на підвищення продуктивності обох сортів. При цьому були виявлені певні сортові особливості, що впливають на ефективність цих заходів.

Сорт Амадеус демонструє вищу базову кількість продуктивних міжвузлів (18,13 шт. на контролі проти 17,27 шт. у сорту Самородок) та бобів на рослині (44,70 шт. на контролі проти 40,93 шт. у сорту Самородок), що свідчить про його генетичну перевагу за цими показниками. Застосування підживлень (Азотофіт + Хелпрост соя/бор, Органік баланс + Хелпрост соя/бор) і комплексного підходу без інокуляції (С4/А4) сприяло зростанню кількості міжвузлів у Самородка до 22,00 шт. (+27,4%) і в Амадеуса до 22,83 шт. (+25,9%), а також бобів до 45,90 шт. (+12,1%) і 47,97 шт. (+7,3%) відповідно. Амадеус стабільно перевищував Самородок на варіантах без інокуляції, хоча різниця зменшувалася при інтенсивніших обробках.

Інокуляція препаратами Різолан + Різосейв значно посилила ефект: у варіантах С5і/А5і кількість міжвузлів зростає до 21,73 шт. (Самородок) і 22,63 шт. (Амадеус), а бобів – до 45,23 шт. і 46,67 шт. відповідно. Максимальні значення були досягнуті при комбінації інокуляції та комплексного підживлення (С4і/А4і): для Самородка – 27,65 міжвузлів (+60,0% приросту у порівнянні з контролем) і 52,63 бобів (+28,6% до контролю), для Амадеуса – 28,87 міжвузлів (+59,2%) і 53,33 бобів (+19,3%)

відповідно. Амадеус показав дещо більшу кількість бобів (+1,3% у варіанті А4і порівняно з С4і), що свідчить про його вищу здатність формувати генеративні органи за інтенсивних технологій.

2. Щодо кількості насінин, маси зерна та маси 1000 насінин сорту Амадеус (Додаток Л2), то у всіх варіантах спостерігається чітка тенденція до зростання зі збільшенням інтенсивності агротехнічних заходів. Інокуляція Різолاین + Різосейв відіграла ключову роль, підвищивши кількість насінин на 0,4–16,5%, масу зерна на 10,4–40,7% і масу 1000 насінин на 13,8–17,1% порівняно з контролем. Позакореневі підживлення без інокуляції дали менший приріст: кількість насінин зросла на 0,8–6,0%, маса зерна – на 11,1–22,9%, а маса 1000 насінин – на 7,1–12,9%. Найбільший ефект спостерігався на варіанті А4і (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) для сорту Амадеус: кількість насінин 105,1 шт., маса зерна 19,0 г і маса 1000 насінин 180,4 г, що перевищує контроль на 16,5%, 40,7% і 17,1% відповідно. Позакореневі підживлення без інокуляції мали помірний ефект, але їхній вплив був значно меншим, ніж у комбінації з інокуляцією.

У сорту Самородок (Додаток Л1) на всіх варіантах спостерігається чітка тенденція до зростання кількості насінин, маси зерна та маси 1000 насінин зі збільшенням інтенсивності агротехнічних заходів. Інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) забезпечила найвищі показники для сорту Самородок: кількість насінин 101,3 шт., маса зерна 17,2 г і маса 1000 насінин 170,1 г, що перевищує контроль на 33,1%, 48,3% і 11,7% відповідно. Навіть без підживлення інокуляція (С1і) суттєво підвищила показники (91,0 шт., 14,4 г, 157,8 г), підкреслюючи її вирішальну роль у стимуляції репродуктивного потенціалу завдяки покращенню азотного живлення.

3. Аналіз врожайності за роками виявив певну мінливість, що може бути пов'язано з погодними умовами (Додатки М1-М3). У 2023 році у сорту Амадеус врожайність була найвищою у всіх варіантах (2,58–3,64 т/га), що, ймовірно, завдяки сприятливим умовам вегетації, таким як достатня вологість і температура. У 2022 і 2024 роках врожайність була дещо нижчою (2,47–3,47 т/га і 2,53–3,51 т/га відповідно),

що може свідчити про менш сприятливі умови. Проте в усіх варіантах із інокуляцією та підживленням спостерігається стабільне зростання врожайності порівняно з контролем, що підтверджує ефективність цих заходів.

Сорт Самородок у 2023 році також показав найвищу врожайність на всіх варіантах (від 2,33 т/га до 3,26 т/га). У 2022 році врожайність була найнижчою (2,02–3,21 т/га). У 2024 році показники були середніми (2,13–3,18 т/га), що свідчить про відносну стабільність врожайності за різних умов.

Інокуляція Різолан + Різосейв у поєднанні з комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) забезпечила найвищу врожайність сорту Амадеус – 3,54 т/га, що на 1,01 т/га або 28,63% перевищує контроль. Для сорту Самородок на тому ж варіанті була зафіксована найвища врожайність – 3,22 т/га, що на 1,06 т/га або 32,85% перевищує контроль.

Для вирощування сої сортів Амадеус і Самородок у зоні Лісостепу правобережного рекомендується застосовувати передпосівну обробку насіння біоінокулянтом Різолан у поєднанні з біопротектором Різосейв у поєднанні з комплексними підживленнями у фазу 1-3 справжнього листка та у фазу бутонізації-цвітіння біопрепаратом Органік баланс і регулятором росту Азотофіт у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор. Такий підхід забезпечить максимальну врожайність і стабільну продуктивність культури за різних погодних умов.

3. За результатами трирічних досліджень встановлено, що поєднання інокуляції насіння Різолан і Різосейв з комплексним підживленням (Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор) є найбільш ефективним методом підвищення вмісту сирого протеїну та жиру в насінні сої обох досліджуваних сортів – Самородок та Амадеус.

На варіантах, де застосовувався комплексний підхід (С4і/А4і), спостерігалось значне зростання вмісту протеїну: на 10,5% (до 39,67%) у сорту Самородок та на 8,8% (до 40,40%) у сорту Амадеус порівняно з контрольними варіантами (С1/А1). Аналогічно зростає і вміст жиру: на 13,6% (до 20,64%) у Самородка та на 13,1% (до 20,45%) в Амадеуса.

Отримані дані підтверджують, що комбіноване застосування інокуляції та комплексного підживлення дає значно кращі результати в покращенні якісних показників насіння порівняно з окремим використанням цих елементів технології вирощування.

Хоча сорт Амадеус має вищий початковий вміст протеїну, сорт Самородок виявив більшу здатність до покращення якісних характеристик насіння при інтенсивних обробках. Це підкреслює важливість розробки та впровадження комплексних технологій вирощування, що дозволить досягти оптимальних показників якості насіння сої, враховуючи сортові особливості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Мостипан О.В., Грабовський М.Б. Формування елементів структури врожаю сої під впливом гербіцидного захисту у Правобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 79-87. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.13>
2. Чорна В.М. Насіннева продуктивність сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82. С. 69-77.
3. Шевніков М.Я., Міленко О.Г. Міжвидова конкуренція та забур'яненість посівів сої залежно від моделі агрофітоценозу. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*, 2015. Випуск 3 (86). С. 116–123. 26.,
4. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої: монографія. Київ: Урожай, 1993. 428 с.

РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ТА БІОЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

7.1. Економічна ефективність вирощування сої за інокуляції та позакоренових підживлень

В умовах війни функціонування аграрного сектора економіки України зазнає значних труднощів. Погіршення забезпеченості сільськогосподарських підприємств матеріально-технічними засобами було однією з основних проблем для аграрного сектора. Сільськогосподарське виробництво ускладнюється через нестачу фінансових ресурсів та неможливість довгострокового планування діяльності через можливі бойові дії. Це призводить до зменшення внесення добрив і засобів захисту рослин, що, у свою чергу, знижує врожайність сільськогосподарських культур і погіршує якісний склад ґрунтів [1].

Через проблеми логістичних ланцюгів, експорту, нестачу обігових коштів, відсутність можливості вчасного збирання врожаю в умовах війни, а також глобальне подорожчання ресурсів, аграрії починають зменшувати витрати на добрива та готуватися до нижчих врожаїв. Українські сільгоспвиробники шукають способи зниження собівартості вирощеної продукції. Все частіше в інформаційному просторі обговорюється питання зменшення норм добрив і використання дешевших біопрепаратів, при цьому намагаючись зберегти високий рівень врожайності та покращити родючість ґрунтів [2].

Сучасний керівник агробізнесу – це не лише організатор, а й стратег, здатний адаптувати теорії менеджменту до динамічних умов сільського господарства. Його мета полягає не тільки в отриманні врожаю, а й у максимізації економічних результатів через вдосконалення практики та впровадження нових технологій. Для цього фахівець не може обійтися без глибоких знань у галузі економіки та менеджменту. Він має чітко розуміти структуру та функціонування виробничого процесу, а також володіти інструментами аналізу та оцінки ефективності роботи.

Важливим аспектом є визначення та аналіз економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур. Показники економічної ефективності

дають змогу оцінити рівень рентабельності та прийняти обґрунтовані рішення щодо покращення поточних показників. Це дозволяє визначити перспективні напрямки розвитку та впровадити нові технології, що сприятимуть раціональному збільшенню виробництва. Окрім того, аналіз допомагає виявити розбіжності між потенціалом нових технологій і фактичними результатами, що допоможе вдосконалити їх впровадження у виробництво.

Таким чином, поєднання теорії та практики, глибокий аналіз та постійна робота над вдосконаленням є ключовими факторами успішного ведення сільськогосподарського бізнесу.

Керівник агробізнесу постійно приймає важливі рішення, які можуть істотно вплинути на рентабельність і конкурентоспроможність підприємства. Економічний аналіз надає необхідну інформацію для обґрунтування цих рішень. При вирощуванні сільськогосподарських культур на результат впливає багато факторів, які не завжди можна передбачити. Тому важливо бути готовим до постійних змін і вміти адаптувати свою стратегію в залежності від нових умов.

Впровадження нових технологій та методів ведення господарства – запорука успішного розвитку агробізнесу. Економічний аналіз дає змогу оцінити потенційну ефективність інновацій та прийняти рішення щодо їх впровадження. Аналіз економічної ефективності – це не лише метод дослідження, а й потужний інструмент, який дозволяє агробізнесу приймати обґрунтовані рішення, вдосконалювати свою роботу та вести підприємство до успіху. [3].

Наші наукові дослідження підтвердили високу ефективність застосування біологічних препаратів у системах удобрення сої. Зважаючи на коливання цін на мінеральні добрива, використання біопрепаратів стало важливим рішенням для зниження собівартості виробництва та підвищення урожайності.

Було проведено аналіз економічної ефективності вирощування досліджуваних сортів сої з урахуванням середніх показників урожайності за роки досліджень та витрат за цінами 2024 року, пов'язаних з вирощуванням рослин сої в умовах Лісостепу правобережного (подано в таблицях 7.1 – 7.4). Детальні економічні розрахунки ефективності вирощування досліджуваних сортів сої, зокрема

враховуючи передпосівну обробку насіння та позакореневі підживлення, наведені у Додатку О.

Таблиця 7.1

Витрати на вирощування та вартість сої сорту Амадеус за інокуляції та позакореневих підживлень (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Витрати на вирощування (грн/га)	Вартість продукції (грн/га)	Собівартість грн/т
Амадеус	Без інокуляції	1	17191	30360	6795
		2	19044	33720	6777
		3	19079	34440	6648
		4	19319	37200	6232
	Різолан+ Різосейв	1	18670	33360	6716
		2	20523	39120	6295
		3	20558	39840	6192
		4	20798	42480	5875

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

**Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]*

За результатами проведених розрахунків встановлено, що фактори, які досліджувалися, а саме передпосівна обробка насіння та позакореневі підживлення мали суттєвий вплив на економічну ефективність вирощування сої. У середньому за роки проведення досліджень загальні витрати на вирощування сої сорту Амадеус на контрольному варіанті А1 без інокуляції та підживлень витрати на вирощування становили – 17191 грн/га, а на варіанті досліду А4і за інокуляції та двократного підживлення хелатними мікродобривами у поєднанні з мікроелементами максимальні виробничі витрати склали 20798 грн/га.

Оскільки вартість продукції визначається рівнем урожайності, комплексне застосування вдосконалених елементів технології вирощування в досліді забезпечувало кращі показники продуктивності, що, в свою чергу, призводило до збільшення вартості отриманої продукції. На варіанті А4і, де була найбільша урожайність, вартість вирощеної продукції сорту Амадеус збільшилась з 30360 грн/га на варіанті А1 до 42480 грн/га, що забезпечило зростання умовно чистого прибутку на 8514 грн/га порівняно з контролем.

Таблиця 7.2

Економічна ефективність вирощування сої сорту Амадеус за інокуляції насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Умовно чистий прибуток (грн/га)	Рентабельність (%)
Амадеус	Без інокуляції	1	13169	76,6
		2	14677	77,1
		3	15362	80,5
		4	17882	92,7
	Різолан + Різосейв	1	14690	78,7
		2	18598	90,6
		3	19283	93,8
		4	21683	104,3

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

За результатами розрахунків показників економічної ефективності сорту Амадеус виявлено, що на абсолютному контролі умовно чистий прибуток становив 13169 грн/га, а рівень рентабельності – 76,6%. Максимальний прибуток було отримано на варіанті досліду А4і за обробки насіння біоінокулянтном Різолан у поєднанні з біопротектором Різосейв та двократного комплексного підживлення біопрепаратом Органік баланс і регулятором росту Азотофіт у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор у розмірі 21683 грн/га де рівень рентабельності становив 104,3%, що більше порівняно з контролем на 27,7%.

З точки зору економічної ефективності сорт Самородок показав дещо нижчі результати (табл. 7.3, 7.4). Витрати на вирощування сої коливались у межах від 16921 до 20528 грн/га. Вартість вирощеної продукції з одного гектару становила від 25920 до 38640 грн.

Зниження собівартості продукції є ключовим фактором успіху в сільському господарстві. У наших дослідженнях встановлено, що собівартість одиниці продукції безпосередньо залежить від урожайності сої та витрат на її вирощування. Поєднання інокуляції насіння та дворазового комплексного підживлення сортів Амадеус та Самородок сприяло зниженню собівартості до 5875 грн/т та 6375 грн/т відповідно,

порівняно з контрольними варіантами (6795 грн/т та 7834 грн/т). Різниця в собівартості між дослідними та контрольними варіантами сягала понад 920 грн/т для сорту Амадеус та 1600 грн/т для сорту Самородок, що є суттєвим, особливо з огляду на сучасні ціни на зерно.

Таблиця 7.3

Витрати на вирощування та вартість сої сорту Самородок за інокуляції насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Витрати на вирощування (грн/га)	Вартість продукції (грн/га)	Собівартість грн/т
Самородок	Без інокуляції	1	16921	25920	7834
		2	18774	30000	7509
		3	18809	30960	7290
		4	19049	33120	6902
	Різолайн+ Різосейв	1	18400	32160	6866
		2	20253	35880	6773
		3	20288	36600	6652
		4	20528	38640	6375

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

За результатами розрахунків умовно чистий прибуток на контрольному варіанті С1 становив 8999 грн, а рівень рентабельності 53,2%. Максимальний прибуток у розмірі 18113 грн було отримано на варіанті С4і за проведення передпосівної обробки насіння та двократного комплексного позакоренового підживлення, де рівень рентабельності становив 88,2%, що більше у порівнянні з контролем на 35%.

Отже, проведений економічний аналіз отриманих результатів досліджень підтвердив сформовані нами висновки щодо доцільності біологізації системи живлення сої. Тому ми рекомендуємо використовувати у виробництві найбільш ефективний з економічної точки зору варіант, який передбачає передпосівну обробку насіння біоінокулянтом Різолайн з біопротектором Різосейв та двократного підживлення регулятором росту Азотофіт і біопрепаратом Органік баланс у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бору фази 1-3 справжніх листків та бутонізації-цвітіння, що забезпечив максимальний у досліді

умовно чистий прибуток 21683 грн/га у сорту Амадеус та 18113 грн/га у сорту Самородок, та найвищий рівень рентабельності 104,3% та 88,2% відповідно.

Таблиця 7.4

Економічна ефективність вирощування сої сорту Самородок за інокуляції та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Умовно чистий прибуток (грн/га)	Рентабельність (%)
Самородок	Без інокуляції	1	8999	53,2
		2	11227	59,8
		3	12152	64,6
		4	14072	73,9
	Різолан + Різосейв	1	13760	74,8
		2	15628	77,2
		3	16313	80,4
		4	18113	88,2

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень [1]

Більшу рентабельність по вирощуванню сої показав сорт Амадеус, структура витрат для цього варіанту подана у додатку О та на рисунку 7.1.

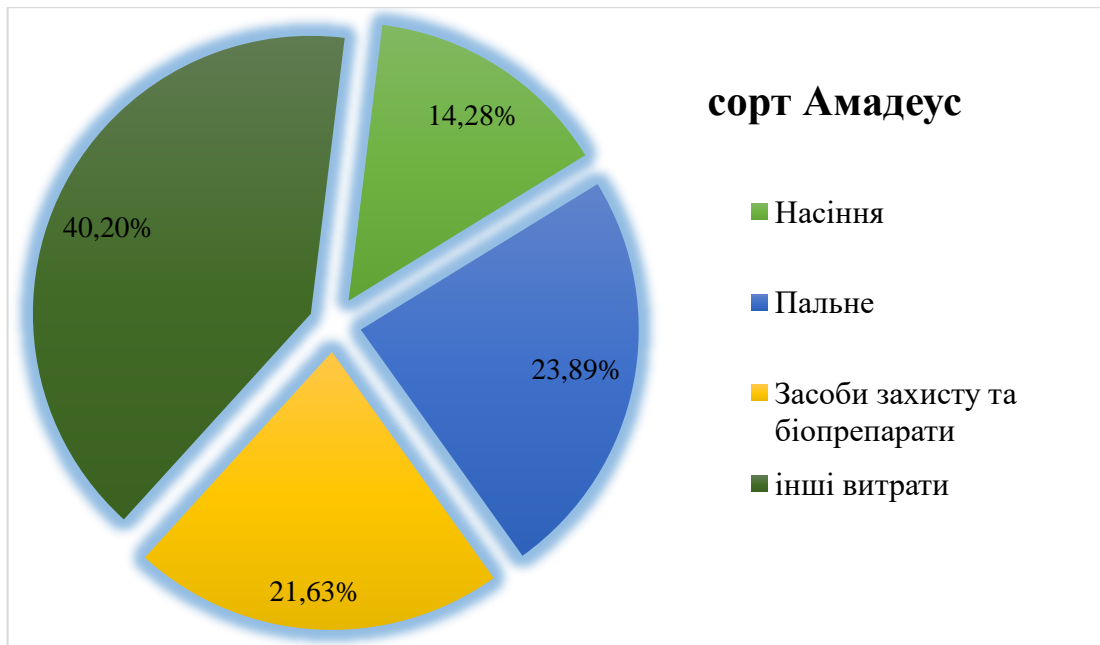


Рис. 7.1. Структура витрат по вирощуванню сої на 1 га, %.

З рисунка видно, що при вирощуванні сої сорту Амадеус 14,28% від загальних витрат припадає на закупівлю насіння, 23,89% – на пальне, 21,63% – на біопрепарати

і засоби захисту. Значна частина витрат – 40,2% припадає на інші витрати, які включають агротехнічні заходи по вирощуванню сої, заробітну плату механізаторам та іншим працівникам, амортизаційні відрахування та загальні витрати на утримання й ремонт техніки. Схожа ситуація спостерігається і при вирощуванні сої сорту Самородок (додаток О та рисунок 7.2).

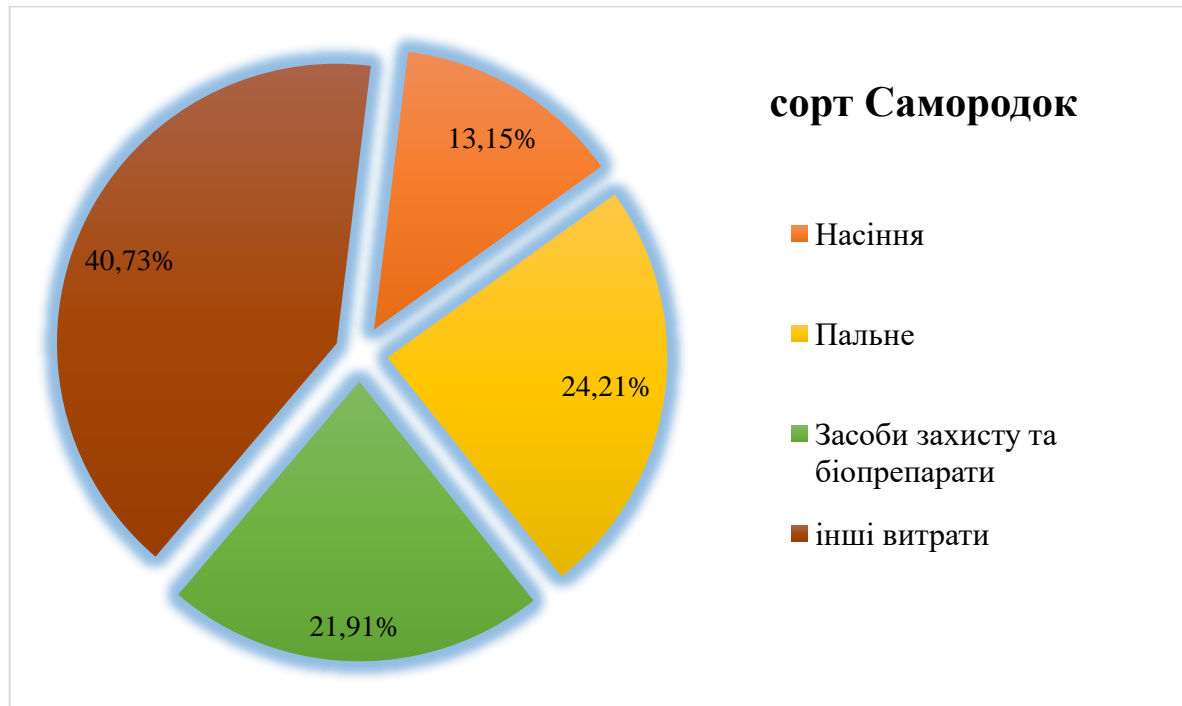


Рис. 7.2. Структура витрат по вирощуванню сої на 1 га, %.

У сорту Самородок 13,15% від загальних витрат припадає на закупівлю насіння, 24,21% – на пальне, 21,91% – на біопрепарати і засоби захисту рослин, 40,73% – інші витрати (агротехнічні заходи по вирощуванню сої, заробітна плата механізаторам та іншим працівникам, амортизаційні відрахування та загальні витрати на утримання й ремонт техніки).

Вирощування сої є важливим напрямом сільськогосподарського виробництва в Україні, оскільки ця культура має широке застосування в харчовій промисловості, тваринництві та інших галузях. Ефективність виробництва сої значною мірою залежить від оптимізації витрат на її вирощування. Розуміння структури витрат є важливою передумовою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо вибору елементів технологій вирощування, оптимізації використання ресурсів та підвищення рентабельності вирощування сої.

7.2. Біоенергетична оцінка вирощування сої за інокуляції та позакоренових підживлень

У сучасному сільському господарстві питання ефективного використання ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля набувають дедалі більшого значення. Одним із шляхів досягнення цих цілей є застосування біоенергетичного аналізу, який дозволяє оцінити енергетичні витрати та виходи при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Соя є важливою зернобобовою культурою, яка має значний потенціал для виробництва рослинного білка та олії. Її вирощування потребує значних енергетичних витрат, пов'язаних з обробітком ґрунту, внесенням добрив, використанням засобів захисту рослин, збиранням та транспортуванням врожаю. Тому біоенергетична оцінка вирощування сої є актуальним завданням, що дає змогу визначити ефективність використання енергетичних ресурсів та розробити шляхи підвищення енергетичної ефективності виробництва.

Результати аналізу енергетичних показників (подано в додатках П1 та П2) чітко демонструють прямий вплив усіх досліджуваних факторів на ефективність енергетичної технології вирощування сої. Усі варіанти експерименту виявилися енергетично ефективними, оскільки коефіцієнт енергоефективності перевищує 1. На рисунках 7.3 і 7.4 наведено діаграми, що ілюструють залежність енергетичної ефективності вирощування сої сортів Амадеус і Самородок від комплексного застосування передпосівної обробки насіння та позакоренового підживлення хелатними мікродобривами.

Розрахунки показали, що на енергетичну ефективність вирощування сої сорту Амадеус впливають різні фактори. Найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (2,35) спостерігався у варіанті, де застосовувалися інокуляція та двократне комплексне позакореневе підживлення Азотофітом і Органік балансом у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя і Хелпрост бор. Натомість, мінімальне значення цього показника (1,87) було зафіксовано на контрольному варіанті.

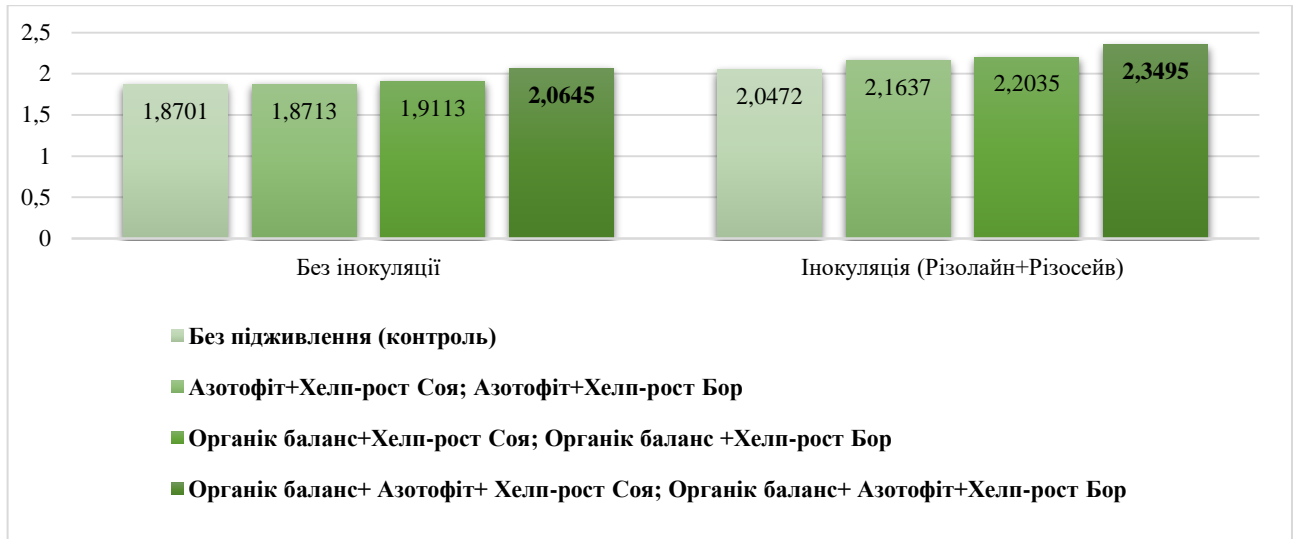


Рис. 7.3 Зміна коефіцієнта енергетичної ефективності вирощування сої сорту Амадеус залежно від інокуляції та підживлень

При обрахунку енергетичної ефективності вирощування сої сорту Самородок коефіцієнт енергетичної ефективності змінювався від 1,60 на контрольному варіанті до 2,14 за інокуляції та комплексних підживлень біологічними добривами.

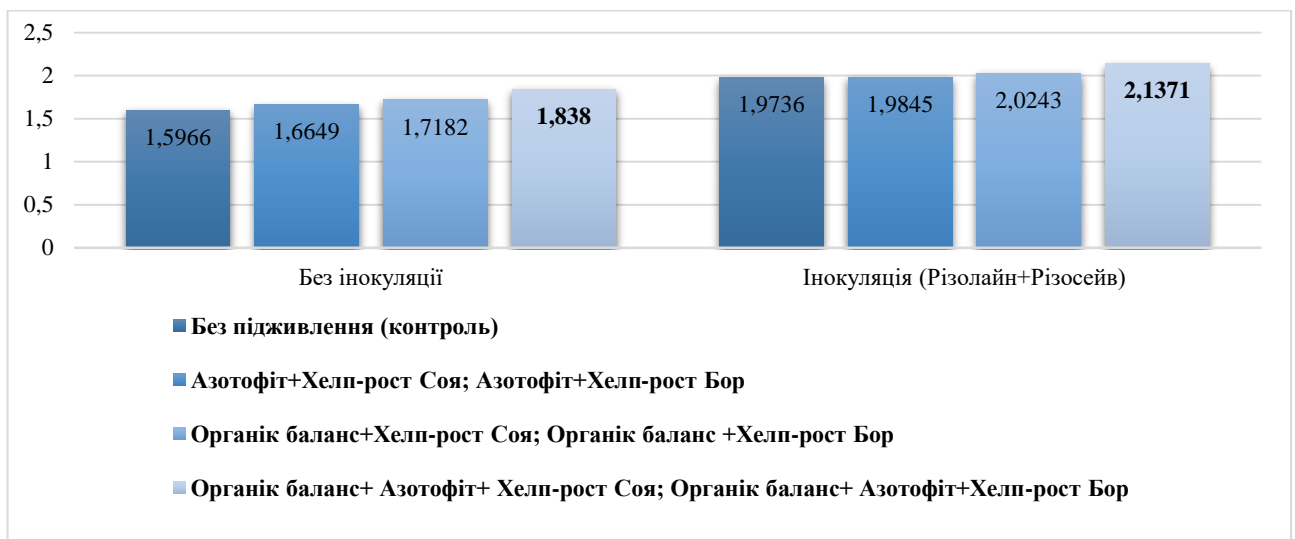


Рис. 7.4 Зміна коефіцієнта енергетичної ефективності вирощування сої сорту Самородок залежно від інокуляції та підживлень

Коефіцієнт енергетичної ефективності є важливим інструментом для порівняння різних моделей технологій вирощування, оскільки дозволяє оцінити, яка з цих моделей є найбільш енергетично ефективною, а також допомагає визначити можливості для зменшення енергетичних втрат і підвищення ефективності виробництва.

Висновки до розділу 7:

1. За результатами проведених розрахунків встановлено, що фактори, які досліджувалися, а саме передпосівна обробка насіння та позакореневі підживлення мали суттєвий вплив на економічну ефективність вирощування сої. У середньому за роки проведення досліджень загальні витрати на вирощування сої сортів Самородок і Амадеус коливались у межах від 16921 до 20798 грн/га залежно від сорту та вдосконалених елементів технології вирощування сої.

У сорту Амадеус на контрольному варіанті без інокуляції та підживлень витрати на вирощування становили – 17191 грн/га, а на варіанті досліду за передпосівної обробки насіння та двократного підживлення регулятором росту Азотофіт і біопрепаратом Органік баланс у поєднанні з багатокомпонентними хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор максимальні виробничі витрати склали 20798 грн/га. За результатами розрахунків показників економічної ефективності сорту Амадеус виявлено, що на абсолютному контролі умовно чистий прибуток становив 13169 грн/га, а рівень рентабельності 76,6%. Максимальний прибуток було отримано на варіанті досліду за інокуляції та двократного комплексного підживлення у розмірі 21683 грн/га де рівень рентабельності становив 104,3%, що більше порівняно з контролем на 27,7%.

З точки зору економічної ефективності сорт Самородок показав дещо нижчі результати. Вартість вирощеної продукції з одного гектару була у межах 25920-38640 грн. Умовно чистий прибуток на контрольному варіанті становив 8999 грн/га, а рівень рентабельності 53,2%. Максимальний прибуток у розмірі 18113 грн/га було отримано на варіанті за передпосівної обробки насіння біоінокулянтом Різоланн + біопротектор Різосейв та двократного підживлення Азотофіт і Органік баланс у поєднанні з мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор, де рівень рентабельності становив 88,2%, що більше у порівнянні з контролем на 35%.

2. Щодо енергетичної ефективності вирощування сої, розрахунки свідчили, що вирощування сої сорту Амадеус залежить від низки факторів. Найвищий коефіцієнт енергоефективності (2,35) було отримано на варіанті з інокуляцією та двократними

комплексними позакореновими підживленнями Азотофітом і Органік балансом у комбінації з мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор. Найнижчий показник (1,87) зафіксовано на контрольному варіанті. Для сорту Самородок коефіцієнт енергетичної ефективності коливався від 1,60 на контрольному варіанті до 2,14 за умов інокуляції та комплексного застосування біологічних добрив.

Аналіз енергетичних показників (наведених у додатках П1 та П2) ясно свідчить про безпосередній вплив усіх досліджуваних факторів на ефективність енергетичних технологій вирощування сої. Усі експериментальні варіанти виявилися енергетично доцільними, адже коефіцієнт енергоефективності в кожному випадку перевищує 1.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО РОЗДІЛУ 7

1. Особливості функціонування аграрного сектора економіки України в умовах війни URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/osoblyvosti-funktsionuvannya-ahrarnoho-sektora-ekonomiky-ukrayiny-v-umovakh> (дата звернення 07.07.2024).
2. Зменшити норму добрив за рахунок біопрепаратів – у пошуці фактів. URL: <https://btu-center.com/publication/2023/zmenshiti-normu-dobriv-za-rakhunok-biopreparativ-u-poshutsi-faktiv/> (дата звернення 07.07.2024).
3. Рікетті А, Рейс Р.П. Кордон виробництва сої та економічна ефективність у Мату-Гросу-ду-Сул, Бразилія. Rev Econ Sociol Rural [Інтернет]. 2003 Січ; 41(1):153–68. Доступно з: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032003000100003> (дата звернення: 26.05.2024).

ВИСНОВКИ

1. Застосування інокуляції та якісних бактеріальних препаратів із високим вмістом азотфіксуючих бактерій для обробки зернобобових культур є необхідним заходом у сучасному сільському господарстві. Це дозволяє максимально реалізувати генетичний потенціал сортів сої, що сприяє отриманню високих урожаїв із найкращою економічною ефективністю.

Для досягнення стабільних урожаїв необхідно підбирати сорти, адаптовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, і використовувати технологічні прийоми, які відповідають потребам цих сортів. Ці заходи допомагають розкрити генетичний потенціал адаптивних сортів сої. У контексті зміни клімату наукове обґрунтування технологій вирощування набуває особливого значення.

2. Дослідження здійснювалися в зоні Лісостепу правобережного на дослідних полях НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету. У дослідженні вивчали ранньостиглі сорти Самородок і Амадеус, обидва включені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для втросування в Україні. Польові дослідження проводили за загальноприйнятою технологією вирощування сої в умовах зони Лісостепу правобережного, за винятком досліджуваних факторів. Облік та аналіз даних проводилися із застосуванням загальноприйнятих у рослинництві методик.

Протягом вегетаційних періодів 2022-2024 років гідротермічні умови характеризувалися підвищеними середньомісячними температурами повітря, значними температурними коливаннями та дефіцитом опадів. Ці погодні умови вказують на наявність тенденції до потепління клімату в регіоні, який є загалом сприятливим для вирощування сої, однак потенціал продуктивності рослин часто не реалізується повністю через недостатнє забезпечення рослин основними елементами живлення.

Розроблена схема польових дослідів та методика їх проведення повністю відповідали меті перевірки робочої гіпотези. Рівень урожайності та якість насіння сої прямо залежали від інтенсивності застосування елементів технології вирощування на кожній дослідній ділянці. Важливу роль у біологізації технологій вирощування

досліджуваних культур відіграли сучасні біологічні препарати, використання яких дало змогу вивчити особливості їх ефективного застосування.

3. Дослідження показало, що у сорту Самородок передпосівна обробка насіння біоінокулянтном Різолاین у поєднанні з біопротектором Різосейв та комплексні позакореневі підживлення значно покращують польову схожість і виживаність рослин з сорту Самородок. Максимальні показники досягнуті на варіанті С4і (інокуляція + комплексне підживлення): схожість 90,57%, виживаність 95,35%, що перевищує контроль відповідно на 3,03% і 4,67%. У сорту Амадеус спостерігалась подібна ситуація. При нормі висіву 550 тис. шт./га максимальні показники були досягнуті на варіанті А4і: схожість 91,24%, виживаність 98,78%, що перевищує контроль на 1,01% і 5,59% відповідно.

Для підвищення ефективності вирощування сої рекомендується проводити передпосівну обробку насіння біоінокулянтном Різолاین у поєднанні з біопротектором Різосейв та дворазовим підживленням регулятором росту Азотофіт-р і Органік-баланс у комбінації з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор. Така система обробки забезпечує оптимальну густоту стояння, високу динаміку появи сходів і виживаність рослин, створюючи передумови для підвищення врожайності.

4. Оцінка змін у тривалості міжфазних періодів показала наступні результати. У сорту Амадеус інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) подовжила вегетаційний період сорту Амадеус до 103 діб, що перевищує контроль на 8 діб. У сорту Самородок інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) подовжила вегетаційний період сорту Самородок до 107 діб, що перевищує контроль на 10 діб відповідно.

5. Щодо динаміки висоти рослин, застосування інокуляції та дворазового комплексного підживлення сприяло формування вищих рослин, що, у свою чергу, збільшило урожайність сої досліджуваних сортів. Найбільшу висоту рослин сорт Самородок сформував 99 см у фазі повної стиглості, що на 17 см перевищує контрольний варіант (82 см). Це свідчить про значний вплив даних агротехнічних

заходів на ріст і розвиток рослин сої. У сорту Амадеус інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) забезпечили найбільшу висоту рослин сорту рослин на рівні 89 см у фазі повної стиглості.

6. Дослідження площі листкової поверхні показало, що у сорту Самородок інокуляція Різолاین + Різосейв і позакореневі підживлення (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) суттєво збільшують площу листя. Максимальні значення були досягнуті у фазу бутонізації 23,65 тис. м²/га, цвітіння – 45,17 тис. м²/га і у фазу наливу насіння – 43,00 тис. м²/га. У сорту Амадеус максимальні значення досягнуті на варіанті на тому ж варіанті: 25,83 тис. м²/га, 47,63 тис. м²/га і 45,47 тис. м²/га у фазі бутонізації, цвітіння і наливу насіння відповідно.

7. Дослідження фотосинтетичного потенціалу сортів Самородок і Амадеус за 2022–2024 роки показало, що найвищі показники фотосинтетичного потенціалу були у фазу наливу насіння (2,24 млн м²·діб/га у сорту Самородок та 2,27 млн. м² діб / га у сорту Амадеус) за передпосівної обробки насіння біоінокулянтом Різолاین у поєднанні з біопротектором Різосейв та позакореневих підживлень регулятором росту Азотофіт та біопреператом Органік баланс у поєднанні з хелдатними мікродобривами Хелпрост соя/бор. Таким чином, поєднання інокуляції та комплексних позакореневих підживлень є ключовим для максимізації фотосинтетичного потенціалу сої.

8. На формування індексу листкової поверхні сої сортів Самородок і Амадеус в ключових фазах розвитку рослин – бутонізації, цвітіння та наливу насіння впливали інокуляція та позакореневі підживлення. Для сорту Самородок максимальні значення ІЛП становили 2,37 м²/м² (бутонізація), 4,52 м²/м² (цвітіння) і 4,30 м²/м² (налив насіння), а для сорту Амадеус – 2,58 м²/м², 4,76 м²/м² і 4,55 м²/м² відповідно. Окремо підживлення без інокуляції та інокуляція без підживлення також сприяли зростанню ІЛП порівняно з контролем, але поступалися комплексному підходу. Таким чином, поєднання інокуляції та підживлення забезпечує максимальний розвиток листкової поверхні, що свідчить про доцільність комплексного агротехнологічного підходу для оптимізації росту та продуктивності сої.

9. Чиста продуктивність фотосинтезу сортів Самородок і Амадеус максимальна у фазі бутонізації (2,51–4,0 г/м²/добу) і знижується до наливу насіння (0,54-0,82 г/м²/добу). Комплексний підхід (Різолайн + Різосейв, Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор) забезпечує максимальну продуктивність: 3,26-0,69 г/м²/добу для Самородка і 4,00-0,82 г/м²/добу для Амадеуса, що дозволяє оптимізувати вирощування з урахуванням сортових особливостей.

10. У всіх варіантах спостерігається типова тенденція до зростання кількості бульбочок від бутонізації до завершення цвітіння з подальшим спадом на фазі дозрівання бобів, що відображає зміну потреби рослин в азоті протягом вегетаційного періоду.

Пік кількості активних бульбочок у сорту Самородок припадає на фазу завершення цвітіння, коли рослини мають найбільшу потребу в азоті для формування бобів: 24,5-26,6 (без інокуляції) і 33,1-36,0 (з інокуляцією). Спад на дозріванні бобів (до 14,6-17,0 без інокуляції та 22,8-25,9 з інокуляцією), пов'язаний зі зменшенням активності азотфіксації в пізніших фазах розвитку, коли рослини спрямовують ресурси на дозрівання насіння. Для сорту Амадеус найвища кількість активних бульбочок припадає на фазу завершення цвітіння, коли рослини мають найбільшу потребу в азоті для формування бобів: 27,4-30,1 (без інокуляції) і 36,2-40,0 (з інокуляцією). Спад активності утворення бульбочок спостерігалась у фазу дозрівання бобів (до 17,3-19,8 без інокуляції та 26,6-29,5 з інокуляцією).

11. Інокуляція Різолайн + Різосейв у поєднанні з комплексним підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) забезпечила максимальний симбіотичний потенціал для обох сортів: у Амадеуса 36,5 (загальний) і 25,5 тис. кг·діб/га (активний), у Самородка – 31,2 і 21,6 тис. кг·діб/га відповідно. Інокуляція підвищила загальний потенціал на 90,6-102,8% у Амадеуса і на 81,2-89,1% у Самородка порівняно з контролем, а активний – на 89,6-104,0% і 77,4-87,8% відповідно.

Амадеус перевищує Самородок за тривалістю симбіозу (на 4-6 діб загального і 3-5 діб активного) та симбіотичним потенціалом (на 9,1-17,0% загального і 8,7-18,1% активного), що вказує на його вищу здатність до азотфіксації та кращу адаптацію до

симбіотичних умов. Для обох сортів інокуляція Різолاین + Різосейв із комплексним підживленням Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор є оптимальним агротехнічним заходом, але Амадеус має більший потенціал для накопичення симбіотичного ресурсу ніж сорт Самородок.

12. На основі аналізу даних щодо кількості продуктивних міжвузлів та бобів на рослинах сортів сої Самородок і Амадеус можна зробити висновок, що агротехнічні заходи, зокрема інокуляція та підживлення, суттєво впливають на підвищення продуктивності обох сортів. При цьому були виявлені певні сортові особливості, що впливають на ефективність цих заходів.

Максимальні значення були досягнуті при комбінації інокуляції та комплексного підживлення (C4i/A4i): для Самородка – 27,65 міжвузлів (+60,0% приросту у порівнянні з контролем) і 52,63 бобів (+28,6% до контролю), для Амадеуса – 28,87 міжвузлів (+59,2% приросту у порівнянні з контролем) і 53,33 бобів (+19,3% до контролю) відповідно. Амадеус показав дещо більшу кількість бобів (+1,3% у варіанті A4i порівняно з C4i), що свідчить про його вищу здатність формувати генеративні органи за інтенсивних технологій.

13. Щодо кількості насінин, маси зерна та маси 1000 насінин сорту Амадеус, найбільший ефект спостерігався на варіанті за інокуляції (Різолاین + Різосейв) та позакореневих підживлень (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) для сорту Амадеус: кількість насінин 105,1 шт., маса зерна 19,0 г і маса 1000 насінин 180,4 г, що перевищує контроль на 16,5%, 40,7% і 17,1% відповідно. У сорту Самородок на тому ж варіанті максимальна кількість насінин сформувалась на рівні 101,3 шт., маса зерна 17,2 г і маса 1000 насінин 170,1 г, що перевищує контроль на 33,1%, 48,3% і 11,7% відповідно.

14. Аналіз врожайності за роками виявив певну мінливість, що може бути пов'язано з погодними умовами. У 2023 році у сорту Амадеус врожайність була найвищою у всіх варіантах (2,58–3,64 т/га), що, ймовірно, завдяки сприятливим умовам вегетації, таким як достатня вологість і температура. Сорт Самородок у 2023 році також показав найвищу врожайність на всіх варіантах (від 2,33 т/га до 3,26 т/га).

Інокуляція Різолاین + Різосейв у поєднанні з комплексним позакореневим підживленням (Органік баланс + Азотофіт + Хелпрост соя/бор) забезпечила найвищу врожайність сорту Амадеус – 3,54 т/га, що на 1,01 т/га або 28,63% перевищує контроль. Для сорту Самородок на тому ж варіанті була зафіксована найвища врожайність – 3,22 т/га, що на 1,06 т/га або 32,85% перевищує контроль.

Для вирощування сої сортів Амадеус і Самородок у зоні Лісостепу правобережного рекомендується застосовувати передпосівну обробку насіння біоінокулянтом Різолاین у поєднання з біопротектором Різосейв та комплексні позакореневі підживлення у фазу 1-3 справжнього листка та у фазу бутонізації-цвітіння біопрепаратом Органік баланс і регулятором росту Азотофіт у поєднанні з хелатними мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор. Такий підхід забезпечить максимальну врожайність і стабільну продуктивність культури за різних погодних умов.

15. За результатами трирічних досліджень встановлено, що поєднання інокуляції насіння Різолاین і Різосейв з комплексним підживленням (Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя/бор) є найбільш ефективним методом підвищення вмісту сирого протеїну та жиру в насінні сої обох досліджуваних сортів – Самородок та Амадеус. На варіантах, де застосовувався комплексний підхід (С4і/А4і), спостерігалось значне зростання вмісту протеїну: на 10,5% (до 39,67%) у сорту Самородок та на 8,8% (до 40,40%) у сорту Амадеус порівняно з контрольними варіантами (С1/А1). Аналогічно зростав і вміст жиру: на 13,6% (до 20,64%) у Самородка та на 13,1% (до 20,45%) в Амадеуса.

Отримані дані підтверджують, що комбіноване застосування інокуляції та комплексного підживлення дає значно кращі результати в покращенні якісних показників насіння порівняно з окремим використанням цих елементів технології вирощування.

16. За результатами проведених розрахунків встановлено, що фактори, які досліджувалися, а саме передпосівна обробка насіння та позакореневі підживлення мали суттєвий вплив на економічну ефективність вирощування сої. У середньому за роки проведення досліджень загальні витрати на вирощування сої сортів Самородок

і Амадеус коливались у межах від 16921 до 20798 грн/га залежно від сорту та вдосконалених елементів технології вирощування сої.

У сорту Амадеус максимальний прибуток було отримано на варіанті досліду за інокуляції та двократного комплексного підживлення у розмірі 21683 грн/га де рівень рентабельності становив 104,3%, що більше порівняно з контролем на 27,7%.

З точки зору економічної ефективності сорт Самородок показав дещо нижчі результати. Максимальний прибуток у розмірі 18113 грн/га було отримано на варіанті за передпосівної обробки насіння біоінокулянтном Різолан і біопротектором Різосейв та двократного підживлення Азотофіт і Органік баланс у поєднанні з мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор, де рівень рентабельності становив 88,2%, що більше у порівнянні з контролем на 35%.

17. Щодо енергетичної ефективності вирощування сої, розрахунки свідчили, що вирощування сої залежать від низки факторів. Найвищий коефіцієнт енергоефективності у сорту Амадеус (2,35) було отримано на варіанті з інокуляцією та двократними комплексними позакореновими підживленнями Азотофітом і Органік балансом у комбінації з мікродобривами Хелпрост соя та Хелпрост бор. Для сорту Самородок на тому ж варіанті коефіцієнт енергетичної ефективності становив 2,14.

Аналіз енергетичних показників ясно свідчить про безпосередній вплив усіх досліджуваних факторів на ефективність енергетичних технологій вирощування сої. Усі експериментальні варіанти виявилися енергетично доцільними, адже коефіцієнт енергоефективності в кожному випадку перевищує 1.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для досягнення високої врожайності сої на рівні 3,22-3,54 т/га ми рекомендуємо використовувати у виробництві найбільш ефективний з економічної точки зору варіант, який передбачає передпосівну обробку насіння біоінокулянтном Різолан (2,0 л/т) у поєднанні з біопротектором Різосейв (0,5 л/т) та двократного підживлення у фази 1-3 справжніх листків та бутонізації-цвітіння регулятором росту Азотофіт-р (0,5 л/га) і біопрепаратом Органік баланс (0,5 л/га) у поєднанні з багатоконпонентними хелатними комплексними мікродобривами Хелпрост соя (1,0 л/га) та Хелпрост бор (0,5 л/га), що забезпечило максимальний у досліді умовно чистий прибуток 21683 грн./га у сорту Амадеус та 18113 грн/га у сорту Самородок, та найвищий рівень рентабельності 104,3% та 88,2% відповідно.

ДОДАТКИ

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за спеціальністю 201 Агрономія

Коробко Аліни Анатоліївни

№ п/п	Назва	Назва видання та його вихідні відомості, що дозволяють ідентифікувати та відрізнити це видання від інших	Кі-сть друк. сторінок/ (др. арк.)	Співавтори
1	2	3	4	5
Стаття в іноземному науковому фаховому виданні, що індексується в міжнародній наукометричній базі Scopus та Web of Science				
1	Nitrogen-Fixing Capacity of Soybean Varieties Depending on Seed Inoculation and Foliar Fertilization with Biopreparations	<i>Journal of Ecological Engineering</i> . 2024. Vol. 25. Issue 4. P. 23-37. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/183497 URL: http://www.jeeng.net/Nitrogen-Fixing-Capacity-of-Soybean-Varieties-Depending-on-Seed-Inoculation-and-Foliar.183497,0,2.html	P. 23-37 1,52 (0,3)	Kravets R.A., Mazur O.V., Mazur O.V., Shevchenko N.V.
Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus)				
2	Динаміка виробництва сої в Україні та світі	<i>Збалансоване природокористування</i> . 2021. № 4. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2021.253098 URL: http://journals.uran.ua/bnusing/article/view/253098	C. 125-134 0,86	-
3	Selection of adaptive soybean varieties in cultivation technology under conditions of climate change	<i>Agriculture and forestry</i> . 2022. 2022. № 3 (26). DOI: 10.37128/2707-5826-2022-3-10 URL: http://forestry.vsau.org/storage/articles/November2022/syNeflNtp1jmUSxe9Z8C.pdf	C. 125-137 0,77 (0,39)	Telekalo N.V.
4	Вплив інокуляції насіння та підживлення на процеси росту й розвитку рослин сої	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2023. № 2 (29). DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-18 URL: http://forestry.vsau.org/storage/articles/June2023/QYcqz3yR6Yu5MJoYrA9L.pdf	C. 203-213 0,79	-

1	2	3	4	5
Інші видання (тези доповідей)				
5	Господарсько-цінне значення та перспективи вирощування сої в умовах правобережного Лісостепу України	<i>Наука, освіта та суспільство: тенденції, виклики, перспективи:</i> збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. 1 лютого 2022 року. Полтава. 2022. URL: https://drive.google.com/uc?export=download&confirm=no_antivirus&id=1qggJAXFGGntF7ceESz6G9dXuoTNT_Th3 .	<u>C. 49-50</u> 0,14	-
6	Соя – стратегічна культура під час війни в Україні	<i>Сучасна наука: теоретичні та прикладні аспекти:</i> збірник матеріалів VII Всеукраїнської мультидисциплінарної науково-практичної Інтернет-конференції. 31 липня 2022 року. Житомир. 2022. URL: https://webconference.org.ua/modern-science-theoretical-and-applied-aspects/ .	<u>C. 58-62</u> 0,17	-
7	Перспективні напрямки використання сої	<i>Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г.П. Жемели:</i> матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. 30 вересня 2022 року. Полтава. 2022. URL: https://drive.google.com/file/d/18lu4yMG9nZL2gGGQuC3Myi92C3kL_7xY/view	<u>C. 90-92</u> 0,2	-
8	Порівняльна оцінка адаптивних сортів сої	<i>Роль меліорації та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства:</i> матеріали V міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених. 8 грудня 2022 року. Київ. 2022. DOI: https://doi.org/10.31073/mivg202203 URL: http://rada.iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2022/12/zbirnuk_I_WPLR_December_8_2022.pdf	<u>C. 60-61</u> 0,14	-

Продовження додатку А1

1	2	3	4	5
9	Продуктивність адаптивних сортів сої за умов зміни клімату	<i>Наука, освіта, технології і суспільство в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації:</i> збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. 11 квітня 2023 року. Житомир. 2023. URL: http://www.economics.in.ua/2023/03/xxi-11-2023.html	<u>C. 41-42</u> 0,12	-
10	Урожайність та господарська придатність сої за умов зміни клімату	<i>Сучасні світові тенденції розвитку науки, освіти, технологій та суспільства:</i> збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції. 28 червня 2023 року. Кропивницький. 2023. URL: http://www.economics.in.ua/2023/07/28.html	<u>C. 53-55</u> 0,13	-
11	Influence of seed inoculation and nutrition on the growth and development of soybean plants	<i>Modern Approaches to Problem Solving in Science and Technology:</i> collection of abstracts II International scientific and practical conference. November 15-17, 2023. Warsaw, Poland. 2023. URL: https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2023/11/Modern-Approaches-to-Problem-Solving-in-Science-and-Technology-Nov-15-17-Warsaw-Poland.pdf	<u>C. 35-38</u> 0,18	-
12	Продуктивність адаптивних сортів сої за умов зміни клімату.	<i>Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення:</i> матеріали доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 7-8 грудня 2023 року. Миколаїв. 2023. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/17135	<u>C. 10-13</u> 0,13	-

Продовження додатку А1

1	2	3	4	5
13	Біоорганічна технологія вирощування сої та обробка зерна шляхом мікронізації	<i>Молодь – науці і виробництву: Актуальні питання харчової промисловості: матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 14 травня 2024 року. Херсон. 2024.</i> URL: https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2024/05/mater_1_4_05_24.pdf	<u>С. 71-72</u> 0,13	-
14	Азотфіксуюча здатність адаптивних сортів сої залежно від інокуляції та підживлень біопрепаратами в умовах трансформації клімату	<i>Сучасні технології в рослинництві: тези Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослинника Рожественського Бориса Миколайовича, 27–28 листопада 2024 року. м. Харків. 2024.</i> URL: https://yuriev.com.ua/assets/files/konferencii/zbirnik-tez-konferencii-ir-2024.pdf	<u>С. 229-232</u> 0,13	-

Усього за темою дисертаційної роботи «Вдосконалення елементів технології вирощування адаптивних сортів сої в умовах Лісостепу правобережного» опубліковано 14 наукових праць. Основні положення дисертації пройшли апробацію на 11 науково-практичних конференціях. Наукові праці опубліковані: 1 в іноземному науковому фаховому виданні, що індексується в міжнародній наукометричній базі Scopus та Web of Science; 3 у наукових фахових виданнях України та 10 тез доповідей загальним обсягом 5,41 у. д. а. (власний доробок автора 3,81 у. д. а.).

Автор



Аліна КОРОБКО

Вчений секретар




Тетяна КОРПАНІУК

_____ 2025 р.

**АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ НА НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ
КОНФЕРЕНЦІЯХ**

за спеціальністю 201 Агрономія

Коробко Аліни Анатоліївни

№ п/п	Тема доповіді	Назва конференції, місце проведення, дата
1	2	3
<i>Апробація результатів дисертації на науково-практичних конференціях</i>		
1	Господарсько-цінне значення та перспективи вирощування сої в умовах правобережного Лісостепу України	Міжнародна науково-практична конференція «Наука, освіта, суспільство: тенденції, виклики, перспективи». м. Полтава. 1 лютого 2022 року
2	Підбір адаптивних сортів сої у технології вирощування за умов зміни клімату	Всеукраїнська науково-практична конференція «Розвиток аграрної науки в умовах змін клімату та діджиталізації землеробства». м. Вінниця. 9-10 червня 2022 року
3	Соя – стратегічна культура під час війни в Україні	VII Всеукраїнська мультидисциплінарна науково-практична Інтернет-конференція «Сучасна наука: теоретичні та прикладні аспекти». м. Житомир. 31 липня 2022 року
4	Перспективні напрямки використання сої	Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування», присвячена пам'яті професора Г.П. Жемели. м. Полтава. 30 вересня 2022 року
5	Порівняльна оцінка адаптивних сортів сої	V міжнародна науково-практична конференція молодих вчених «Роль меліорації та водного господарства у забезпеченні сталого розвитку землеробства». м. Київ. 8 грудня 2022 року
6	Продуктивність адаптивних сортів сої за умов зміни клімату	Міжнародна науково-практична конференція «Наука, освіта, технології і суспільство в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації». м. Житомир 11 квітня 2023 року
7	Вплив інокуляції та підживлення на процеси росту й розвитку рослин сої	Всеукраїнська науково-практична конференція «Аграрна галузь України в умовах Євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку». м. Вінниця. 24-25 травня 2023 року

Продовження додатку А2

1	2	3
8	Урожайність та господарська придатність сої за умов зміни клімату	Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні світові тенденції розвитку науки, освіти, технологій та суспільства». м. Кропивницький. 28 червня 2023 року
9	Influence of seed inoculation and nutrition on the growth and development of soybean plants	II International Scientific and Practical Conference «Modern Approaches to Problem Solving in Science and Technology». Warsaw, Poland. November 15-17, 2023
10	Азотфіксуєча здатність сортів сої залежно від інокуляції насіння та позакореневого підживлення біопрепаратами	Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності». м. Вінниця. 23-24 травня 2024 року
11	Азотфіксуєча здатність адаптивних сортів сої залежно від інокуляції та підживлень біопрепаратами в умовах трансформації клімату	Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасні технології в рослинництві», присвячена 150-річчю з дня народження видатного вітчизняного вченого-рослинника Рожественського Бориса Миколайовича. м. Харків. 27-28 листопада 2024 року

Аспірантка



Аліна КОРОБКО

Вчений секретар




Тетяна КОРПАНИУК

Березня 2025 р.

Схема трьохфакторного польового дослідження по вирощуванню сої

Шифр	Фактор А сорт	Фактор В інокуляція насіння	Фактор С позакореневе підживлення
A1	Амадеус (А)	Без обробки (контроль)	1.Без підживлення (контроль)
A2			2.1-3 трійчастий листок Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га); Бутонізація – цвітіння Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
A3			3.1-3 трійчастий листок Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га); Бутонізація – цвітіння Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
A4			4.1-3 трійчастий листок Органік баланс (0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га) Бутонізація – цвітіння Органік баланс(0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
A1i		Інокуляція Різалайн-р (2,0 л/т) + Різосейв (0,5 л/т) (i)	1.Без підживлення (контроль)
A2i			2.1-3 трійчастий листок Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га); Бутонізація – цвітіння Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
A3i			3.1-3 трійчастий листок Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га); Бутонізація – цвітіння Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
A4i			4.1-3 трійчастий листок Органік баланс (0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га) Бутонізація – цвітіння Органік баланс(0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
C1	Самородок (С)	Без обробки (контроль)	1.Без підживлення (контроль)
C2			2.1-3 трійчастий листок Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га); Бутонізація – цвітіння Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
C3			3.1-3 трійчастий листок Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га); Бутонізація – цвітіння Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
C4			4.1-3 трійчастий листок Органік баланс (0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га) Бутонізація – цвітіння Органік баланс(0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
C1i		Інокуляція Різалайн-р (2,0 л/т) + Різосейв (0,5 л/т) (i)	1.Без підживлення (контроль)
C2i			2.1-3 трійчастий листок Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га); Бутонізація – цвітіння Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
C3i			3.1-3 трійчастий листок Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га); Бутонізація – цвітіння Органік баланс (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)
C4i			4.1-3 трійчастий листок Органік баланс (0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост соя (1,0 л/га) + Липосам (0,3 л/га) Бутонізація – цвітіння Органік баланс(0,5 л/га) + Азотофіт-р (0,5 л/га) + Хелпрост бор (0,5 л/га) + Липосам (0,3 л/га)

*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень

Додаток В1

Густота стояння, польова схожість та виживання рослин сої сорту Самородок залежно від інокуляції та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А, В, С	Зійшло рослин, тис. шт/га				Польова схожість, %				Рослин у повну стиглість, тис.шт /га				Збереженість рослин, %			
	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
С1	478	483	483	481	86,87	87,88	87,88	87,54	418	438	426	427	87,56	90,55	88,11	88,74
С2	483	494	483	487	87,88	89,90	87,88	88,55	430	459	445	445	89,06	92,78	92,12	91,32
С3	483	494	483	487	87,88	89,90	87,88	88,55	439	463	449	451	90,91	93,73	92,93	92,52
С4	478	500	489	489	86,87	90,91	88,89	88,89	454	466	457	459	94,93	93,19	93,40	93,84
С1і	483	500	494	493	87,88	90,91	89,90	89,56	440	456	450	449	90,95	91,19	91,05	91,07
С2і	483	494	494	491	87,88	89,90	89,90	89,22	451	470	463	462	93,37	95,08	93,68	94,05
С3і	494	500	483	493	89,90	90,91	87,88	89,56	457	477	466	467	92,42	95,38	96,38	94,73
С4і	494	500	500	498	89,90	90,91	90,91	90,57	467	485	473	475	94,49	97,05	94,51	95,35

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

Додаток В2

Густота стояння, польова схожість та виживання рослин сої сорту Амадеус залежно від інокуляції та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А, В, С	Зійшло рослин, тис. шт/га				Польова схожість, %				Рослин у повну стиглість, тис.шт /га				Вижило рослин, %			
	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
A1	488,884	505,551	494,440	496,292	88,89	91,92	89,90	90,23	456	461	456	457	93,18	91,21	92,13	92,18
A2	488,884	511,106	499,995	499,995	88,89	92,93	90,91	90,91	465	479	471	472	95,08	93,68	94,20	94,32
A3	483,329	505,551	499,995	496,292	87,88	91,92	90,91	90,23	467	484	472	474	96,55	95,73	94,44	95,58
A4	494,440	505,551	499,995	499,995	89,90	91,92	90,91	90,91	470	488	480	480	95,11	96,56	96,03	95,90
A1i	499,995	505,551	499,995	501,847	90,91	91,92	90,91	91,24	468	485	473	475	93,64	96,03	94,54	94,74
A2i	488,884	505,551	511,106	501,847	88,89	91,92	92,93	91,24	478	489	483	483	97,68	96,76	94,41	96,28
A3i	511,106	494,440	505,551	503,699	92,93	89,90	91,92	91,58	485	496	491	490	94,86	100,28	97,04	97,39
A4i	505,551	499,995	499,995	501,847	91,92	90,91	90,91	91,24	487	506	494	496	96,40	101,16	98,78	98,78

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

Тривалість міжфазних періодів сої сорту Самородок залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень, діб (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Тривалість міжфазних періодів від фази повних сходів до											
			Початку цвітіння				Завершення цвітіння				Повної стиглості			
			2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Самородок	Без інокуляції	Без підживлення	40	40	39	40	58	58	57	58	105	95	90	97
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	39	39	38	39	59	59	58	59	106	99	94	100
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	37	38	38	38	61	62	56	60	106	100	95	100
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	38	38	39	38	64	64	58	62	107	101	96	101
	Різолайн+Різосейв	Без підживлення	41	40	41	41	67	65	59	64	108	103	97	103
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	40	40	40	40	69	66	60	65	110	105	99	105
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	40	40	40	40	71	67	61	66	111	107	101	106
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	40	41	40	40	72	68	63	68	112	108	102	107

Тривалість міжфазних періодів сої сорту Амадеус залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень, діб (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Тривалість міжфазних періодів від фази повних сходів до											
			Початку цвітіння				Завершення цвітіння				Повної стиглості			
			2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Амадеус	Без інокуляції	Без підживлення	37	38	37	37	57	56	54	56	100	95	90	95
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	37	37	35	36	59	58	56	58	101	96	93	97
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	37	37	35	36	60	59	56	58	102	97	93	97
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	36	36	34	35	64	58	54	59	103	98	94	98
	Різолан+Різосейв	Без підживлення	40	39	37	39	66	61	58	62	103	100	95	99
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	39	38	36	38	68	63	60	64	105	102	97	101
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	39	38	36	38	69	64	61	65	106	103	98	102
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	38	38	36	37	70	65	62	66	107	104	99	103

**Висота рослин сої сорту Самородок залежно від інокуляції насіння
та позакоренових підживлень, см (середнє за 2022-2024 роки)**

Фактор А, В, С	Висота рослин, см															
	2-3 справжній листок				на початку цвітіння				завершення цвітіння				у фазі повної стиглості			
	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Самородок																
С1	22	22	21	22	42	42	40	41	66	66	63	65	83	84	80	82
С2	24	23	23	23	45	45	44	45	68	66	64	66	88	85	83	85
С3	24	24	23	24	46	46	45	46	71	71	69	70	91	91	88	90
С4	25	24	24	24	48	48	47	48	74	71	70	72	95	91	90	92
С1i	24	22	22	23	43	42	42	42	70	64	64	66	97	89	88	91
С2i	24	23	22	23	46	46	45	46	73	69	67	70	99	94	91	95
С3i	25	23	23	24	47	47	47	47	75	70	68	71	102	96	93	97
С4i	26	24	24	25	48	48	49	48	79	75	73	76	104	97	95	99

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

**Висота рослин сої сорту Амадеус залежно від інокуляції насіння
та позакоренових підживлень, см (середнє за 2022-2024 роки)**

Фактор А, В, С	Висота рослин, см															
	2-3 справжній листок				на початку цвітіння				завершення цвітіння				у фазі повної стиглості			
	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Амадеус																
A1	25	19	19	21	49	37	38	41	70	53	54	59	87	66	67	73
A2	26	19	19	21	51	38	39	43	71	51	52	58	93	68	69	77
A3	27	20	21	23	52	39	40	44	75	56	57	63	95	69	71	78
A4	28	21	22	24	55	42	43	47	78	59	60	66	98	72	75	82
A1i	25	18	18	20	51	38	39	43	74	54	53	60	97	69	71	79
A2i	25	18	18	20	53	40	41	45	78	57	56	64	101	74	76	84
A3i	26	19	19	21	54	42	42	46	79	59	57	65	102	75	78	85
A4i	27	20	20	22	56	45	45	49	82	61	60	68	104	80	82	89

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрот соя; Азотофіт, Хелпрот бор.

3 – Органік баланс, Хелпрот соя; Органік баланс, Хелпрот бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрот соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрот бор.

**Площа листової поверхні сої сорту Самородок залежно від передпосівної
обробки насіння та позакоренових підживлень, тис. м²/га**

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Фази росту й розвитку											
			бутонізація				цвітіння				налив насіння			
			2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Самородок	Без інокуляції	Без підживлення	19,80	21,80	19,10	20,23	41,0	45,1	39,6	41,90	39,1	43,0	37,7	39,93
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	20,10	22,00	20,10	20,73	41,4	45,5	40,0	42,30	39,5	43,5	38,1	40,37
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	22,00	24,20	22,10	22,77	43,3	47,6	41,8	44,23	41,3	45,4	39,9	42,20
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	22,20	24,30	22,35	22,95	43,5	47,8	42,0	44,43	41,6	45,8	40,1	42,50
	Різолайн+Різосейв	Без підживлення	20,50	22,60	20,50	21,20	41,4	45,5	40,0	42,30	40,5	44,6	39,1	41,40
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	20,90	23,00	20,90	21,60	41,9	46,1	40,4	42,80	40,9	45,0	39,5	41,80
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	22,80	25,00	22,80	23,53	44,0	48,4	42,5	44,97	41,9	46,0	40,4	42,77
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	22,95	25,00	23,00	23,65	44,2	48,6	42,7	45,17	42,1	46,3	40,6	43,00

**Площа листової поверхні сої сорту Амадеус залежно від від передпосівної
обробки насіння та позакоренових підживлень, тис. м²/га**

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Фази росту й розвитку											
			бутонізація				цвітіння				налив насіння			
			2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Амадеус	Без інокуляції	Без підживлення	21,4	23,5	20,7	21,87	43,2	47,5	41,7	44,13	41	45,1	39,6	41,90
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	21,8	24	21	22,27	43,5	47,9	42	44,47	41,4	45,5	40	42,30
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	24,3	26,7	23,4	24,80	45,6	50,1	44	46,57	43,5	47,9	42	44,47
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	24,8	27,3	23,9	25,33	46	50,6	44,4	47,00	43,9	48,3	42,4	44,87
	Різолайн+Різосейв	Без підживлення	22,1	24,3	21,3	22,57	43,6	48	42,1	44,57	41,4	45,5	40	42,30
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	22,4	24,6	21,6	22,87	44	48,4	42,5	44,97	42	46,2	40,5	42,90
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	24,9	27,4	24	25,43	46,2	50,8	44,6	47,20	44,1	48,5	42,6	45,07
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	25,3	27,8	24,4	25,83	46,6	51,3	45	47,63	44,5	49	42,9	45,47

Індекс листкової поверхні сої сортів Самородок і Амадеус залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень (середнє за 2022-2024 рр.), м²/м²

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Індекс листкової поверхні											
			Фази росту і розвитку											
			бутонізація				цвітіння				налив насіння			
			2022	2023	2024	сер	2022	2023	2024	сер	2022	2023	2024	сер
Амадеус	Без інокуляції	1	2,14	2,35	2,07	2,19	4,32	4,75	4,17	4,41	4,1	4,51	3,96	4,19
		2	2,18	2,4	2,1	2,23	4,35	4,79	4,2	4,45	4,14	4,55	4	4,23
		3	2,43	2,67	2,34	2,48	4,56	5,01	4,4	4,66	4,35	4,79	4,2	4,45
		4	2,48	2,73	2,39	2,53	4,6	5,06	4,44	4,70	4,39	4,83	4,24	4,49
	Різолайн+ Різосейв	1	2,21	2,43	2,13	2,26	4,36	4,8	4,21	4,46	4,14	4,55	4	4,23
		2	2,24	2,46	2,16	2,29	4,4	4,84	4,25	4,50	4,2	4,62	4,05	4,29
		3	2,49	2,74	2,4	2,54	4,62	5,08	4,46	4,72	4,41	4,85	4,26	4,51
		4	2,53	2,78	2,44	2,58	4,66	5,13	4,5	4,76	4,45	4,9	4,29	4,55
Самородок	Без інокуляції	1	1,98	2,18	1,91	2,02	4,1	4,51	3,96	4,19	3,91	4,3	3,77	3,99
		2	2,01	2,2	2,01	2,07	4,14	4,55	4	4,23	3,95	4,35	3,81	4,04
		3	2,2	2,42	2,21	2,28	4,33	4,76	4,18	4,42	4,13	4,54	3,99	4,22
		4	2,22	2,43	2,235	2,30	4,35	4,78	4,2	4,44	4,16	4,58	4,01	4,25
	Різолайн+ Різосейв	1	2,05	2,26	2,05	2,12	4,14	4,55	4	4,23	4,05	4,46	3,91	4,14
		2	2,09	2,3	2,09	2,16	4,19	4,61	4,04	4,28	4,09	4,5	3,95	4,18
		3	2,28	2,5	2,28	2,35	4,4	4,84	4,25	4,50	4,19	4,6	4,04	4,28
		4	2,295	2,5	2,3	2,37	4,42	4,86	4,27	4,52	4,21	4,63	4,06	4,30

Примітка: А – сорт Амадеус, С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів сої сорту Самородок за інокуляції та позакоренових підживлень порягом 2022-2024 рр.

Роки	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Фактори А, В, С	чиста продуктивність фотосинтезу (фази росту й розвитку)											
	бутонізація				цвітіння				налив насіння			
С1	2,20	2,54	2,78	2,51	0,83	0,98	1,06	0,96	0,46	0,54	0,60	0,54
С2	2,68	2,81	3,31	2,93	0,94	0,99	1,17	1,03	0,54	0,57	0,67	0,60
С3	2,52	2,66	3,16	2,78	0,86	0,91	1,09	0,95	0,53	0,56	0,66	0,58
С4	2,60	2,86	3,30	2,92	0,90	0,98	1,15	1,01	0,55	0,60	0,69	0,61
С1і	2,63	2,77	3,29	2,90	0,99	1,05	1,22	1,08	0,57	0,60	0,70	0,62
С2і	3,15	3,02	3,62	3,26	1,14	1,10	1,28	1,17	0,65	0,62	0,74	0,67
С3і	2,77	2,80	3,43	3,00	1,03	1,04	1,27	1,11	0,60	0,61	0,73	0,65
С4і	2,88	2,93	3,52	3,11	1,04	1,08	1,26	1,13	0,63	0,64	0,76	0,67

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів сої сорту Амадеус за інокуляції та позакоренових підживлень порягом 2022-2024 рр.

Роки	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Фактори А, В, С	чиста продуктивність фотосинтезу (фази росту й розвитку)											
	бутонізація				цвітіння				налив насіння			
A1	3,20	3,38	4,01	3,53	0,99	1,04	1,23	1,09	0,61	0,64	0,76	0,67
A2	3,47	3,50	4,40	3,79	1,02	1,13	1,31	1,15	0,63	0,71	0,83	0,72
A3	3,37	3,24	4,12	3,58	0,94	1,04	1,24	1,08	0,63	0,69	0,81	0,71
A4	3,76	3,42	4,36	3,85	1,05	1,10	1,31	1,15	0,69	0,72	0,84	0,75
A1i	3,27	3,36	3,86	3,50	0,99	1,00	1,21	1,07	0,63	0,66	0,78	0,69
A2i	3,79	3,70	4,50	4,00	1,10	1,15	1,34	1,20	0,72	0,78	0,88	0,79
A3i	3,59	3,43	4,21	3,74	1,03	1,11	1,26	1,13	0,71	0,75	0,86	0,77
A4i	3,79	3,58	4,50	3,96	1,09	1,15	1,35	1,20	0,75	0,79	0,92	0,82

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

Висота рослин, кількість продуктивних міжвузлів та бобів на рослині залежно від інокуляції та позакорневих підживлень у сорту Амадеус (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор В	Фактор А, С	Висота рослини, см				Висота прикріплення нижнього боба, см				Кі-сть продуктивних вузлів на рослині, шт				Кількість бобів на 1 рослині, шт			
		2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Без інокуляції	A1	87	66	67	73,33	9,60	9,10	9,20	9,30	18,10	17,80	18,50	18,13	42,30	46,10	45,70	44,70
	A2	93	68	69	76,67	10,65	10,30	10,55	10,50	18,90	21,50	19,70	20,03	45,20	47,90	46,10	46,40
	A3	95	69	71	78,33	10,80	10,45	10,70	10,65	20,80	20,50	20,80	20,70	45,7	48,7	46,7	47,03
	A4	98	72	75	81,67	11,00	10,55	10,80	10,78	22,40	23,60	22,50	22,83	46,2	50,1	47,6	47,97
Різолайн+Різосейв	A1i	97	69	71	79,00	9,85	9,50	9,90	9,75	23,20	23,60	21,10	22,63	45,1	49,1	45,8	46,67
	A2i	101	74	76	83,67	11,20	11,10	11,10	11,13	23,40	25,10	25,00	24,50	48,8	50,2	50,8	49,93
	A3i	102	75	78	85,00	11,30	11,25	11,15	11,23	26,20	25,10	24,90	25,40	49,3	52,4	50,1	50,60
	A4i	104	80	82	88,67	11,60	11,45	11,30	11,45	27,00	30,20	29,40	28,87	52,1	55,5	52,4	53,33

Примітка: А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

Висота рослин, кількість продуктивних міжвузлів та бобів на рослині залежно від інокуляції та позакорневих підживлень у сорту Самородок (середнє за 2022-2024 роки)

Фактор В	Фактор А, С	Висота рослини, см				Висота прикріплення нижнього боба, см				Кі-сть продуктивних вузлів на рослині, шт				Кількість бобів на 1 рослині, шт			
		2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє	2022	2023	2024	середнє
Без інокуляції	С1	83	84	80	82,33	9,85	9,35	10,25	9,82	16,40	17,40	18,00	17,27	42,6	39,7	40,5	40,93
	С2	88	85	83	85,33	11,05	11,25	11,40	11,23	19,70	19,20	20,40	19,77	44,50	42,30	42,50	43,10
	С3	91	91	88	90,00	11,10	11,35	11,45	11,30	19,70	21,70	20,20	20,53	45,00	42,50	44,80	44,10
	С4	95	91	90	92,00	12,40	12,55	12,65	12,53	21,80	22,70	21,50	22,00	46,10	45,20	46,40	45,90
Різолайн+Різосейв	С1 і	97	89	88	91,33	10,45	10,45	10,60	10,50	21,90	22,70	20,60	21,73	45,60	44,50	45,60	45,23
	С2 і	99	94	91	94,67	11,60	12,20	11,85	11,88	24,60	24,70	23,30	24,20	48,20	50,30	48,40	48,97
	С3 і	102	96	93	97,00	11,90	12,25	12,00	12,05	23,80	25,40	26,00	25,07	49,60	50,60	50,90	50,37
	С4 і	104	97	95	98,67	12,30	12,70	12,50	12,50	26,55	27,23	26,16	26,65	51,30	54,50	52,10	52,63

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

**Індивідуальна продуктивність рослин сої сорту Самородок залежно від інокуляції та позакоренових підживлень
(середнє за 2022-2024 роки)**

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Кі-сть насіння на 1 рослині, шт			Маса зерна з 1 рослини, г			Маса 1000 насінин, г		
			2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Самородок	Без інокуляції	Без підживлення	78,1	74,8	75,3	10,8	12,5	11,4	138,2	167,1	151,4
		Азотофіт, Хелп-рост Соя; Азотофіт, Хелп-рост Бор	83,3	85,3	87,0	13,2	13,7	13,4	157,8	160,6	154,0
		Органік баланс, Хелп-рост Соя; Органік баланс, Хелп-рост Бор	89,0	86,3	90,8	13,4	14,1	13,9	150,5	163,4	152,5
		Органік баланс, Азотофіт, Хелп-рост Соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелп-рост Бор	91,4	91,4	92,5	14,2	15,5	14,8	154,9	169,7	160,0
	Різолайн+Різосейв	Без підживлення	90,8	90,2	91,9	14,1	14,8	14,2	154,7	164,1	154,5
		Азотофіт, Хелп-рост Соя; Азотофіт, Хелп-рост Бор	95,0	99,5	93,0	16,6	15,9	15,5	174,8	159,7	166,7
		Органік баланс, Хелп-рост Соя; Органік баланс, Хелп-рост Бор	95,6	103,0	97,0	16,3	16,6	16,5	170,5	160,7	169,6
		Органік баланс, Азотофіт, Хелп-рост Соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелп-рост Бор	97,8	106,4	99,7	17,2	17,5	17,0	175,8	164,0	170,5

Додаток Л2

**Індивідуальна продуктивність рослин сої сорту Амадеус залежно від інокуляції та позакоренових підживлень
(середнє за 2022-2024 роки)**

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Кі-сть насіння на 1 рослині, шт			Маса зерна з 1 рослини, г			Маса 1000 насінин, г		
			2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Амадеус	Без інокуляції	Без підживлення	88,4	91,5	90,7	13,3	13,8	13,6	153,9	154,8	153,4
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	90,7	94,8	87,1	14,2	15,8	15,2	156,6	166,1	173,9
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	91,2	96,0	91,8	14,7	17,2	15,5	160,6	179,2	169,1
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	94,4	98,8	93,6	16,5	16,9	16,5	174,3	170,9	176,3
	Різолайн+Різосейв	Без підживлення	88,3	92,3	91,3	14,8	15,1	14,9	167,0	163,1	162,7
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	96,3	101,6	100,8	17,0	18,2	17,2	176,5	179,1	170,1
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	97,6	102,0	101,1	17,5	18,4	17,5	179,3	179,9	172,6
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	102,8	107,1	105,5	18,6	19,5	18,8	180,9	182,1	178,2

**Вплив хелатних мікродобрив та біоінокулянтів на урожайність сої сортів Самородок і Амадеус
по 4 повторностях за 2022 рік, т/га**

Фактор А	Фактор В	Фактор С (підживлення)	I	II	III	IV	Середнє за 2022 рік досліджень
Самородок	Без інокуляції (контроль)	Без підживлення	2,49	2,45	2,46	2,5	2,48
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,67	2,62	2,63	2,68	2,65
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	2,77	2,71	2,76	2,72	2,74
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,04	3,08	3,09	3,07	3,07
	Різолайн-р+ Різосейв	Без підживлення	2,77	2,72	2,76	2,75	2,75
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	3,19	3,15	3,16	3,18	3,17
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	3,3	3,25	3,24	3,29	3,27
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,44	3,5	3,45	3,49	3,47
Амадеус	Без інокуляції (контроль)	Без підживлення	2	2,04	2,01	2,03	2,02
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,42	2,47	2,48	2,43	2,45
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	2,48	2,54	2,49	2,53	2,51
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	2,67	2,61	2,62	2,66	2,64
	Різолайн-р+ Різосейв	Без підживлення	2,59	2,63	2,66	2,6	2,62
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	3,05	3,14	3,08	3,13	3,1
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	3,03	3,06	3,02	3,05	3,04
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,18	3,23	3,24	3,19	3,21
НІР ₀₅ А	0,013835						
НІР ₀₅ В	0,013835						
НІР ₀₅ С	0,019566						
НІР ₀₅ АВ	0,019566						
НІР ₀₅ АС	0,02767						
НІР ₀₅ ВС	0,02767						
НІР ₀₅ АВС	0,039131						

**Вплив хелатних мікродобрив та біоінокулянтів на урожайність сої сортів Самородок і Амадеус
по 4 повторностях за 2023 рік, т/га**

Фактор А	Фактор В	Фактор С (підживлення)	I	II	III	IV	Середнє за 2023 рік досліджень
Самородок	Без інокуляції (контроль)	Без підживлення	2,31	2,35	2,37	2,29	2,33
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,55	2,56	2,58	2,53	2,56
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	2,63	2,54	2,69	2,65	2,63
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	2,91	2,82	2,95	2,86	2,89
	Різолайн-р+ Різосейв	Без підживлення	2,79	2,76	2,76	2,74	2,76
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	3,05	2,91	2,91	3,01	2,97
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	3,1	3,06	3,02	3,08	3,07
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,25	3,23	3,24	3,31	3,26
Амадеус	Без інокуляції (контроль)	Без підживлення	2,55	2,62	2,56	2,58	2,58
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,9	2,97	2,95	2,92	2,94
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	2,98	3,0	2,91	3,01	2,98
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,15	3,16	3,1	3,18	3,15
	Різолайн-р+ Різосейв	Без підживлення	2,77	2,81	2,83	2,82	2,81
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	3,35	3,37	3,44	3,42	3,40
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	3,38	3,41	3,47	3,44	3,43
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,64	3,69	3,63	3,59	3,64
НІР ₀₅ А	0,02111						
НІР ₀₅ В	0,02111						
НІР ₀₅ С	0,029854						
НІР ₀₅ АВ	0,029854						
НІР ₀₅ АС	0,04222						
НІР ₀₅ ВС	0,04222						
НІР ₀₅ АВС	0,059708						

**Вплив хелатних мікродобрив та біоінокулянтів на урожайність сої сортів Самородок і Амадеус
по 4 повторностях за 2024 рік, т/га**

Фактор А	Фактор В	Фактор С (підживлення)	I	II	III	IV	Середнє за 2024 рік досліджень
Самородок	Без інокуляції (контроль)	Без підживлення	2,1	2,17	2,11	2,15	2,13
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,48	2,52	2,48	2,51	2,50
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	2,56	2,62	2,57	2,59	2,59
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	2,77	2,68	2,82	2,76	2,76
	Різолайн-р+ Різосейв	Без підживлення	2,64	2,63	2,69	2,68	2,66
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,92	2,89	2,92	2,84	2,89
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	3,05	3,06	3,02	3,05	3,05
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,17	3,23	3,23	3,1	3,18
Амадеус	Без інокуляції (контроль)	Без підживлення	2,54	2,51	2,56	2,5	2,53
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,81	2,84	2,85	2,81	2,83
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	2,85	2,91	2,96	2,83	2,89
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,06	3,08	3,11	3,07	3,08
	Різолайн-р+ Різосейв	Без підживлення	2,77	2,74	2,81	2,75	2,77
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	3,21	3,16	3,22	3,19	3,20
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	3,28	3,25	3,27	3,24	3,26
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,47	3,52	3,49	3,54	3,51
НІР ₀₅ А	0,016666						
НІР ₀₅ В	0,016666						
НІР ₀₅ С	0,023569						
НІР ₀₅ АВ	0,023569						
НІР ₀₅ АС	0,033332						
НІР ₀₅ ВС	0,033332						
НІР ₀₅ АВС	0,047139						

Вміст сирого протеїну в насінні сої сортів Самородок і Амадеус залежно від інокуляції та позакоренових підживлень

Фактор В	Фактор С	Вміст сирого протеїну, %					
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
		Фактор А					
		Самородок			Амадеус		
Без інокуляції	Без підживлення	37,45	34,01	36,21	39,78	36,26	37,71
	Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	38,48	34,07	36,41	40,35	36,51	37,81
	Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	38,33	34,57	37,51	40,92	36,95	38,41
	Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	38,65	35,07	37,95	41,60	37,20	39,51
Різолайн+Різосейв	Без підживлення	38,91	34,82	37,51	41,49	36,51	38,81
	Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	40,31	35,45	38,01	41,71	37,51	39,81
	Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	39,41	35,95	38,41	41,83	37,64	40,11
	Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	40,51	38,39	40,11	42,62	38,26	40,31

Вміст жиру в насінні сої сортів Самородок і Амадеус залежно від інокуляції та позакоренових підживлень

Фактор В	Фактор С	Вміст жиру, %					
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
		Фактор А					
		Самородок			Самородок		
Без інокуляції	Без підживлення	18,54	19,53	16,44	18,42	18,82	16,66
	Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	18,73	19,75	16,82	18,72	19,18	17,01
	Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	18,92	19,79	17,08	18,84	19,46	17,03
	Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	20,43	21,23	17,38	19,14	20,66	17,43
Різолайн+Різосейв	Без підживлення	19,23	20,51	17,23	19,10	20,21	17,16
	Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	20,69	21,52	17,42	19,55	21,66	17,39
	Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	21,22	21,86	17,70	19,97	21,83	17,54
	Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	21,57	22,62	17,74	20,49	22,35	17,75

Структура витрат по вирощуванню сої сортів Самородок і Амадеус на 1 га, (у середньому за 2022-2024 рр.)

Шифр	Насіння	Пальне	Біопрепарати	Засоби захисту + фон NPK	Інші витрати на агротехніку та З/П	Всього витрат, грн	Насіння	Пальне	Біопрепарати	Засоби захисту + фон NPK	Інші витрати на агротехніку та З/П	Всього витрат, %
Амадеус (без інокуляції)												
A1	2970	4516,348	0	2135	7570	17191,35	17,28	26,27	0,00	12,42	44,03	100
A2	2970	4969,548	609	2135	8360	19043,55	15,60	26,10	3,20	11,21	43,90	100
A3	2970	4969,548	644	2135	8360	19078,55	15,57	26,05	3,38	11,19	43,82	100
A4	2970	4969,548	884	2135	8360	19318,55	15,37	25,72	4,58	11,05	43,27	100
Амадеус (інокуляція)												
A1i	2970	4516,348	1479	2135	7570	18670,35	15,91	24,19	7,92	11,44	40,55	100
A2i	2970	4969,548	2088	2135	8360	20522,55	14,47	24,22	10,17	10,40	40,74	100
A3i	2970	4969,548	2123	2135	8360	20557,55	14,45	24,17	10,33	10,39	40,67	100
A4i	2970	4969,548	2363	2135	8360	20797,55	14,28	23,89	11,36	10,27	40,20	100
Самородок (без інокуляції)												
C1	2700	4516,348	0	2135	7570	16921,35	15,96	26,69	0,00	12,62	44,74	100
C2	2700	4969,548	609	2135	8360	18773,55	14,38	26,47	3,24	11,37	44,53	100
C3	2700	4969,548	644	2135	8360	18808,55	14,36	26,42	3,42	11,35	44,45	100
C4	2700	4969,548	884	2135	8360	19048,55	14,17	26,09	4,64	11,21	43,89	100
Самородок (інокуляція)												
C1i	2700	4516,348	1479	2135	7570	18400,35	14,67	24,54	8,04	11,60	41,14	100
C2i	2700	4969,548	2088	2135	8360	20252,55	13,33	24,54	10,31	10,54	41,28	100
C3i	2700	4969,548	2123	2135	8360	20287,55	13,31	24,50	10,46	10,52	41,21	100
C4i	2700	4969,548	2363	2135	8360	20527,55	13,15	24,21	11,51	10,40	40,73	100

Примітка: С – сорт Самородок, А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрот соя; Азотофіт, Хелпрот бор.

3 – Органік баланс, Хелпрот соя; Органік баланс, Хелпрот бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрот соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрот бор.

Енергетична ефективність вирощування сої сорту Амадеус залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень, (у середньому за 2022-2024 рр.)

Сорт	Інокуляція	Підживлення	Урожайність, (У) т/га	Витрати сукупної антропогенної енергії на 1 га (ΣЕа), МДж	Вихід з 1 га валової енергії (ВЕу), МДж	Енергоємність 1 т продукції (Q), МДж	Енергетичний коефіцієнт (ЕК)
Амадеус	Без інокуляції	Без підживлення	2,53	24489,03	45797,05	9679,46	1,87
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,81	27181,47	50865,50	9673,12	1,87
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	2,87	27181,47	51951,59	9470,90	1,91
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,1	27181,47	56114,96	8768,22	2,06
	Різольайн-р+ Різосейв	Без підживлення	2,78	24581,03	50322,45	8842,10	2,05
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	3,26	27273,47	59011,22	8366,10	2,16
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	3,32	27273,47	60097,31	8214,90	2,20
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,54	27273,47	64079,66	7704,37	2,35

Примітка: Кс – вміст сухої речовини в рослинницькій продукції, % (для сої 0,88);

q_{пр} – вміст енергії в одному 1кг отриманої продукції, МДж/кг (для сої 20,57).

А – сорт Амадеус, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

Енергетична ефективність вирощування сої сорту Самородок залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень, (у середньому за 2022-2024 рр.)

Сорт	Інокуляція	Підживлення	Урожайність, т/га	Витрати сукупної антропогенної енергії на 1 га (ΣE_a), МДж	Вихід з 1 га валової енергії (ВЕу), МДж	Енергоємність 1 т продукції (Q), МДж	Енергетичний коефіцієнт (ЕК)
Самородок	Без інокуляції	Без підживлення	2,16	24489,03	39099,46	11337,51	1,60
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,5	27181,47	45254,00	10872,59	1,66
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	2,58	27181,47	46702,13	10535,45	1,72
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	2,76	27181,47	49960,42	9848,36	1,84
	Різольн-р+ Різосейв	Без підживлення	2,68	24581,03	48512,29	9172,03	1,97
		Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор	2,99	27273,47	54123,78	9121,56	1,98
		Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор	3,05	27273,47	55209,88	8942,12	2,02
		Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор	3,22	27273,47	58287,15	8470,02	2,14

Примітка: Кс – вміст сухої речовини в рослинницькій продукції, % (для сої 0,88);

$q_{пр}$ – вміст енергії в одному 1кг отриманої продукції, МДж/кг (для сої 20,57).

Примітка: С – сорт Самородок, і – інокуляція.

1 – без підживлення.

2 – Азотофіт, Хелпрост соя; Азотофіт, Хелпрост бор.

3 – Органік баланс, Хелпрост соя; Органік баланс, Хелпрост бор.

4 – Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост соя; Органік баланс, Азотофіт, Хелпрост бор.

Класифікація фаз росту і розвитку сої за шкалою Шнейтера-Міллера та шкалою ВВСН

В Україні, де соя є стратегічною культурою, набуває актуальності дослідження процесів росту і розвитку цієї культури для підвищення врожайності та оптимізації технологій вирощування. Ріст і розвиток цієї культури є складним процесом, який залежать від низки факторів, зокрема сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та фону підживлення. Для оцінки цих процесів науковці застосовують різні класифікації фаз росту й розвитку сої, серед яких найпоширенішими є система ВВСН (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) та американська система Fehr-Caviness (широко використовувана шкала для визначення стадій розвитку сої. Вона була розроблена Волтером Р. Фером і Чарльзом Е. Кавінессом у 1977 році та стала стандартом для опису фенологічних стадій сої в Сполучених Штатах та багатьох інших країнах. Система поділяє розвиток сої на дві основні фази: вегетативну (V) та репродуктивну (R).)

Для ефективного контролю посівів, збору інформації та прийняття рішень щодо агротехнічних заходів необхідно чітко знати фази розвитку сої (етапи органогенезу).

Шкала Шнейтера та Міллера – це система класифікації, яка використовується для опису стадій росту сої. Вона була розроблена для стандартизації опису розвитку сої та полегшення спілкування між дослідниками, фермерами та агрономами.

Згідно зі шкалою Шнейтера та Міллера, розвиток сої поділяється на вегетативні (позначаються літерою V) та репродуктивні (позначаються літерою R) стадії. Вегетативні стадії характеризуються формуванням основної вегетативної маси та закладкою репродуктивних органів. Вегетативні стадії розвитку рослин є критично важливим періодом, протягом якого формується основа для майбутнього врожаю. Цей етап характеризується активним ростом та розвитком надземної та підземної частин рослини, а також підготовкою до переходу до репродуктивної фази. Характеристику подано в таблиці [1].

Характеристика фаз росту і розвитку сої за шкалою Шнейтера та Міллера

Вегетативні стадії (V):	
VE – Поява сходів:	Початок росту рослини: формується конус наростання, і зародкова брунька з'являється на поверхні ґрунту. Корінь пробивається через насінневу оболонку та починає рости.
VC – Примордіальні листки:	Сім'ядолі виходять на поверхню ґрунту. Відбувається розкриття перших листків (примордіальних).
V1 – Перший трійчастий листок:	Починається формування справжніх листків та міжвузлів. Закладаються зачатки бічних пагонів та суцвіть.
V2 – Другий трійчастий листок:	Продовжується формування справжніх листків та міжвузлів. Розвиваються зачатки бічних пагонів та суцвіть.
V3 – Третій трійчастий листок:	Формується вісь суцвіття та квіткові органи.
Репродуктивні стадії (R):	
R1 – Початок цвітіння:	Початок цвітіння (у сої цвітіння відбувається при закритих квітках, оскільки вона є самоzapильною рослиною).
R2 – Цвітіння:	Відкрита квітка в одному з двох верхніх вузлів.
R3 – Початок утворення стручка:	Початок інтенсивного росту боба та утворення зародка насінини.
R4 – Стручок повністю сформований:	Починається органогенез зародка насінини. Насіння починає наливатися. Завершується формування бобів. Відбувається інтенсивний налив бобів. Закінчується формування зародка в насініні.
R5 – Початок дозрівання – повна стиглість:	Завершується налив насіння. Насіння починає втрачати вологу. Рослини повністю відмирають. Завершуються всі біохімічні процеси.

**Джерело: сформовано автором за даними [1].*

Ця класифікація допомагає агрономам та фермерам точно визначати стадії розвитку сої для оптимального планування та проведення агротехнічних заходів.

Окрім того, існує ще одна система класифікації, яка характеризує фази розвитку сої. Це світова загальноприйнята класифікація, яка детальніше описує процеси росту та розвитку рослин. Вона була розроблена в Європі в другій половині ХХ ст. Шкала ВВСН є міжнародною та часто використовується при проведенні дослідів, що полегшує використання та обробку інформації згідно з загальноприйнятими стандартами. Кожна стадія розвитку рослини позначається двозначним числом. Перша цифра вказує на основну стадію розвитку. Друга цифра вказує на підстадію

розвитку (мікростадію). Шкала ВВСН може бути застосована до широкого спектру культур, включаючи зернові, овочеві, плодові та ягідні. Опис кодів ВВСН для сої в таблиці [1].

Опис кодів по фазам росту і розвитку сої за класифікацією ВВСН.

00-09	00-03 Від посіву до повного набухання. 05-06 Відростання корінчика та формування кореневих волосків. 07-09 Відростання гіпокотилію та поява сім'ядолей над поверхнею ґрунту.
10-19	10 Сім'ядолі повністю розвернуті. 11 Перша пара примордіальних листків розвертається перший трійчастий. 12-19 розвертання від другого до дев'ятого трійчастого листка; немає видимих бічних пагонів.
21-29	Розвиток та відростання 1-9 або більше бічних пагонів першого порядку безперервно до наступної фази, видно стовбурові подовження.
49	49 Плодоносні вегетативні частини рослин досягли остаточного розміру (збирання сої для кормових цілей).
51-59	51-55 Поява та збільшення перших бутонів. 56-59 Видно пелюстки першої квітки; квіти, як і раніше, закриті.
60-69	Від початку цвітіння: близько 10% квіток відкрито; до завершення періоду цвітіння: стручки стають видимими (приблизна довжина 5 мм).
70-79	70-71 Близько 10% стручків досягли кінцевої довжини (1-20 мм). Початок утворення зерна. 72-73 Близько 20%-30% стручків досягли кінцевої довжини (15-20 мм). Початок наповнення зерна. 74-75 Близько 40-50% стручків досягли кінцевої довжини (15-20 мм). Основний період фази розвитку наповнення зерна. 77 Близько 70% стручків досягли кінцевої довжини (15-20 мм) Закінчення наповнення зерна. 79 Майже всі стручки досягли кінцевої довжини. Насіння заповнило порожнини більшості стручків.
80-85	80-81 Початок дозрівання: приблизно 10% дозрілих стручків, мають остаточний колір, сухі і тверді. Початок дозрівання плодів та насіння. 82-85 Середина дозрівання: 20-50% стиглих стручків, мають остаточний колір, сухі і тверді.
86-90	86-89 Понад 60-80% дозрілих стручків, мають остаточний колір, сухі і тверді. Початок повної стиглості: майже всі стручки дозрілі, мають остаточний колір, сухі і тверді. 90 Більшість стручків дозріла, мають остаточне забарвлення, сухі і тверді.
91-99	91-94 Понад 20-40% листя пожовкло або опало. 95-96 Близько 50-60% листя пожовкло або опало. 97-99 Відмирання кореневої системи та стебла. Збирання урожаю насіння.

**Джерело: сформовано автором на основі [1].*

Використання шкали ВВСН дозволяє точно та однозначно описувати стадії розвитку рослин, що сприяє покращенню комунікації між фахівцями та підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва.



Сорт сої Самородок (зліва) і Амадеус (справа) на дослідній ділянці НДГ «Агрономічне», 2022 р.

Продовження додатку Р2



Соя сорту Самородок і Амадеус у фазу цвітіння, дослідна ділянка НДГ «Агрономічне»

Продовження додатку Р2



Соя сорту Самородок (зліва) і Амадеус (справа) у фазу повної стиглості

Фермерське Господарство «Про-Харвест»

п/р UA793204780000026006924868238 у банку Укргазбанк,
Україна, Вінницька обл., Вінницький р-н., с. Тиврів, вул. Тивверська, буд. 47,
код за ЄДРПОУ 4299376, тел. (067) 418 52 94, mail: 8zorya@gmail.com

Вих. № 26 від 01.12.2023 р.

АКТ

про впровадження наукових досліджень дисертаційної роботи у виробництво

1. *Назва установи* – Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.
2. *Тема дисертації* – «Вдосконалення елементів технології вирощування адаптивних сортів сої в умовах Лісостепу правобережного».
3. *Впровадження здійснювались на базі* ФГ «Про-Харвест» с. Тиврів Вінницького району Вінницької області.
4. *Відповідальні за проведення впровадження* :
від Вінницького національного аграрного університету – аспірантка кафедри рослинництва та садівництва Коробко А.А.
від господарства – голова Овчарук І.І.
5. *Умови проведення впроваджень* – територія господарства розташована у провобережному Лісостепу України, ґрунти – сірі опідзолені середньосуглинкові, клімат – помірно-континентальний. Площа впровадження – 2 га. Культура, на якій проводилось впровадження – соя. Строк проведення впровадження – 2023 р.
6. *Результати впроваджень*: підвищення урожайності сої на 33-36% від застосування удосконалених елементів технології вирощування сортів сої Самородок та Амадеус порівняно з контрольним варіантом.

Відповідальні виконавці:

аспірантка кафедри рослинництва
та садівництва Вінницького
національного аграрного університету



Коробко Аліна Анатоліївна

Голова ФГ «Про-Харвест»




Овчарук Іванна Іванівна

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор Вінницького національного
аграрного університету
Віктор МАЗУР
« 8 » листопада 2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор науково-дослідного
господарства «Агрономічне» ВНАУ
Віктор ЄМЧИК
« 8 » листопада 2023 р.

АКТ
про впровадження наукових досліджень дисертаційної роботи
у виробництво
від « 8 » листопада 2023 р.

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи аспірантки спеціальності 201 Агрономія кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету Коробко Аліни Анатоліївни за темою дисертації: «Вдосконалення елементів технології вирощування адаптивних сортів сої в умовах Лісостепу правобережного» впроваджено у науково-дослідному господарстві «Агрономічне» ВНАУ с. Агрономічне Вінницького району Вінницької області.

Відповідальні за впровадження:

від Вінницького національного аграрного університету – аспірантка кафедри рослинництва та садівництва Коробко Аліна Анатоліївна.

Від науково дослідного господарства «Агрономічне» ВНАУ – директор Ємчик Віктор Володимирович.

Сільськогосподарська культура: соя.

Період впровадження: 2023 р.

Вид впровадження: передпосівна обробка насіння та позакореневі підживлення біопрепаратами БТУ Центр при вирощуванні сої та їх вплив на урожайність досліджуваних сортів рослин сої.

Характеристика масштабів впровадження: вирощування сої за різних елементів технології вирощування відповідно до схеми дослідження дисертаційного дослідження на площі 4 га.

Новизна наукових досліджень дисертаційної роботи: вивчено вплив інокуляції та позакореневих підживлень біопрепаратами на урожайність рослин сої в порівнянні з контролем.

Результати впровадження: підвищення урожайності сої від застосування удосконалених елементів технології вирощування порівняно з контрольним варіантом.

Директор НДГ «Агрономічне» ВНАУ

Віктор ЄМЧИК

Аспірантка ВНАУ

Аліна КОРОБКО

Фермерське господарство



«АГРО-САД»

24041
Вінницька обл.
Могилів-Подільський р-н.
с. Озаринці
вул. Лесі України, 48
01 жовтня 2024 р.
№ 1/10

код ЄДРПОУ 38373416
UA693020760000026003300991689
АТ «Ощадбанк» м.Вінниця
ІПН 383734102128

АКТ

впровадження наукових досліджень дисертаційної роботи у виробництво
від «1» жовтня 2024 р.

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи аспірантки спеціальності 201 Агронімія кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету **Коробко Аліни Анатоліївни** за темою дисертації: «Вдосконалення елементів технології вирощування адаптивних сортів сої в умовах Лісостепу правобережного» впроваджено у ФГ «Агро-Сад».

Сільськогосподарська культура: соя.

Період впровадження: 2023-2024 рр.

Вид впровадження: агротехнічні заходи (передпосівна обробка насіння та позакореневі підживлення біопрепаратами БТУ Центр) при вирощуванні сої та їх вплив на урожайність досліджуваних сортів рослин сої.

Характеристика масштабів впровадження: вирощування сої за різних елементів технології вирощування відповідно до схеми дослідження на площі 4 га.

Новизна наукових досліджень дисертаційної роботи: вивчено вплив інюкуляції та позакореневих підживлень біопрепаратами на урожайність рослин сої в порівнянні з контролем.

Результати впровадження: підвищення урожайності сої на 28-30% від застосування удосконалених елементів технології вирощування сортів сої Самородок та Амадеус порівняно з контрольним варіантом.

Голова ФГ «Агро-Сад»



Б.І. Телеватюк

Телеватюк Б.І.



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, тел. (0432) 46-00-03,
email: office@vsau.org, rector@vsau.org, код ЄДРПОУ 00497236

13 грудня 2023 р. № 01.1-59-1412
на № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
дисертаційної роботи **Коробко Аліни Анатоліївни**
на тему «Вдосконалення елементів технології вирощування адаптивних
сортів сої в умовах Лісостепу правобережного»

Повідомляємо, що наукові розробки Коробко Аліни Анатоліївни за вказаною темою дисертації мають практичну цінність, що зумовило їх впровадження у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри рослинництва та садівництва.

Положення дисертаційної роботи використовується при викладанні навчальної дисципліни «Рослинництво».

Довідка видана Коробко А.А. для представлення у спеціалізовану вчену раду за місцем захисту її дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної комісії Вінницького національного аграрного університету від 28 листопада 2023 року протокол № 4.

Ректор



Віктор МАЗУР

№ 00784