

Міністерство освіти і науки України
Сумський національний аграрний університет

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЧЕРВОНА ВІКА ОЛЕГІВНА

УДК: 633.34:633.37:631.461.5:631.559(477.6)


ДИСЕРТАЦІЯ

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ
ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ БОБОВО-РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ СОЇ
І НУТУ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 201 «Агрономія»

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

 В. О Червона

Науковий керівник: Мельник Тетяна Іванівна,
кандидат біологічних наук, професор

Суми – 2026

АНОТАЦІЯ

Червона В. О. Особливості формування продуктивності та функціонування бобово-ризобіального симбіозу сої і нуту в умовах Лівобережного Лісостепу України. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія». – Сумський національний аграрний університет, Міністерство освіти і науки України, Суми, 2026.

Обґрунтування вибору теми дослідження. У системі сучасного агровиробництва бобові культури відіграють стратегічну роль у вирішенні глобальної продовольчої безпеки та подоланні дефіциту рослинного білка. Соя та нут є не лише джерелами цінної сировини для харчової та переробної галузей, а й ключовими біологічними агентами підвищення родючості ґрунтів завдяки здатності до симбіотичної азотфіксації.

Проте в умовах Лівобережного Лісостепу України потенціал цих культур реалізується не повною мірою. Це зумовлено як змінами клімату в бік потепління, так і недостатнім вивченням синергічної взаємодії сучасних сортових ресурсів із засобами передпосівного оброблення насіння. Зокрема, питання сумісності новітніх фунгіцидних протруювачів із високоактивними штамми ризобій залишається дискусійним. Необхідність наукового обґрунтування комплексних схем захисту та інокуляції насіння, які б дозволили мінімізувати пестицидний тиск на бобово-ризобіальний симбіоз і забезпечити стабільну продуктивність, визначає актуальність вибраного напрямку досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів. *Уперше* в умовах Лівобережного Лісостепу України проведено комплексне дослідження синергічної взаємодії сучасних фунгіцидних протруювачів (Февер, Стандак Топ та ін.) із високоактивними штамми ризобій (ХіСтік, Ризолайн та ін.) на нових сортах сої та нуту вітчизняної та зарубіжної селекції. *Уперше* проаналізовано динаміку активного симбіотичного потенціалу та його кореляційного зв'язку з площею асиміляційної поверхні сортів сої та нуту. Побудовано тривимірні моделі поверхонь відгуку, які візуалізують нелінійний характер взаємозв'язку між

фізичними (маса 1 000 насінин) та біохімічними (вміст білка та жиру) якостями врожаю, що дозволяє прогнозувати технологічні кондиції зерна залежно від елементів технології. Математично обґрунтовано та кількісно визначено частки впливу окремих факторів (сорту, інокулянта та протруювача) на формування врожайності та якісних показників насіння. *Удосконалено* наукові підходи до формування високопродуктивних агроценозів зернобобових культур через оптимізацію передпосівної бактеризації на фоні сучасних систем захисту, що забезпечує стабільне функціонування бобово-ризобіального симбіозу за умови пестицидного навантаження. *Набуло подальшого розвитку вивчення* сортової реакції сої та нуту на бобово-ризобіальний симбіоз залежно від метеорологічних умов, комплексного застосування сучасних фунгіцидних протруювачів та високоактивних штамів ризобій. *Розраховано та обґрунтовано* економічні та енергетичні показники ефективності вирощування сої та нуту залежно від сортових особливостей, комплексного застосування протруювачів та інокулянтів за вирощування сої та нуту.

Практичне значення одержаних результатів. Основні елементи дослідження пройшли перевірку та впроваджені в умовах сільськогосподарських підприємств Сумської та Полтавської областей, зокрема на базі ТОВ «ЛСК-11» та ПСП «Колос», де досліджувані технологічні прийоми були реалізовані на загальній площі 51 га.

У дисертації подано результати наукового обґрунтування та вдосконалення агротехнічних заходів вирощування сої та нуту. Досліджено закономірності впливу генотипу сорту, передпосівного протруювання насіння та інокуляції на процеси росту й розвитку культур. Визначено особливості формування фотосинтетичної поверхні та симбіотичної активності рослин, а також встановлено їх роль у забезпеченні високої врожайності та поліпшенні якісних характеристик зерна.

На основі наукових праць проведено комплексний аналіз світового та вітчизняного досвіду вирощування сої та нуту, визначено їх роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Висвітлено значення сортових ресурсів як

фундаментального фактора реалізації генетичного потенціалу врожайності обох культур. Особливу увагу приділено механізмам формування бобово-ризобіального симбіозу та специфіці функціонування азотфіксувального апарату в сучасних агроценозах. Оцінено наукові підходи щодо сумісного застосування інокулянтів та засобів хімічного захисту насіння, а також проаналізовано їх вплив на розвиток фотосинтетичного апарату, активність симбіотичного потенціалу, рівень урожайності, масу 1 000 насінин та якісні показники зерна.

Було визначено придатність природно-кліматичних умов Лівобережного Лісостепу України для ефективного вирощування сої та нуту. Аналіз метеорологічних даних показав тенденцію до поступового зростання рівня зволоження за період досліджень. Зокрема, 2020 рік характеризувався дефіцитом опадів (ГТК = 0,75), тоді як у 2021 році зволоження було оптимальним (ГТК = 1,29). Вегетаційний період 2022 року відзначався надмірною кількістю вологи, про що свідчить зростання гідротермічного коефіцієнта до 1,67.

Реалізація потенціалу врожайності та формування високих якісних показників зернобобових культур безпосередньо залежать від створення посівів із оптимальними параметрами асиміляційного апарату та стабільною динамікою його зростання. У наших дослідженнях за методикою Нечипоровича було визначено, що найінтенсивніше формування листової поверхні сої та нуту відбувалося за умови поєднання особливостей сорту з протруюванням та інокуляцією. Зокрема, максимальних значень цей показник досяг у варіанті вирощування сої сорту Кордоба за комплексної дії протруйника Максим Адванс та інокулянта ХіСтік, забезпечивши площу асиміляційної поверхні на рівні 38,34 тис. м²/га. У посівах нуту найвищі параметри площі листової поверхні 38,00 тис. м²/га зафіксовано в сорту Одисей за сумісного застосування протруйника Февер та інокулянта Ризолайн.

За результатами спектрофотометричного аналізу на приладі ULAB 102 встановлено, що формування пігментного складу (хлорофілів a+b) рослин сої та нуту істотно залежало від взаємодії сортових особливостей із елементами технології вирощування. У посівах сої кращий результат забезпечив сорт Діадема

Поділля (3,47 мг/г). Інокуляція препаратом ХіСтік була найбільш ефективною (3,47 мг/г), тоді як протруювання дещо знижувало вміст пігментів порівняно з контролем (3,44 мг/г). Максимальний показник 4,05 мг/г отримано у варіанті: сорт Кордоба + ХіСтік + без протруйника.

У дослідах із нутом лідирував сорт Іордан (2,65 мг/г). Застосування інокулянта Ризолайн виявилось ключовим фактором, що підвищив рівень хлорофілу на 10,5 % (до 2,64 мг/г). На відміну від сої протруйник Февер позитивно вплинув на пігментний склад (2,63 мг/г). Найвище значення (2,89 мг/г) забезпечила комбінація: сорт Іордан + Ризолайн + Февер.

Симбіотичний апарат найкраще формувався в сорту Кордоба під час наливу зерна. Головну роль тут відіграє інокулянт ХіСтік, який збільшує кількість бульбочок на корінні в кілька разів. Найкраще поєднання для сої – це сорт Кордоба + ХіСтік + Февер. Така комбінація захищає рослину від хімічного стресу та дає можливість сформувати бульбочки 43,3 шт./рослину масою 1,82 г, де 76 % були функціонально активними.

Для нуту інокуляція є обов'язковою, оскільки в нашому ґрунті немає потрібних йому бактерій *Mesorhizobium ciceri*. Найбільш чутливим до інокуляції виявився сорт Одисей. Застосування комбінації Ризолайн + Февер на цьому сорті забезпечило максимальні показники: 60,75 шт. бульбочок на рослину з масою 1,187 г, причому 85 % симбіонтів зберігали високу активність.

Трирічні дослідження (2020–2022 рр.) показали, що найкраще азотфіксувальний апарат розвивається в сорту Кордоба (18,7 тис. кг×діб/га). Інокуляція препаратом ХіСтік забезпечила найвищі прирости показників. Щодо захисту насіння, то найкраще себе проявив протруйник Февер, тоді як препарат Стандак Топ, навпаки, гальмував розвиток бульбочок. У кінцевому підсумку найбільш вигідною стала комбінація сорт Кордоба + ХіСтік + Февер, яка дозволила досягти максимуму активного симбіотичного потенціалу 34,6 тис. кг×діб/га навіть за мінливої погоди.

Дослідження АСП нуту показали, що серед сортів лідирує Одисей (6,53 тис. кг×діб/га), який значно випередив Скарб та Іордан. Вирішальним

фактором став інокулянт Ризолайн, що забезпечив найвищий рівень та тривалість активності симбіозу (8,67 тис. кг×діб/га). Найкращу сумісність із біопрепаратами продемонстрував протруйник Февер, тоді як Стандак Топ максимально пригнічував роботу бульбочок. Піковий показник АСП (13,05 тис. кг×діб/га) отримано в 2021 році за поєднання сорт Одисей + Ризолайн + Февер, що підтверджує ефективність цієї схеми за сприятливих погодних умов.

Кореляційно-регресійний аналіз підтвердив наявність прямого позитивного зв'язку між площею листової поверхні (ПЛП) та активним симбіотичним потенціалом (АСП) нуту. Установлений коефіцієнт кореляції за високого рівня значущості свідчить про помірну, але статистично достовірну залежність між цими показниками. Це доводить, що розвиток асиміляційного апарату під впливом сортових особливостей, інокуляції та протруювання безпосередньо стимулює функціонування симбіотичної системи рослин.

Урожайність та маса насіння з однієї рослини є інтегральними показниками, що відображають ефективність реалізації сортового потенціалу культур під впливом технологічних чинників. Саме ці параметри дозволяють об'єктивно оцінити здатність агрофітоценозу до формування продуктивності в конкретних екологічних умовах. Вирощування сої підтвердили перевагу сорту Кордоба, який найповніше реалізував свій потенціал як за масою насіння з рослини (3,69 г), так і за рівнем загальної врожайності. Ключовим технологічним чинником став інокулянт ХіСтік, що забезпечив стабільну перевагу над інокулянтом Оптімайз у всіх варіантах захисту. Найвищу синергію з біопрепаратами продемонстрував протруйник Февер, тоді як використання препарату Стандак Топ мінімізувало ефект від інокуляції. Отже, для досягнення пікових показників індивідуальної та загальної продуктивності оптимальним є поєднання сорту Кордоба з тандемом препаратів Февер та ХіСтік, які дозволили досягти врожайності на рівні 3,49 т/га.

Комплексна оцінка показників нуту засвідчила, що найвищу індивідуальну продуктивність формує сорт Одисей, маса насіння якого за оптимальної схеми обробки становила 3,18 г/рослину. Ключову роль у досягненні цього результату відіграла інокуляція препаратом Ризолайн у поєднанні з протруйником Февер.

Аналогічна тенденція зафіксована й за аналізу врожайності. Використання зазначеної технологічної комбінації на сорті Одисей забезпечило максимальну врожайність культури на рівні 2,72 т/га, тоді як застосування інших схем (зокрема з протруйником Стандак Топ) призводило до істотного зниження продуктивності.

Важливим індикатором якості та виповненості зерна сої є його крупність, що виражається масою 1 000 насінин. Дослідження виявили, що найбільш крупнонасінним є сорт Тенор (219,57 г), який значно випередив Діадему Поділля та Кордобу. Ключовим технологічним чинником поліпшення виповненості зерна стала інокуляція препаратом ХіСтік (216,06 г). Серед засобів захисту максимальну масу 1 000 насінин забезпечив протруйник Февер (212,04 г). Максимальний показник у досліді (259,21 г) зафіксовано в 2020 році за комбінації сорт Тенор + інокуляція ХіСтік + протруювання Февер.

Дослідження маси 1 000 насінин нуту засвідчили, що найбільшу крупність зерна формує сорт Скарб (середнє 355,18 г), який істотно переважає сорти Іордан та Одисей. Головним фактором виповненості насіння стала інокуляція препаратом Ризолайн (350,78 г), а серед фунгіцидів найкращий результат забезпечив Февер (349,09 г). Максимальний показник маси тисячі зерен (400,96 г) зафіксовано за поєднання сорт Скарб + Ризолайн + Февер.

Зернобобові культури, зокрема соя та нут, мають високу поживну цінність завдяки значному вмісту рослинного білка та жирів. Для детальної оцінки біохімічного складу зерна було використано сучасний інфрачервоний аналізатор SupNir 2700, за допомогою якого встановлено точні показники накопичення протеїну та олії в розрізі досліджуваних варіантів.

Максимальний вміст сирого протеїну забезпечив сорт Діадема Поділля (середнє 40,97 %), досягнувши максимуму в 42,31 % за поєднання інокулянта Оптімайз та протруйника Стандак Топ. Лідером за вмістом жиру став сорт Кордоба (19,61 %), який у комбінації з інокулянтом ХіСтік та препаратом Стандак Топ сформував показник 20,06 %.

Найвищу білковість продемонстрував сорт Іордан (середнє 27,34 %), де за комплексного поєднання інокулянта Ризолайн та протруйника Февер зафіксовано

пікову концентрацію протеїну в 30,53 %. Натомість накопичення жиру значною мірою визначалося генетикою сорту, зокрема Скарб (середнє 19,07 %), проте інтенсифікація азотфіксації під впливом біопрепаратів призводила до закономірного зниження олійності. Найвищий вміст жиру (20,95 %) було отримано на абсолютному контролі сорту Скарб, що підтверджує вагомий вплив інокуляції та протруювання саме на білковий обмін речовин у насінні нуту.

Економічний та енергетичний аналіз підтвердив високу доцільність вирощування обох культур у Лівобережному Лісостепу України. Найвищу рентабельність (186 %) та умовно чистий прибуток (32 990 грн/га) у посівах сої забезпечив сорт Кордоба за оброблення насіння тандемом ХіСтік + Февер, що також гарантувало максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності (3,44). Для нуту найвищі показники ефективності зафіксовано в сорту Одисей за використання комбінації Ризолайн + Февер, де рівень рентабельності сягнув 270 %, чистий прибуток 46 829 грн/га, а коефіцієнт енергетичної окупності становив 2,71. Отримані результати доводять перевагу вибраних сортів та схем інокуляції з фунгіцидним захистом як найбільш прибуткових та енергоощадних ланок технології.

Ключові слова: соя, нут, сорт, погодні умови, інокуляція, протруювання, бульбочки, симбіотичний потенціал, площа листкової поверхні, урожайність, продуктивність, показники якості зерна, економічна та енергетична ефективність.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті, опубліковані у виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus / Web of Science:

1. Andriy Melnyk, Yuriy Romanko, Anhelina Dudka, **Vika Chervona**, Maxim Brunyov, Evhen Sorokolit. Ecological elasticity of soy varieties' performance according to climatic factors in Ukraine. *AgroLife Scientific Journal*. 2022. Volume 11. No. 2. P. 91–99. URL: <https://doi.org/10.17930/AGL2022212> (**Web of Science**).
2. Varietal features of the formation of quality indicators and amino acid composition of soybean grain under the conditions of the left-bank forest-steppe of Ukraine / A. Melnyk., T. Melnyk, A. Dudka, **V. Chervona** et all. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Т. 26, № 5. С. 366–376. URL: <https://doi.org/10.12912/27197050/203372> (**Scopus**).

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. Романько Ю. О., **Червона В. О.**, Червоний Я. М., Бруньов М. І. Шляхи екологізації технології вирощування нуту в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. №135. Частина 2, С. 61–72 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.2.8>.
4. Мельник А. В., Бруньов М. І., Дудка А. А., Романько Ю. О., **Червона В. О.**, Червоний Я. М. Сортіві особливості формування якості зерна нуту в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 23, С. 123–128. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.18>.
5. **Червона В. О.**, Мельник Т. І. Економічна оцінка інтенсифікації передпосівної обробки насіння різних сортів сої в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Сумського НАУ*. 2026. № 63, С. (передано до друку).
6. Мельник А. В., **Червона В. О.**, Червоний Я. М., Сороколіт Є. М., Романько Ю. О. Економічне обґрунтування передпосівного комплексу заходів при вирощуванні нуту в Лівобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2026. № 148, С. (передана до друку).

Тези доповідей:

7. Романько А. Ю, Дудка А. А, **Білокінь (Червона) В. О.** Урожайність сучасних сортів сої залежно від погодно-кліматичних умов північно-східного Лісостепу України. *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, м. Дніпро, 20 листопада 2019 р., Дніпро, 2019. С. 178–181.

8. **Bilokin (Chervona) V.**, Kubrac T., Kravchenco O., Prospects of legumin growing in the north-eastern foreststeppe of ukraine under modern changes in climate conditions. Proceedings of the All-Ukrainian Student Scientific Conference (November 11–15, 2019). Sumy, 2019. P. 871.

9. Романько Ю. О., Романько А. Ю., **Білокінь (Червона) В. О.**, Бруньов М. І. Екологічна еластичність продуктивності сортів сої залежно від кліматичних факторів України : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання», м. Суми, 25–26 травня 2020 р., Суми, 2020. С. 41–42.

10. **Білокінь (Червона) В. О.**, Сороколіт Є. М., Мельник А. В. Перспективи вирощування нуту в зв'язку зі зміною клімату в умовах лівобережного Лісостепу України. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : зб. матеріалів III Міжнар. науково-практ. конф., 27 черв. 2020 р. Київ, 2020. С. 136.

11. **Білокінь (Червона) В. О.**, Мельник А. В. Інокулянти як засіб підвищення ефективності бобово-ризобіального симбіозу нуту : матеріали XIV наукової конференції молодих вчених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (27 жовтня 2020 року, м. Чернігів). 118 с.

12. Мельник А. В., Романько Ю. О, Дудка А. А., **Червона В. О.** Особливості продукційного процесу рослин сої за сучасних змін клімату в умовах лівобережного Лісостепу України : матеріали V Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції «Інновації в освіті, науці та виробництві» присвячену 100-

річчю від дня заснування ВСП «Мукачівський фаховий коледж НУБІП України». (м. Київ, 24–26 листопада 2021 року). Київ, 2021. С. 78–80.

13. Мельник Т. І., Дудка А. А., **Червона В. О.** Вплив позакореневого підживлення на морфологічні параметри сої в умовах Північно-східного Лісостепу України : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські читання» (м. Суми, 25 травня 2022 р.). Суми, 2022. С. 111–114.

14. Дудка А.А., Бруньов М.І., Сороколіт Є.М., **Червона В.О.**, Лі Жуйцзе. Сортові особливості формування показників якості зерна сої в умовах лівобережного Лісостепу України : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «ГОНЧАРІВСЬКІ ЧИТАННЯ» (м. Суми, 25 травня 2023 р.). Суми, 2023. С. 96

15. Мельник Т. І., **Червона В. О.**, Червоний Я. М. Перспективи вирощування нуту посівного в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : зб. матеріалів VII Міжнар. наук.-практ. конф., 27 берез. 2024 р. Київ, 2024. С. 178 (С.128–130).

16. **Chervona V. O.**, Chervonyi Y. M. Methods of producing environmentally safe chickpea grain. *New concepts, theoretical and practical problems in the field of agricultural sciences and food*. 2024. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-420-7-9>

17. Мельник Т. І., Червоний Я. М., **Червона В. О.** Вплив хімічних та біологічних протруйників на посівну придатність насіння сої і нуту. *Сільське господарство і зміни клімату: наукові підходи та інновації для стійкого майбутнього* : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчен., м. Одеса, 9 черв. 2025 р. 137 с.

ABSTRACT

Chervona V.O. Features of productivity formation and functioning of the legume-rhizobia symbiosis of soybean and chickpea in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. – Qualifying scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 "Agronomy".
– Sumy National Agrarian University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2026.

The rationale for choosing the research topic. In the system of modern agricultural production, leguminous crops play a strategic role in addressing global food security and overcoming the shortage of plant protein. Soybean and chickpea are not only sources of valuable raw materials for the food and processing industries but also key biological agents for increasing soil fertility due to their capacity for symbiotic nitrogen fixation.

However, in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, the potential of these crops is not fully realized. This is caused by both climate changes towards warming and insufficient study of the synergistic interaction between modern varietal resources and seed pre-treatment methods. In particular, the issue of compatibility between the latest fungicidal seed treatments and highly active rhizobia strains remains debatable. The need for scientific substantiation of complex protection and seed inoculation schemes, which would minimize pesticide pressure on the legume-rhizobia symbiosis and ensure stable productivity, determines the relevance of the chosen research direction.

The scientific novelty of the obtained results. For the first time in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine, a comprehensive study was conducted on the synergistic interaction of modern fungicidal seed treatments (Fever, Standak Top, etc.) with highly active rhizobia strains (HiStick, Rhizoline, etc.) on new soybean and chickpea varieties of domestic and foreign breeding. Scientific approaches to the formation of high-yielding agrocenoses of leguminous crops have been improved by optimizing pre-sowing bacterization against the background of modern protection

systems, which ensures the stable functioning of the legume-rhizobia symbiosis under pesticide pressure. Research on the dynamics of active symbiotic potential and its correlation with the assimilation surface area of chickpea and soybean varieties has been further developed. The shares of influence of individual factors (variety, inoculant, and seed treatment) on the formation of yield and seed quality indicators were mathematically substantiated and quantified. For the first time, three-dimensional response surface models were constructed to visualize the non-linear nature of the relationship between physical (1000-seed weight) and biochemical (protein and fat content) crop qualities, allowing for the prediction of grain technological conditions depending on technology elements.

The practical significance of the obtained results. The main elements of the study were verified and implemented within the agricultural enterprises of Sumy and Poltava regions, specifically at "LSK-11" LLC and PSP "Kolos," where the researched technological methods were applied over a total area of 51 hectares.

The dissertation presents the results of scientific substantiation and improvement of agrotechnical measures for soybean and chickpea cultivation. The patterns of the influence of variety genotype, pre-sowing seed treatment, and inoculation on crop growth and development processes were investigated. The features of photosynthetic surface formation and symbiotic activity of plants were determined, and their role in ensuring high yields and improving grain quality characteristics was established.

Based on scientific works, a comprehensive analysis of global and domestic experience in soybean and chickpea cultivation was conducted, and their role in ensuring food security was defined. The importance of varietal resources as a fundamental factor in realizing the genetic yield potential of both crops is highlighted. Particular attention is paid to the mechanisms of legume-rhizobia symbiosis formation and the specifics of the nitrogen-fixing apparatus functioning in modern agrocenoses. Scientific approaches regarding the combined use of inoculants and chemical seed protection agents were evaluated, and their impact on the development of the photosynthetic apparatus, symbiotic potential activity, yield levels, 1000-seed weight, and grain quality indicators was analyzed.

The suitability of the natural and climatic conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine for the effective cultivation of soybean and chickpea was determined. Analysis of meteorological data showed a trend toward a gradual increase in moisture levels during the research period. Specifically, 2020 was characterized by a deficit of precipitation ($HTC = 0.75$), while in 2021, moisture conditions were optimal ($HTC = 1.29$). The 2022 growing season was marked by excessive moisture, as evidenced by the increase in the hydrothermal coefficient to 1.67.

The realization of yield potential and the formation of high grain quality indicators in leguminous crops directly depend on creating stands with normal assimilation apparatus parameters and stable growth dynamics. In our studies, using the Nichiporovich method, it was determined that the most intensive formation of soybean and chickpea leaf surface occurred under the combination of varietal characteristics with seed treatment and inoculation. In particular, this indicator reached its maximum values in the cultivation of the Cordoba soybean variety under the combined action of the Maxim Advance seed treatment and HiStick inoculant, providing an assimilation surface area of 38.34 thousand m^2/ha . In chickpea crops, the highest leaf area parameters (38.00 thousand m^2/ha) were recorded for the Odissei variety with the combined use of Fever seed treatment and Rhizoline inoculant.

According to the results of spectrophotometric analysis using the ULAB 102 device, it was established that the formation of the pigment composition (chlorophylls a+b) in soybean and chickpea plants significantly depended on the interaction of varietal characteristics with elements of cultivation technology. In soybean crops, the Diadema Podillia variety provided the best result among the varieties (3.47 mg/g). Inoculation with the HiStick preparation was the most effective (3.47 mg/g), while seed treatment slightly reduced the pigment content compared to the control (3.44 mg/g). The maximum value of 4.05 mg/g was obtained in the following variant: Cordoba variety + HiStick + without seed treatment.

In the chickpea experiments, the Jordan variety was the leader (2.65 mg/g). The application of the Rhizoline inoculant proved to be a key factor, increasing the chlorophyll level by 10.5% (up to 2.64 mg/g). Unlike soybean, the Fever seed treatment

had a positive effect on the pigment composition (2.63 mg/g). The highest value (2.89 mg/g) was provided by the combination: Jordan variety + Rhizoline + Fever.

The symbiotic apparatus was best formed in the Cordoba variety during the grain filling stage. The HiStick inoculant plays a major role here, increasing the number of root nodules severalfold. The best combination for soybean is the Cordoba variety + HiStick + Fever. This combination protects the plant from chemical stress and enables the formation of 43.3 nodules per plant with a weight of 1.82 g, of which 76% were functionally active.

For chickpea, inoculation is mandatory since our soil lacks the necessary bacteria. The Odissei variety proved to be the most sensitive to inoculation. The use of the Rhizoline + Fever combination on this variety ensured maximum indicators: 60.75 nodules per plant with a weight of 1.187 g, with 85% of the symbionts maintaining high activity.

Three-year studies (2020–2022) showed that the nitrogen-fixing apparatus develops best in the Cordoba variety (18.7 thousand kg×days/ha). Inoculation with the HiStick preparation provided the highest increases in indicators. Regarding seed protection, the Fever seed treatment performed best, while the Standak Top preparation, conversely, inhibited nodule development. In conclusion, the most beneficial combination was the Cordoba variety + HiStick + Fever, which allowed for achieving a maximum active symbiotic potential of 34.6 thousand kg×days/ha, even under variable weather conditions.

The ASP (active symbiotic potential) of chickpea showed that the Odissei variety led among the varieties (6.53 thousand kg×days/ha), significantly outperforming Skarb and Jordan. The Rhizoline inoculant was the decisive factor, ensuring the highest level and duration of symbiotic activity (8.67 thousand kg×days/ha). The Fever seed treatment demonstrated the best compatibility with biological products, while Standak Top suppressed nodule activity to the greatest extent. The peak ASP value (13.05 thousand kg×days/ha) was obtained in 2021 with the combination of Odissei variety + Rhizoline + Fever, confirming the effectiveness of this scheme under favorable weather conditions.

Correlation and regression analysis confirmed a direct positive relationship between the leaf area (LA) and the active symbiotic potential (ASP) of chickpea. The established correlation coefficient at a high level of significance indicates a moderate but statistically reliable dependence between these indicators. This proves that the development of the assimilation apparatus under the influence of varietal characteristics, inoculation, and seed treatment directly stimulates the functioning of the plants' symbiotic system.

Yield and seed weight per plant are integral indicators reflecting the efficiency of the crops' varietal potential realization under the influence of technological factors. These parameters allow for an objective assessment of the agrophytocenosis's ability to form productivity in specific ecological conditions. Soybean cultivation confirmed the superiority of the Cordoba variety, which most fully realized its potential both in terms of seed weight per plant (3.69 g) and overall yield level. The HiStick inoculant was the key technological factor, providing a stable advantage over Optimize in all protection variants. The Fever seed treatment demonstrated the highest synergy with biological products, while the use of Standak Top minimized the effect of inoculation. Thus, to achieve peak indicators of individual and total productivity, the combination of the Cordoba variety with the tandem of Fever and HiStick preparations is optimal, allowing for a yield of 3.49 t/ha.

A comprehensive assessment of chickpea indicators showed that the highest individual productivity was formed by the Odissei variety, with a seed weight of 3.18 g per plant under the optimal treatment scheme. Inoculation with the Rhizoline preparation in combination with the Fever seed treatment played a key role in achieving this result. A similar trend was recorded in the yield analysis. The use of the specified technological combination on the Odissei variety ensured a maximum crop yield of 2.72 t/ha, while other schemes (particularly those involving the Standak Top seed treatment) led to a significant decrease in productivity.

An important indicator of soybean grain quality and fullness is its size, expressed by the 1000-seed weight. Research has established that the Tenor variety has the largest seeds (219.57 g), significantly outperforming Diadema Podillia and Cordoba.

Inoculation with the HiStick preparation (216.06 g) was the key technological factor in improving grain fullness. Among the protection agents, the Fever seed treatment ensured the maximum 1000-seed weight (212.04 g). A record value in the experiment (259.21 g) was recorded in 2020 for the combination: Tenor variety + HiStick inoculation + Fever seed treatment.

Studies of the 1000-seed weight of chickpea showed that the Skarb variety forms the largest grain (average 355.18 g), significantly prevailing over the Jordan and Odissei varieties. Inoculation with the Rhizoline preparation (350.78 g) was the key factor in seed fullness, and among fungicides, the best result was provided by Fever (349.09 g). The peak 1000-seed weight (400.96 g) was recorded for the combination: Skarb variety + Rhizoline + Fever.

Leguminous crops, particularly soybean and chickpea, have high nutritional value due to their significant content of plant protein and fats. For a detailed assessment of the biochemical composition of the grain, a modern infrared analyzer, SupNir 2700, was used, which established precise indicators of protein and oil accumulation across the studied variants.

The maximum crude protein content was provided by the Diadema Podillia variety (average 40.97 %), reaching a maximum of 42.31 % with the combination of Optimize inoculant and Standak Top seed treatment. The leader in fat content was the Cordoba variety (19.61 %), which, in combination with the HiStick inoculant and Standak Top preparation, reached an indicator of 20.06 %.

The highest protein content was demonstrated by the Jordan variety (average 27.34%), where a peak protein concentration of 30.53 % was recorded under the complex combination of the Rhizoline inoculant and Fever seed treatment. In contrast, fat accumulation was largely determined by the genetics of the Skarb variety (average 19.07 %); however, the intensification of nitrogen fixation under the influence of biological products led to a natural decrease in oil content. The highest lipid content (20.95%) was obtained in the absolute control of the Skarb variety, confirming the significant impact of inoculation and seed treatment specifically on the protein metabolism in chickpea seeds.

Economic and energy analyses confirmed the high feasibility of cultivating both crops in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The highest profitability (186%) and conditionally net profit (32,990 UAH/ha) in soybean crops were provided by the Cordoba variety with seed treatment using the HiStick + Fever tandem, which also guaranteed the maximum energy efficiency ratio (3.44). For chickpea, the highest efficiency indicators were recorded in the Odissei variety using the Rhizoline + Fever combination, where the profitability level reached 270%, net profit was 46,829 UAH/ha, and the energy recovery ratio was 2.71. The results obtained prove the advantage of the selected varieties and inoculation schemes with fungicidal protection as the most profitable and energy-saving components of the technology.

Keywords: soybean, chickpea, variety, weather conditions, inoculation, seed treatment, nodules, symbiotic potential, leaf area, yield, productivity, grain quality indicators, economic and energy efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП		22
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ Й СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ БОБОВО-РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ТА НУТУ.....		26
1.1. Значення сої та нуту в світовому й вітчизняному аграрному виробництві.....		26
1.2. Сортові ресурси сої та нуту як фактор впливу на продуктивність		35
1.2.1. Сортовий асортимент сої та нуту як фактор продуктивності в агросистемах.....		36
1.2.2. Генетичний потенціал сортових ресурсів нуту як основа стабілізації врожайності.....		40
1.3. Особливості формування симбіозу в сої та нуту.....		43
1.3.1. Формування та функціонування симбіотичного апарату сої		43
1.3.2. Механізми та специфіка симбіотичної азотфіксації нуту.....		48
1.4. Вплив протруйників на ефективність бобово-ризобіального симбіозу сої та нуту.....		50
1.4.1. Ефективність симбіотичної азотфіксації сої за інтенсивного хімічного захисту посівного матеріалу.....		51
1.4.2. Сумісність протруйників та інокулянтів у посівах нуту.....		56
Висновки до Розділу 1.....		60
Список використаних джерел до Розділу 1.....		63
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....		80
2.1. Агрометеорологічні та ґрунтові умови років дослідження.....		80
2.2. Схема експерименту та методики проведення досліджень.....		86
2.3. Характеристика матеріалів для проведення дослідження.....		91
Висновки до Розділу 2.....		96
Список використаних джерел до Розділу 2.....		98

РОЗДІЛ 3	СОРТОВІ	ОСОБЛИВОСТІ	ФОРМУВАННЯ	
	ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ	АКТИВНОСТІ	ТА СИМБІОТИЧНОГО	
	ПОТЕНЦІАЛУ	ПОСІВІВ	СОЇ Й НУТУ	ЗАЛЕЖНО ВІД
	КОМПЛЕКСНОЇ	ПЕРЕДПОСІВНОЇ	ОБРОБКИ	НАСІННЯ.....
				100
3.1.	Сортові особливості формування асиміляційної поверхні та вміст фотосинтетичних пігментів у листках сої залежно від комплексної передпосівної обробки насіння.....			100
3.2.	Фізіологічні показники фотосинтетичного апарату посівів нуту залежно від комплексної передпосівної обробки насіння.....			105
3.3.	Формування бобово-ризобіального симбіозу та його активний потенціал у сої за комплексної передпосівної обробки насіння.....			110
3.4.	Розвиток симбіотичної системи та інтенсивність азотфіксації у посівах нуту.....			130
	Висновки до Розділу 3.....			148
	Список використаних джерел до Розділу 3.....			150
РОЗДІЛ 4.	СОРТОВІ	ОСОБЛИВОСТІ	ФОРМУВАННЯ	ІНДИВІДУАЛЬНОЇ
	ПРОДУКТИВНОСТІ,	УРОЖАЙНОСТІ	ТА ЯКОСТІ	НАСІННЯ
	СОЇ	ТА	НУТУ	ЗАЛЕЖНО ВІД
	КОМПЛЕКСНОЇ	ПЕРЕДПОСІВНОЇ	ОБРОБКИ.....	
				153
4.1.	Індивідуальна продуктивність рослин сої й нуту залежно від сортових особливостей та передпосівної обробки.....			153
4.1.1.	Показники індивідуальної продуктивності сої залежно від сорту та передпосівної обробки насіння.....			154
4.1.2.	Формування маси зерна з рослини нуту за впливу факторів дослідження.....			158
4.2.	Формування врожайності насіння сої та нуту залежно від елементів технології вирощування.....			162
4.2.1.	Продуктивність сортів сої за передпосівної інокуляції та протруювання насіння.....			162
4.2.2.	Урожайність сортів нуту залежно від комплексної передпосівної			

обробки.....	166
4.3. Показники якості та технологічні властивості насіння сої й нуту залежно від сортових особливостей та комплексної передпосівної обробки.....	169
4.3.1. Фізичні та біохімічні показники якості насіння сої за дії досліджуваних чинників.....	170
4.3.2. Технологічні властивості та хімічний склад насіння нуту залежно від елементів технології вирощування.....	178
Висновки до Розділу 4.....	186
Список використаних джерел до Розділу 4.....	188
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІКО-ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ Й НУТУ ЗА КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ.....	189
5.1. Економічна оцінка вирощування сої й нуту за комплексної передпосівної обробки насіння.....	189
5.1.1. Економічна оцінка вирощування сої за комплексної передпосівної обробки насіння.....	190
5.1.2. Економічне обґрунтування застосування комбінованої передпосівної обробки насіння нуту.....	193
5.2. Енергетична оцінка технологічних прийомів вирощування сортів сої та нуту за різних систем передпосівної підготовки насіння.....	197
5.2.1. Енергетична результативність вирощування сортів сої за комбінованої передпосівної обробки насіння.....	198
5.2.2. Оцінка енергетичної ефективності вирощування сортів нуту за умов комбінованої передпосівної обробки насіння.....	202
Висновки до розділу 5.....	205
Список використаних джерел до розділу 5.....	207
ВИСНОВКИ.....	208
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	211
ДОДАТКИ.....	212

ВСТУП

Обґрунтування актуальності теми. У системі сучасного агровиробництва бобові культури відіграють стратегічну роль у вирішенні глобальної продовольчої безпеки та подоланні дефіциту рослинного білка. Соя та нут є не лише джерелами цінної сировини для харчової та переробної галузей, а й ключовими біологічними агентами підвищення родючості ґрунтів завдяки симбіотичній азотфіксації.

Проте в умовах Лівобережного Лісостепу України потенціал цих культур реалізується неповністю. Це зумовлено як змінами клімату в бік потепління, так і недостатнім вивченням синергічної взаємодії сучасних сортових ресурсів із засобами передпосівної обробки насіння. Зокрема, питання сумісності новітніх фунгіцидних протруювачів із високоактивними штамми ризобій залишається дискусійним. Необхідність наукового обґрунтування комплексних схем захисту та інокуляції насіння, які б дозволили мінімізувати пестицидний тиск на бобово-ризобіальний симбіоз і забезпечити стабільну продуктивність, визначає актуальність вибраного напрямку досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження було виконано в межах науково-дослідної теми Сумського національного аграрного університету на 2019–2025 рр. – «Особливості формування продуктивності зернобобових культур в умовах Лісостепу та Степу України», № 0117U006536.

Метою досліджень є виявлення сортових особливостей сої та нуту шляхом оптимізації функціонування бобово-ризобіального симбіозу за комплексної передпосівної обробки насіння в умовах Лівобережного Лісостепу України. Для досягнення цієї мети потрібно виконати такі **завдання**:

- визначити сортові особливості формування асиміляційної поверхні та вмісту фотосинтетичних пігментів у листках сої й нуту залежно від комплексної передпосівної обробки насіння;
- виявити особливості формування бобово-ризобіального симбіозу та розрахувати його активний потенціал у сортів сої й нуту за комплексної передпосівної обробки насіння;

- установити закономірності впливу сортових особливостей, інокуляції та протруювання насіння на продуктивність, урожайність і якісні показники досліджуваних культур;
- розрахувати економічну та біоенергетичну ефективність вирощування сої та нуту за комплексної передпосівної обробки насіння.

Об'єкт дослідження – показники фотосинтетичної активності, продуктивність бобово-ризобіального симбіозу, врожайність та якість зерна сої й нуту залежно від сортових особливостей, комплексної передпосівної обробки насіння та погодних умов.

Предметом дослідження є сорти сої (Кордоба, Тенор, Діадема Поділля) і нуту (Йордан, Скарб, Одисей), інокулянти, протруйники, погодні умови, бобово-ризобіальний симбіоз, продуктивність, врожайність, якість зерна, економічна та енергетична ефективність.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань у роботі було застосовано комплекс загальноприйнятих наукових методів, що забезпечило об'єктивність та достовірність отриманих результатів. Основою досліджень став польовий метод, спрямований на вивчення біологічних особливостей росту, розвитку рослин та формування структури врожаю сої й нуту в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. За допомогою морфологічних методів визначали параметри асиміляційної поверхні посівів та динаміку функціонування симбіотичного апарату, зокрема масу бульбочок та активний симбіотичний потенціал. Лабораторні методи було використано для встановлення біохімічних показників якості зерна, а саме вмісту сирого протеїну та жиру, а також фізичних кондицій насіння. Порівняльно-розрахунковий метод дозволив дати об'єктивну оцінку економічній та біоенергетичній ефективності запропонованих технологічних рішень. Обґрунтованість висновків забезпечувалася застосуванням математично-статистичних методів, що охоплювали дисперсійний та регресійний аналізи, а також метод тривимірного моделювання поверхонь відгуку для візуалізації взаємозв'язків між досліджуваними чинниками.

Наукова новизна отриманих результатів. *Уперше* в умовах Лівобережного Лісостепу України проведено комплексне дослідження синергічної взаємодії сучасних фунгіцидних протруювачів (Февер, Стандак Топ та ін.) з високоактивними штамми ризобій (ХіСтік, Ризолайн та ін.) на нових сортах сої та нуту вітчизняної й зарубіжної селекції. *Уперше* проаналізовано динаміку активного симбіотичного потенціалу та його кореляційного зв'язку з площею асиміляційної поверхні сортів сої та нуту. Побудовано тривимірні моделі поверхонь відгуку, які візуалізують нелінійний характер взаємозв'язку між фізичними (маса 1 000 насінин) та біохімічними (вміст білка та жиру) якостями врожаю, що дозволяє прогнозувати технологічні кондиції зерна залежно від елементів технології. Математично обґрунтовано та кількісно визначено частки впливу окремих факторів (сорту, інокулянта та протруювача) на формування врожайності та якісних показників насіння. *Удосконалено* наукові підходи до формування високопродуктивних агроценозів зернобобових культур через оптимізацію передпосівної бактеризації на фоні сучасних систем захисту, що забезпечує стабільне функціонування бобово-ризобіального симбіозу за умови пестицидного навантаження. *Набуло подальшого розвитку вивчення* сортової реакції сої та нуту на бобово-ризобіальний симбіоз залежно від метеорологічних умов, комплексного застосування сучасних фунгіцидних протруювачів та високоактивних штамів ризобій. *Розраховано та обґрунтовано* економічні та енергетичні показники ефективності вирощування сої та нуту залежно від сортових особливостей, комплексного застосування протруювачів та інокулянтів за вирощування сої та нуту.

Практичне значення одержаних результатів. Основні елементи дослідження пройшли перевірку та впроваджені в умовах сільськогосподарських підприємств Сумської й Полтавської областей, зокрема на базі ТОВ «ЛСК-11» та ПСП «Колос», де досліджувані технологічні прийоми були реалізовані на загальній площі 51 га.

Особистий внесок здобувачки у виконане дослідження охоплює всі етапи: від систематизації теоретичних засад на основі опрацювання наукового доробку

колег до безпосереднього проведення польових і лабораторних дослідів. За допомогою сучасних статистичних методів (кореляційно-регресійного та дисперсійного аналізів) здобувачкою було інтерпретовано експериментальні дані. На цій основі розроблено висновки та рекомендації виробництву. Ключові концепції дисертації, що виносяться на публічний захист, фіналізовано за безпосередньою участю наукового керівника.

Апробація результатів дослідження. Результати дослідження представлено на VII Міжнародній науково-практичній конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» (м. Київ, 2020 р, 2024 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Гончарівські читання» (м. Суми, 2020–2023 р.); V Міжнародній науково-практичній онлайн-конференції «Інновації в освіті, науці та виробництві», присвяченій 100-річчю від дня заснування ВСП «Мукачівський фаховий коледж НУБІП України» (м. Київ, 2021 р.); XIV Всеукраїнській науковій конференції молодих вчених «Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві» (м. Чернігів, 2020 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур» / «International Cultural Development» (м. Дніпро, 20 листопада 2020 р.).

Публікації. Ключові результати дисертаційного дослідження відображено в 17 наукових публікаціях. Зокрема, 2 статті опубліковано у виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз Scopus/Web of Science, 4 праці – у фахових журналах України. Також матеріали дослідження оприлюднено в 11 тезах доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 255 сторінок, із яких 187 сторінок займає основний текст. Робота містить 24 таблиці, 49 рисунків та 43 додатки. Список використаних джерел налічує 226 найменувань, серед яких 70 подано латиницею.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ Й СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ БОБОВО-РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ТА НУТУ

1.1. Значення сої та нуту в світовому й вітчизняному аграрному виробництві

Ключовою проблемою сучасного цивілізованого світу є вирішення завдань щодо забезпечення глобальної продовольчої безпеки. Останніми роками гостра нестача білка у світі змушує людство шукати нові шляхи вирішення цієї проблеми. Одним із основних джерел якісного рослинного білка можуть бути олійні та зернобобові культури. Саме це робить їх актуальними для вирощування, адже вони можуть забезпечити раціон людей і тварин необхідними речовинами для високої продуктивності їх організмів. Отримати рослинний білок, який за амінокислотним складом максимально наближений до тваринного, можна з зернобобових культур [23].

Водночас бобові культури мають здатність фіксувати азот із повітря, накопичуючи його в кореневмісному шарі ґрунту, що робить їх чудовим попередником. До того ж вони насичують поверхневий шар ґрунту цінною органічною масою, фосфором, кальцієм, калієм, а також поліпшують структурні показники, що загалом покращує родючість ґрунту [82].

Оскільки агровиробники зацікавлені в прибутковості їх господарювання, то виникає потреба у вирощуванні економічно ефективних експортних культур. Однією з таких культур є соя. Вона щорічно зміцнює позиції на зовнішньому сільськогосподарському ринку як високоцінна харчова й кормова культура [124].

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) входить до ключових продовольчих і технічних культур сучасного світу. За обсягами вирощування вона поступається лише пшениці, кукурудзі та рису, що свідчить про її високу економічну цінність [4].

У світі вважають, що одомашнення сої відбулося в Китаї понад 5 000 років тому, потім вона поширилася за межі Азії й стала однією з провідних культур світового землеробства. До Південної Азії, Японії та Кореї соя потрапила майже 2 000 років тому, до Північної Америки та Європи – у середині VIII ст., а до Південної Америки – на початку XX ст. [20, 29, 60].

Соя є унікальною за своїм складом поживних речовин. Так, у соєвих бобах міститься 35–40 % білків, 20 % жирів, близько 35 % вуглеводів. Разом з тим зерно сої є джерелом низки мінеральних елементів, таких як залізо, кальцій, магній, марганець, мідь, фосфор і цинк, а також вітамінів груп А, В, Е, К та РР [52, 58]. Окрім поживних речовин, наведених вище, соя має широкий спектр вторинних метаболітів, до яких належать сапоніни, ізофлавоноїди, фосфоліпіди, олігосахариди, фітостероли, феритини, фітинові кислоти, а також ферменти різних груп (уреаза, ліпаза, каталаза й інші) [53, 60].

Згідно з даними FAOSTAT понад 75 % зібраного зерна сої застосовують як якісний, але дешевий білок для кормозабезпечення тварин, 17 % йде для промислових потреб (виробництво біодизелю), і лише 7 % – для забезпечення харчових потреб людей (соєве молоко, тофу тощо) [45].

У глобальному виробництві рослинних жирів частка соєвої олії перевищує 25 %, що за обсягами виробництва робить її другою після пальмової [16]. Під час переробки соєвих бобів на олію сировина розділяється – приблизно 20 % чистої олії та близько 80 % соєвого шроту. Оскільки соєвий шрот має високий рівень білку, збалансований вміст амінокислот та після термічної обробки має низький вміст антипоживних речовин, він є цінним і важливим нутрієнтом для тваринного корму [61].

Соя може бути хорошим попередником у сівозміні. Її можуть розміщувати на полях навіть як сидеральну культуру для поліпшення азотного режиму й стану ґрунту. Симбіоз із бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* допомагає їй засвоювати близько 50–70 % азоту з повітря [54].

Оскільки соя має високу економічну, продовольчу й агроекологічну цінність, вона є важливою культурою на міжнародному ринку.

Нині 97 країн світу вирощують сою [19]. У 2023 році флагманами виробництва сої у світі були Бразилія 40 %, США – 28 %, а також Аргентина – 12 % від загального світового виробництва, з сукупним річним обсягом виробництва 318,3 млн тонн. Україна посідає дев'яте місце у глобальному рейтингу з показником 1 % та валовим збором 5,2 млн тонн. Список світових лідерів із виробництва сої уже два десятиліття очолює Бразилія, збільшивши виробництво в 11,4 раза. Так, у 2000 році валовий збір становив 32,8 млн тонн, а в 2021 році – 372,9 млн тонн зерна сої [23].

Така динаміка спричинена переміщенням центрів виробництва сої із країн Східної Азії до країн Латинської Америки, які сьогодні є основними експортерами цієї культури [6]. Розширення посівних площ під соєю в регіоні Бразилії, Аргентини, Парагваю та Болівії зумовлено сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами, інтенсифікацією технологій вирощування, поліпшенням сортового потенціалу, використання ГМО сортів, які стійкі до гліфосату, а також збільшенням посівних площ у зв'язку з вирубуванням амазонських лісів [2].

Необхідно також зазначити, що, за статистичними даними, в 2019 році соя була найпоширенішою генетично модифікованою культурою у світі, під нею знаходилось близько половини загальної площі ГМ-посівів [25].

Утім основною передумовою швидкого збільшення вирощування сої в Південній Америці став попит на соєвий шрот для забезпечення потреб тваринницької галузі, а саме свинарства та птахівництва. Водночас додатковим поштовхом стало зростання попиту харчової промисловості на соєву олію, а також виробництво біопалива. Сукупність цих факторів у 2021 році забезпечила досягнення врожайності на рівні 3,45 т/га, що на 13 % більше, ніж середня врожайність у світі та друга за величиною, поступаючись лише США, де врожайність становить 3,48 т/га [6].

Згідно з оцінкою USDA світове виробництво сої в сезоні 2022–2023 років становило близько 370 млн тонн, що на 10 млн тонн більше, ніж минулого сезону. Прогнози на 2024–2025 рік становлять 425 млн тонн, що буде абсолютним рекордом десятиліття [57, 116, 141].

Соя є високоцінною білковою та олійною культурою, яку широко застосовують у харчовій та технічній промисловостях, що робить її важливою для аграрного сектору України. Вона високо адаптивна до умов вирощування, універсальна у використанні, має збалансований амінокислотний склад [122].

Незважаючи на те що соя не є традиційною культурою для нашої країни, на сьогодні значно зріс інтерес до її вирощування українськими агровиробниками. Розвиток ринкових відносин і значне потепління клімату спонукало до розширення посівних площ у 25 областях України, що гарантувало перше місце в Європі та восьме у світі за виробництвом сої [121,143].

Для сільськогосподарських виробників нашої країни соя є хорошою альтернативою технічним і олійним культурам, оскільки має високу маржинальність. Саме тому з 2001 року соя почала набувати популярності та тримати лідерські позиції й до цього часу. Посівні площі під соєю збільшуються й займають чималий відсоток у структурі посівів України. Так, у 2000 році під соєю було зайнято лише 0,2 % посівних площ, а вже в 2023 році понад 8 %, що становить понад 1,8 млн га [140].

Завдяки тому, що Україна має сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, економічну зацікавленість і експортну орієнтацію, за 23 роки вона збільшила валові збори сої в 74 рази, а посівні площі у 30,3 раза. Так, у 2000 році валовий збір насіння сої становив лише 64,4 тис. тонн, а вже в 2023 році – 4 742,6 тис. тонн. Під соєю в 2000 році було зайнято 60,6 тис. га, а станом на 2023 рік – 1 834,0 тис. га [119].

З 2021 року в Україні спостерігається підвищення інтересу аграріїв до вирощування сої, про що свідчить розширення посівних площ і валових зборів насіння. Попри військову агресію російської федерації, окупацію південних і східних регіонів та ускладнення соціально-економічних умов, вітчизняний аграрний сектор продовжив розвиватися, зокрема і в сфері виробництва сої. Так, у 2022 році площі, зайняті під соєю, збільшились на 15,4 %, а у 2023 році – ще на 38,6 % порівняно з 2021 роком. Показово, що навіть в умовах воєнного стану валовий збір зерна сої в 2023 році досяг рівня 4,74 млн тонн, що майже на 36 %

більше, ніж рівень 2022 року, і це стало новим історичним максимумом [62,100,129].

Згідно з дослідженнями Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН було введено таке поняття, як «соевий пояс України». Він охоплює території, оптимальні за ґрунтово-кліматичними умовами для вирощування сої, а саме помірний рівень зволоження, родючі чорноземи й дерново-підзолисті ґрунти, а також достатню кількість тепла. До соєвого поясу входить 8 областей Лісостепу та 2 області Степу. Тут вирощують понад 70 % української сої [69, 126].

Лівобережний Лісостеп України за останні роки стрімко наростив обсяги посівних площ, зайнятих соєю. У 2000-х роках популярним було вирощування гороху, та протягом 5 років ситуація змінилася на користь сої, яка є більш витривалою до змін погодних умов [158].

Деякі регіони Лівобережного Лісостепу України входять до п'яти найбільших за площами посівів сої. Так, Полтавська область у 2020 році мала 129,8 тис. га й посідала друге місце в Україні. У 2021 році кількість посівів сої скоротилась до 121,9 тис. га, але Полтавщина не втратила позиції лідера в Лівобережному Лісостепу та вже в 2023 році посіла перше місце серед українських регіонів соєвого поясу [119].

З 1996 року в сільськогосподарських угіддях Сумської області почали вирощувати сою. І кожного року тенденція розширення посівних площ зберігається. Станом на сьогодні 6,4 % українського виробництва сої зосереджено саме на Сумщині [135]. Отже, динаміка посівних площ свідчить про високий потенціал і зацікавленість с.-г. виробниками.

Середній показник врожайності сої по Україні також має позитивну динаміку. Понад 20 років тому, за даними USDA, середня врожайність сої в Україні становила близько 1 т/га. За статистичними даними, уже в 2018–2019 роках урожайність досягла показника 2,6 т/га. Рекордний показник урожайності сої було отримано в 2021 році – він становив 2,64 т/га, що порівняно з 1990 роком більше в 2,4 рази [100].

Вітчизняні ж учені говорять, що потенціал культури для подальшого зростання лишається досить високим. Досягти цього можна завдяки впровадженню інноваційних технологій, використанню високопродуктивних сортів і сучасних засобів захисту рослин [63, 129, 135].

Зміни клімату в Україні та світі в бік потепління значно впливають на врожайність основних зернобобових культур, таких як горох та соя. Це змушує агровиробників шукати нові шляхи вирішення глобальної продовольчої кризи. Саме тому щороку зростає попит на нішеву зернобобову культуру нут, оскільки основними перевагами є його морозо-, жаро- і посухостійкість [11, 49].

Нут (*Cicer arietinum* L.) є однією з найдревніших зернобобових культур, яку людство вирощувало ще в добу неоліту. Історики стверджують, що перші знахідки насіння нуту датуються VI–V тис. до нашої ери й локалізуються в районах Передньої Азії, зокрема на територіях сучасного Ірану, Сирії та Туреччини [59]. Цей регіон вважають батьківщиною доместикації виду, оскільки саме тут росте ендемічний вид *Cicer reticulatum* Ladiz., який генетично найближчий до культурного нуту, а отже, є його диким попередником [18].

З огляду на здатність нуту переносити високі температури й посуху він швидко зміг поширитися в районах посушливого клімату, таких як Північна Африка, Аравійський півострів та Індійський субконтинент. Для Індії культура й досі є базовим джерелом білка [1].

Перші згадки про нут на території сучасної України датуються XVIII ст, та промислових масштабів вирощування культура досягла лише в кінці XX – на початку XXI ст. Така тенденція пов'язана зі значним розширенням світового ринку нуту, змінами клімату країни в бік потепління, а також загостренням продовольчої кризи (нестача білка) [161].

На сьогодні, спираючись на дані Королівського ботанічного саду «Кью», до роду нут (*Ciceri* L.) входить 45 видів, але культурним є лише нут посівний [41].

Основними позитивними для місцевого клімату біологічними особливостями нуту є його морозостійкість та теплолюбність. Проростання

насіння відбувається за температури +4–8 °С. Вегетаційний період триває 80–120 днів у ранньостиглих сортів і 150–220 днів у пізньостиглих.

Нут є привабливим для внесення до сівозміни, оскільки він добре витримує перепади температури й добре пристосовується до посушливої весни, саме тому строк посіву можна відтермінувати, що є перевагою порівняно з ярими зерновими. Ще одна позитивна властивість нуту полягає в тому, що він має симбіотичні зв'язки з бульбочковими бактеріями роду *Mezorhizobium*, здебільшого з видом *M. ciceri*, унаслідок чого може фіксувати азот із повітря до 150 кг/га, забезпечуючи зростання врожайності та залишаючи певну кількість у ґрунті для наступної культури в сівозміні [90].

З огляду на особливості будови, а саме наявність дрібних волосків на стеблі, листку та бобах, рослини нуту здатні витримувати від 7 до 9 діб за температури повітря +40 °С і відносної вологості нижче за 30 % [75].

Після закінчення вегетації рослини нуту не вилягають, боби не тріскаються, прикріплюються високо над рівнем ґрунту, що дає змогу збирати нут прямим комбайнуванням [161].

Нут є цінною культурою з харчового погляду. Вміст легкодоступного білка коливається в межах 20,1–32,3 % залежно від сорту. Понад 38 % насіння нуту складається з незамінних амінокислот, таких як триптофан 1,1 %, метіонін 3,1 %, ізолейцин 6,8 %, лізин 7,7 %. Також до його складу входить 7 % жирів, великий спектр мікро- та макроелементів, вітамінів групи А, В, С, РР, К та легкозасвоюваних вуглеводів. Білонасінні сорти нуту найчастіше застосовують для харчування людини. Величезний спектр продуктів на основі нуту споживає весь світ. Також нут застосовують в консервній, кондитерській, фармацевтичній промисловостях, із нього виробляють від борошна до сурогатів кави [115].

Темнозabarвлене насіння нуту має гірші смакові якості й тому використовується для виготовлення високопротеїнових кормів для худоби. Самі ж рослини нуту не мають кормового застосування, оскільки в зеленій масі велика кількість щавлевої та яблучної кислот, а солома занадто груба й не придатна для корму тваринам [146].

За даними FAOstat, посівні площі під нутом щороку збільшуються. У 2000 році загальна площа посівів становила 10,165 млн га, у 2010 році – 12,012 млн га, 2020 році – 13,583 млн га. Тенденція збільшення посівних площ збереглася й донині, уже в 2021 році площа під нутом становила 14,141 млн га, а в 2022 році – 14,811 млн га.

Якщо проаналізувати, то загалом найбільша частина, а саме 86,6 % усіх світових посівних площ, зосереджена в Азії. Щодо країн, то флагманами є Індія, Пакистан і Туреччина. За 2010–2022 рр. в Індії було зосереджено 69,0 % світових площ під нутом, у Пакистані – 7,2 %, у Туреччині – 3,2 %. На всі інші країни світу припадає лише 20,6 %. Світові обсяги валових зборів мають аналогічну тенденцію. Так, у період із 2000 року до 2022 року Індія наростила виробництво нуту, зміцнюючи свою позицію лідера на світовому ринку, з 5,118 млн тонн до 13,544 млн тонн, що становить більш ніж 63 % світового виробництва. Пакистан та Туреччина втрачають свої позиції лідерів, оскільки нині відбувається скорочення обсягів виробництва нуту [55].

Урожайність у світі має також позитивну динаміку. Наприклад, світова врожайність у 2000 році становила лише 0,79 т/га, а уже в 2022 році 1,22 т/га. Такі позитивні зміни свідчать про вдосконалення технологій вирощування нуту. Якщо порівнювати континентальні показники, то країни Африки й Океанії мають найвищу врожайність, зафіксовану на 2022 рік, вона становить 1,63 і 1,73 т/га відповідно. Мінімальна ж врожайність була зареєстрована в країнах Європи та Азії – 1,03 і 0,96 т/га у середньому [55].

Україна посідає 28-ме місце серед 100 країн-виробників нуту. Починаючи з 2017 року нут мав досить строкаті показники як посівних площ, так і валових зборів (табл. 1).

Аналіз таблиці щодо динаміки виробництва нуту в Україні демонструє стійку тенденцію скорочення його посівних площ і валових зборів у середньому за 2019–2020 роки. Ключовими аспектами стали зовнішні ринкові коливання, такі як надлишкові світові запаси й скорочення імпорتنих потреб Індії, вони створили умови для різкого падіння цінової привабливості культури [148].

Динаміка посівних площ, валових зборів і врожайності нуту в Україні

Рік	Посівні площі, тис. га	Валовий збір, тис. т	Урожайність т/га
2017	13,7	191,5	1,38
2018	45,0	535,6	1,19
2019	30,4	412,1	1,34
2020	11,4	142,2	1,25
2021	8,4	93,4	1,12
2022	3,1	41,3	1,29

Внутрішній ринок України теж мав певні обмежувальні фактори, які впливали на поширення нуту. Основними є низький рівень обізнаності серед внутрішнього споживача щодо корисності й харчової цінності нуту, з огляду на це висока конкуренція з традиційними бобовими культурами, як-от: квасоля, сочевиця, горох, і відсутність розвиненої системи промислового перероблення. Як наслідок, площі під нутом скоротились майже у п'ять разів, з 45 тис. га у 2018 році до 8,4 тис. га у 2021 р. Валовий збір продукції за той самий період скоротився у два рази, з 191,5 тис. ц до 93,4 тис. ц [148].

Повномасштабна війна, розпочата в 2022 році, лише посилила негативну динаміку. Так, валовий збір скоротився до 44,2 % порівняно з минулорічним показником, це пов'язано зі значним скороченням посівних площ і ускладненням шляхів експортування продукції через окупацію Півдня України [107].

У регіональному розрізі вирощування нуту можна зазначити, що в довоєнні роки постійними лідерами були Одеська, Харківська та Кіровоградська області, їх частка становила 58,7 % усього валового збору країни. В умовах війни в 2022 році валові збори різко скоротилися. Одеська область втратила майже половину валового врожаю, з 12,4 тис. ц отримали лише 6,5 тис. ц. Кіровоградська область мала таку саму тенденцію, з 13,8 тис. врожаї скоротились до 6,3 тис. ц. У Харківській області в чотири рази зменшився валовий збір. Попри негативну тенденцію на позиції лідера вийшла Полтавська область, яка отримала 13,6 тис. ц зерна, що склало третину всього врожаю нуту України [148, 161].

Середня врожайність нуту поки що не досягла стабільного зростання чи хоча б високих показників, що розширює межі досліджень для вітчизняних науковців. Агровиробники мають стійкий інтерес до вирощування нуту, оскільки він має високу маржинальність на рівні ріпаку й соняшнику, але водночас потребує менших затрат на виробництво та має більшу стійкість до кліматичних чинників, таких як посуха й висока температура повітря.

1.2. Сортові ресурси сої та нуту як фактор впливу на продуктивність

Одним із ключових чинників формування високої врожайності є використання відповідного сорту. Саме сорт є фундаментальною передумовою отримання стабільно високих і якісних урожаїв будь-яких сільськогосподарських культур, зокрема й сої. Під сортом розуміють сукупність рослин, що характеризуються подібними господарсько-біологічними властивостями та морфологічними ознаками, які були цілеспрямовано відібрані й розмножені для вирощування в певних природно-кліматичних та виробничих умовах для підвищення продуктивності й якості отриманої продукції. Значення сорту підтверджується численними науковими дослідженнями, у яких вчені різних країн наголошують на важливій ролі сортових особливостей у зростанні врожайності сільськогосподарських культур, хоча величина такого впливу може істотно різнитися залежно від культури та умов вирощування [144].

Сортові ресурси становлять стратегічну складову аграрної галузі держави. Вони є результатом тривалої комплексної роботи фахівців різних напрямів – генетиків, селекціонерів, фізіологів, біохіміків, економістів, екологів і спеціалістів зі сортовипробування, які спільно формують основу для створення нових високопродуктивних сортів.

Одним із важливих аспектів формування врожайності за інтенсифікації технологій вирощування є сорт. Це високоефективний і екологічно безпечний засіб підвищення врожайності, адже саме від сорту на 50 % залежить реалізація потенційної продуктивності культурної рослини [92, 156].

1.2.1. Сортовий асортимент сої та нуту як фактор продуктивності в агросистемах

Вітчизняні вчені у своїх наукових доробках визначають, що сучасні сорти сої реалізують майже 70 % свого генетичного потенціалу врожайності, що робить актуальним удосконалення селекційних програм для подальшого збільшення цього показника [66, 79].

З часом селекційний розвиток забезпечив появу величезної кількості сортів, які є високопродуктивними, технологічно вигідними, стійкими до хвороб, але для реалізації врожайного потенціалу їм потрібні певні ґрунтово-кліматичні умови й технологічні прийоми, до яких цей сорт максимально адаптований [128, 156].

Нові сорти сої демонструють значно вищу продуктивність порівняно з попередніми поколіннями завдяки вдосконаленню їх генетичних, фізіологічних та адаптивних характеристик.

Селекціонери спрямовують свої зусилля на підвищення потенціалу врожайності, стійкості до біотичних і абіотичних стресів, поліпшення структури врожаю та оптимізацію взаємодії рослини з умовами вирощування.

Як наслідок, сучасні високопродуктивні сорти здатні ефективніше використовувати доступні ресурси середовища, краще переносити коливання кліматичних факторів і формувати вищий рівень симбіотичної азотфіксації порівняно зі старими генотипами. Саме тому впровадження таких сортів у виробництво є одним із найвагоміших чинників зростання врожайності сої, оскільки дає змогу максимально реалізувати потенціал культури за умови відповідної технології вирощування [156].

Поширення сої значною мірою визначається біологічними властивостями конкретного сорту та умовами навколишнього середовища, і саме взаємодія цих чинників формує підхід до вибору сортів для вирощування [163].

Перспективність українського ринку насіння підтверджується зростаючою конкуренцією між вітчизняними та зарубіжними виробниками насіння й оригінаторами сортів. Станом на 2020 рік до Державного реєстру сортів рослин,

дозволенних до поширення в Україні, було внесено 257 сортів сої, з яких 107 належать українській селекції.

На ринку працює 43 оригінатори сортів – 18 українських та 25 іноземних. Серед національних оригінаторів є як державні наукові установи, так і приватні компанії та окремі селекціонери. Водночас основний обсяг вітчизняного насіння сої виробляється в дослідних установах НААН та приватних структурах, що співпрацюють з інститутами Академії за ліцензійними договорами [163].

Тож наявність великого сортового фонду й активна конкуренція оригінаторів свідчать про розвиток ринку насінництва сої, але виробництво вітчизняного насіння залишається значною мірою зосередженим у структурах НААН і ліцензованих компаній.

Основними критеріями оцінки сортів сої є їх висока адаптивна здатність до стресових факторів середовища, яка може забезпечити високу продуктивність і якість отриманої продукції [105, 112].

Для створення таких сортів у селекційному процесі залучають батьківські форми з кращими показниками з різних екологічних груп, це дає можливість отримати бажану комбінацію ознак, що досить актуально в умовах зміни клімату [60, 154].

Отже, до вихідного матеріалу вносять генотипи, які рекомендовані до вирощування в різних агрокліматичних районах, зважаючи на структуру врожаю та адаптативні показники [105, 108, 153, 154].

Міжнародна класифікація ФАО виділяє 13 груп стиглості для сої – від ультраранніх MG 000, вегетаційний період яких триває 70–85 діб, до дуже пізніх MG X, вегетаційний період яких становить понад 180 діб. Україна ще залишає свою бальну систему, поширену серед країн пострадянського простору. Вона також базується на тривалості вегетаційного періоду. Так, 1–2 бали мають ультраранні сорти, до 90 діб, а 9 балів – дуже пізньостиглі, понад 150 діб [97].

До Державного реєстру сортів рослин станом на 2022 рік занесено 279 сортів сої. Аналіз структури сортів сої за групами стиглості свідчить про

домінування середньоранньостиглих сортів, які формують найбільшу частку асортименту, що сягає 56 %.

Другою за чисельністю є група ранньостиглої сої з показником 25 %. Значно меншу частку займають середньостиглі сорти (11 %) та ультраскоростиглі сорти (6 %). Найменшою є група середньопізнньостиглої сої, її питома вага становить лише 2 % від загальної кількості сортів, що відповідає чотирьом ідентифікованим сортам. Необхідно також відмітити, що спостерігається стійка тенденція до скорочення тривалості вегетації та підвищення врожайності [85, 133].

Потенціал урожайності сортів сої вітчизняної селекції характеризується високими показниками, але має залежність від факторів середовища. Під час дослідження 23 сортів сої в Миколаївській, Сумській і Тернопільській областях вітчизняні вчені Мельник А., Романько Ю, і Романько А. встановили різну сортову реакцію на умови вирощування [109].

У зоні Лісостепу оптимальними для вирощування є скоростиглі та середньостиглі сорти сої, у Степу – середньостиглі та пізнньостиглі сорти, а в Поліссі – ультраскоростиглі та скоростиглі [112].

Згідно з дослідженнями Мазура В. А. та співавторів [103], середньоранні сорти сої демонструють низку важливих агрономічних переваг. Ці сорти характеризуються підвищеною посухостійкістю, стійкістю до основних хвороб, а також стійкістю до вилягання та осипання насіння, що забезпечує їх придатність для ефективного механізованого збирання.

Водночас ранньостиглі сорти виявляють значну варіабельність у реакції на агротехнічні заходи, зокрема на строки сівби. Наприклад, результати трирічних досліджень Шовкової О. В. (2019–2021 рр.) в умовах Лісостепу свідчать про позитивний вплив ранніх строків сівби: за посіву в першій декаді травня врожайність сорту Кассіди збільшувалася на 0,11–0,26 т/га порівняно з іншими строками [162].

Згідно з дослідженнями Порядинського В. та Ляшенка В. [131], проведеними в умовах зони Лісостепу, було встановлено, що максимальну

врожайність продемонстрували середньостиглі сорти, які забезпечили збір близько 2,6 т/га. Разом з тим середньоранні сорти показали результат, що був на 8 % нижчим. Найменшу продуктивність зафіксовано у групі ранньостиглих сортів сої, їх урожайність становила 2,1 т/га. Цей показник є нижчим на 24,6 % від середньостиглої групи й на 9,7 % меншим від урожайності середньоранньої.

Ефективність сівби сої значно залежить від температурного режиму ґрунту. Як установив Романько Ю, для ранньостиглого сорту Романтика найбільш сприятливим є посів за температури ґрунту +8–10 °С, тоді як скоростиглий сорт Аннушка найкраще реагує на температуру +10–12 °С. За таких умов надмірно ранні строки сівби негативно впливають на загальну продуктивність сої [136].

До того ж дослідники відзначають неоднакову реакцію різних груп стиглості на формування симбіозу з бульбочковими бактеріями. За даними Толкачева З., інокуляція показала найбільший приріст урожайності в пізньостиглих сортів (16,2 %), тоді як у середньостиглих сортів цей показник був найменшим (8,7 %) [147].

В Україні створенням нових сортів займаються численні наукові установи НААН, серед яких Інститут зрошуваного землеробства, Інститут кормів та сільського господарства Поділля, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, Інститут олійних культур, ННЦ «Інститут землеробства» та інші [67, 98]. Вітчизняні сорти відзначаються високою продуктивністю: ультраскоростиглі забезпечують 2,3–2,8 т/га, ранньостиглі – 2,5–3,0 т/га, середньостиглі – 3,0–4,0 т/га і більше [83].

Світове соєвиробництво демонструє значний прогрес переважно завдяки імплементації генетично модифікованих (ГМ) сортів. Ці сорти мають низку ключових властивостей, що забезпечили їх широку популярність: гербцидостійкість, підвищена посухостійкість, опірність до бактеріальних хвороб, затримане дозрівання, високий вміст олеїнової кислоти та стійкість до шкідників [9, 21, 32, 50].

Однак незважаючи на значні досягнення в селекції, фактичний рівень реалізації потенціалу врожайності як традиційних, так і нових ГМ сортів сої

залишається істотно залежним від погодних умов конкретного регіону та якості застосовуваних технологій вирощування [68, 157, 127]. Це і є основним фактором для оптимізації агротехнічних заходів, які допоможуть реалізувати максимальну генетично закладену продуктивність.

1.2.2. Генетичний потенціал сортових ресурсів нуту як основа стабілізації врожайності

Аналіз сортових ресурсів нуту в Україні показує, що інтерес до цієї культури зростає, адже це цінна зернобобова рослина, що має високу посухостійкість і потенціал для забезпечення продовольчої безпеки.

Історія сучасної селекційної діяльності щодо цієї культури розпочалася в 2004 році на базі Красноградської дослідної станції Інституту зернового господарства Української академії аграрних наук (УААН). Проте на сьогодні провідним центром селекції та сортовивчення нуту є Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення Національної академії аграрних наук України (НААН). Цей інститут відіграє ключову роль у формуванні сортового асортименту, що відповідає сучасним агротехнологічним потребам.

Державний реєстр сортів, придатних до поширення на території України, свідчить про кризовий стан селекційної роботи зі створення нових сортів нуту, що пов'язано з воєнним станом у країні [81].

Попри це культура має потужний потенціал для розвитку в майбутньому, зважаючи на її стратегічне значення як білкової сировини та її адаптивність до умов південних регіонів. Навіть на ранніх етапах незалежності, у важкі економічні часи, вітчизняні селекціонери створювали сорти нуту, які й досі користуються популярністю [81].

Згідно з даними Державного реєстру асортимент сортів нуту має позитивну динаміку. Так, на 2014 рік у реєстрі було лише 6 сортів вітчизняної селекції, які на 85 % були рекомендовані для вирощування в зоні Степу. Станом на 2022 рік налічується 15 сортів нуту, придатних для поширення в усіх кліматичних зонах

України. Серед зареєстрованих іноземних або сумісних розробок є такі сорти, як Лара, Кіра та Єва. Потрібно відмітити, що нові сорти, внесені до реєстру, набули нових властивостей, стійкості до тривалої посухи та найпоширенішої хвороби – аскохітозу [85].

Високий показник реєстрації сортів був зафіксований у кризовий період: 76 % усіх представлених сортів були зареєстровані в період 2014–2022 рр. Це свідчить про збереження здатності України розвивати вітчизняну селекцію та співпрацювати з іноземними селекційними центрами [81].

Більшість наявних сортів нуту за групою дозрівання класифікують як середньостиглі. За цільовим призначенням сорти переважно належать до зернового типу, за винятком сорту Зодіак, який має харчову спеціалізацію. З огляду на агроекологічні вимоги рекомендованими регіонами для вирощування нуту визначено Степову, Лісостепову та Поліську зони, що відображає його адаптивність до різних кліматичних умов України [104].

Сучасні генетичні ресурси нуту, які були створені та вдосконалені селекціонерами, мають високий потенціал, що дозволяє отримувати понад 2,4 тонни зерна з гектара за умови дотримання високоінтенсивних агротехнічних прийомів та сприятливих екологічних факторів. Необхідно зазначити, що подібні максимальні показники продуктивності зазвичай документують в умовах державних сортодослідних станцій та профільних наукових установ.

Щодо географічної адаптації, для культивування в зоні Лісостепу України офіційно рекомендовано 11 сортів. Значна частина цього асортименту є результатом нещодавньої реєстрації: чотири з цих сортів – Бланко, Єва, Кіра та Лара – були внесені до Реєстру в 2020 році, тоді як сорт Маестро додався у 2022 році, а Октавіус – у 2023 році. Це постійне оновлення свідчить про активне впровадження нових сортів, які краще відповідають сучасним виробничим та кліматичним вимогам регіону [161].

Розвиток сортового фонду нуту в Україні протягом останніх років відзначений виведенням низки високоврожайних сортів, що мають поліпшені агрономічні характеристики, необхідні для сталого землеробства. Зокрема,

Селекційно-генетичний інститут, використовуючи метод самозапилення, створив перспективні сорти Достаток та Ярина. Ці нові сорти вирізняються високим потенціалом продуктивності, досягаючи урожайності до 2,0 т/га. Різниця у тривалості їх вегетаційного періоду є важливою для регіональної адаптації: Достаток дозріває приблизно за 90 діб, тоді як Ярина є більш ранньостиглою, завершуючи вегетацію за 85 діб.

Обидва сорти демонструють комплексний імунітет, маючи стійкість до несприятливих факторів середовища, таких як посуха, а також надійну опірність до вилягання, обсипання та ураження багатьма шкідниками й збудниками хвороб. Особливу увагу привертає сорт Ярина, який має високу толерантність до поширених патогенів – фузаріозу та аскохітозу. Крім того, Ярина вирізняється високими якісними показниками зерна: вміст білка становить до 28 %, а вміст олії – до 11 %, що є перевагою порівняно з наявними комерційними сортами [84].

Отже, сучасний асортимент сортів нуту, занесений до Державного реєстру, переважно складається з сортів української селекції, які характеризуються високою врожайністю, значним вмістом білка та комплексною стійкістю до несприятливих факторів зовнішнього середовища. Така якість сортового матеріалу дозволяє повною мірою задовольнити потреби сільськогосподарських виробників, гарантуючи формування сталого врожаю та забезпечуючи економічну ефективність вирощування цієї культури.

Незважаючи на високий рівень наявних сортів, залишаються значні перспективи для подальшої селекційної роботи та створення нових, ще більш високопродуктивних сортів, максимально адаптованих до умов вирощування.

Ця необхідність зумовлена змінами клімату, такими як підвищення температурного режиму й зменшення забезпечення вологою. У контексті цих змін стратегічним завданням є просування культури нуту в Лісостепову зону. Нут завдяки своїй високій посухостійкості та низькій вимогливості до азотного живлення стає ключовою культурою, здатною підтримувати стабільність аграрного виробництва в умовах кліматичних трансформацій.

1.3. Особливості формування симбіозу в сої та нуту

Симбіоз – це біологічний взаємозв'язок, який утворений між бобовими рослинами й бульбочковими бактеріями, унаслідок якого утворюються нові морфологічні структури, так звані кореневі бульбочки. Саме вони фіксують азот із повітря та перетворюють його на доступну рослині форму [155].

Бобово-ризобіальний симбіоз є одним із основних елементів сталого землеробства, а соя – стратегічна культура – є однією з найефективніших культур у використанні симбіотичного апарату. Здатність сої до зв'язування атмосферного азоту забезпечує половину власних потреб і створює значний запас для наступних культур у сівозміні. Завдяки цьому симбіоз сої з бульбочковими бактеріями є не лише екологічно безпечним, а й економічно вигідним. Для забезпечення сталого функціонування цього симбіозу лімітувальним фактором є наявність активних і конкурентоспроможних штамів бульбочкових бактерій. Природні популяції ризобій часто забезпечують низький рівень нодуляції, тому критично необхідним елементом технології вирощування стає інокуляція насіння високоактивними штамми [96].

1.3.1. Формування та функціонування симбіотичного апарату сої

Одним із численних заходів для підвищення відсотка реалізації генетичного потенціалу сучасних інтенсивних сортів сої є передпосівна підготовка насіння. Відомо, що в основній структурі витрат за вирощування сої відсоток посівного матеріалу становить лише 10–15 %, саме тому отримання здорових, дружних і рівномірних сходів, які в майбутньому матимуть високу азотфіксувальну здатність, може забезпечити передпосівна обробка насіння спеціальними препаратами, які дозволять створити стійкий бобово-ризобіальний симбіоз [96].

Установлено, що в разі недостатньої інтенсивності симбіотичної азотфіксації соя не здатна повністю задовольнити потребу в азоті за рахунок фіксованого атмосферного азоту й змушена використовувати ґрунтові запаси цього елемента [38, 137]. За таких умов культура значно втрачає переваги

біологічних акумуляторів азоту, що може негативно вплинути на її продуктивність.

Застосування бактеріальних препаратів не виключає необхідності оптимізації мінерального азотного живлення, особливо на початкових етапах онтогенезу, коли потреба рослин у доступному азоті є високою, а симбіотичний апарат ще недостатньо розвинений. Дефіцит азоту в ранні фази росту може призводити до зниження фотосинтетичної активності та затримки формування вегетативної маси, що в подальшому обмежує реалізацію врожайності [38, 137].

Водночас за умов ефективного симбіозу з ризобіями соя характеризується підвищеною адаптивністю до стресових факторів середовища, поліпшеним фітосанітарним станом агроценозів та вищою інтенсивністю фотосинтетичних процесів. Це забезпечує істотне зростання врожайності культури, яке в середньому становить 20–35 %, а також сприяє підвищенню вмісту сирого білка в зерні на 5–6 % порівняно з неінокульованими варіантами [94].

Використання інокулянтів є стратегічним ресурсом для нарощування врожайності сої та підвищення її якості. Оскільки специфічні азотфіксатори *Bradyrhizobium japonicum* не є аборигенними для європейських екосистем, штучне заселення насіння цими бактеріями є критично важливою умовою для формування симбіозу. Належним чином проведена бактеризація дає змогу культурі повністю відмовитися від мінерального азоту, забезпечуючи при цьому істотний приріст збору врожаю та збільшення вмісту протеїну на 40–60 %, що значно підвищує рентабельність виробництва [26, 28].

Сучасний стан застосування азотфіксувальних біопрепаратів в Україні характеризується певним консерватизмом, що зумовлено історичним досвідом невеликого використання бактеріальних добрив у минулому. Попри тривалу історію знайомства з цією технологією, культура інокуляції сої залишається недостатньо сформованою, оскільки будь-які технологічні порушення в процесі бактеризації призводять до значних економічних втрат. На відміну від світової практики, де поширені три методи внесення інокулянтів (передпосівний, під час

висіву та прикореневий), вітчизняні аграрії поки обмежуються обробкою насіння безпосередньо перед посівом [114].

Водночас на ринку препаратів фіксується позитивна динаміка завдяки появі інноваційних рідких препаратів із пролонгованою дією, що дозволяє поєднувати інокуляцію з протруюванням насіння. Ключовим фактором успіху в сучасних умовах стає використання висококонцентрованих штамів ризобіальних бактерій, які відзначаються високою життєздатністю та специфічністю до конкретної культури. Саме такий підхід гарантує інтенсивне формування бульбочок на кореневій системі, забезпечуючи рослини біологічним азотом і підвищуючи загальну ефективність вирощування сої в умовах вітчизняного землеробства [164].

Особливу ефективність демонструє метод подвійної інокуляції, що поєднує завчасну обробку рідким препаратом із застосуванням сухої форми безпосередньо перед висівом. Така комбінована технологія мінімізує ризики за несприятливих умов, таких як екстремальні температури (понад 27 °C), посуха, порушення сівозміни або підвищена лужність ґрунтів. Упровадження сучасних штамів із високою життєздатністю дозволяє нівелювати попередній негативний досвід використання біопрепаратів в Україні, адаптуючи технологію вирощування до світових стандартів агровиробництва [95].

Результати вітчизняних досліджень роблять важливі технологічні зміни у підходах до вирощування сої. Зокрема, встановлена перевага внесення бактеріальної суспензії безпосередньо у ґрунт під час передпосівної культивуації порівняно з традиційним протруюванням насіння. Такий метод забезпечує кращий контакт мікроорганізмів із кореневою зоною, що стимулює активніший симбіоз, інтенсивнішу азотфіксацію та, як наслідок, підвищення продуктивності культури. Це підтверджує думку про те, що спосіб доставлення бактерій до рослини є таким важливим, як і якість самого препарату [106].

Дослідження Миколаєвського В., Титової Л. та Сергієнка В. засвідчили істотний вплив передпосівної інокуляції насіння на продуктивність сої, причому реакція культури значною мірою визначалася сортовими особливостями. Зокрема,

середня врожайність сортів Медея, Моравія та Медісон у варіантах із інокуляцією істотно перевищувала контрольні показники (більш ніж удвічі, а також на 42 і 46 % відповідно), що підтверджує ефективність використання бактеріальних препаратів у технологіях вирощування сої. Установлено специфічну дію інокулянтів: для сортів Моравія та Медісон найвищий приріст урожайності забезпечував препарат Ризобін, тоді як для сорту Медея більш ефективним виявився комплексний інокулянт, що свідчить про необхідність добору препаратів із урахуванням генотипу рослин і їх комплементарності з симбіонтами [111].

Особливо показовими є результати, отримані в умовах посушливого 2015 року, коли інокуляція насіння забезпечила істотне підвищення врожайності сорту Медісон порівняно з контролем (до 88,9 % та 55,5 %), що свідчить про антистресову дію досліджуваних біопрепаратів. Загалом передпосівна інокуляція позитивно впливала на ріст і розвиток рослин, підвищувала їх хворобостійкість та сприяла формуванню вищої врожайності сої незалежно від групи стиглості, активізуючи соєво-ризобіальний симбіоз навіть за несприятливих умов довкілля [111].

Завдяки здатності ризобій фіксувати атмосферний азот та трансформувати його у фізіологічно доступні для рослин форми покращується азотне живлення сої протягом вегетаційного періоду, що безпосередньо впливає на біохімічний склад зерна, зокрема на накопичення білка та ліпідів. Численні дослідження підтверджують, що ефективна інокуляція насіння сприяє підвищенню вмісту сирого протеїну в зерні сої та збільшенню виходу білка з одиниці площі порівняно з контрольними варіантами [24, 132].

Вітчизняними дослідниками встановлено, що застосування бактеріальних препаратів на основі активних штамів *B. japonicum* забезпечує зростання вмісту білка в зерні сої на 1,2–3,5 % у відносних величинах, а також істотно підвищує умовний збір білка та олії з гектара [24]. За даними польових експериментів, проведених у Південному Степу України, інокуляція насіння сприяла збільшенню врожайності білка на 4,63–27,78 %, а виходу олії – на 7,27–23,64 % залежно від препарату та сорту, що свідчить про позитивний вплив симбіозу на основні якісні

показники насіння [1]. Необхідно зазначити, що характер змін хімічного складу зерна значною мірою залежить від сортових особливостей сої та комплементарності рослин із використаними штамми мікроорганізмів [27; 132].

Дослідження українських учених також показують, що інокуляція насіння позитивно впливає на формування фізіологічних показників якості насіння, зокрема маси 1 000 зернин, енергії проростання та лабораторної схожості. Це пов'язано з покращенням азотного живлення рослин на ранніх етапах онтогенезу, активізацією фотосинтетичної діяльності та оптимізацією метаболічних процесів у період наливу зерна [13; 27]. Підвищення фізіологічної повноцінності насіння має важливе практичне значення, оскільки забезпечує кращі посівні властивості та стабільні сходи в наступних генераціях.

Ще існують дослідження, які демонструють, що інокуляція насіння сої сприяє зміні співвідношення між білковою та жировою фракціями зерна. За сприятливих умов зволоження та достатнього забезпечення мікроелементами інокуляція зазвичай стимулює білковий синтез, тоді як вміст жиру може залишатися стабільним або незначно знижуватися, що узгоджується з відомою зворотною залежністю між накопиченням білка та ліпідів у насінні сої [100; 132]. Водночас у стресових умовах вирощування, зокрема за дефіциту вологи, інокульовані рослини формують більш вирівняне за якістю зерно, що свідчить про антистресову роль симбіотичних мікроорганізмів [24; 132].

Отже, узагальнення результатів вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень дає підстави стверджувати, що передпосівна інокуляція насіння сої є ефективним агротехнічним прийомом підвищення продуктивності та якості зерна. Її застосування забезпечує зростання врожайності, вмісту білка, поліпшення посівних і технологічних властивостей насіння, а також сприяє стабілізації якісних показників за несприятливих умов довкілля. Це обґрунтовує доцільність використання бактеріальних препаратів у сучасних адаптивних технологіях вирощування сої для отримання високоякісної продукції.

1.3.2. Механізми та специфіка симбіотичної азотфіксації нуту

Рослини нуту посівного (*Cicer arietinum* L.) здатні вступати у специфічний симбіоз із бульбочковими бактеріями виду *Mesorhizobium ciceri*, які мікроорганізми мають ферменти азотфіксації, перетворюють газоподібний азот у форму, яка може бути засвоєна рослинами, і забезпечують важливий біологічний приріст азоту. За умов ефективного функціонування симбіотичного апарату нут значною мірою задовольняє потребу в азоті за рахунок біологічної азотфіксації, що зменшує залежність культури від мінеральних азотних добрив [3].

Крім того, кореневі та післяжнивні рештки нуту характеризуються підвищеним вмістом азоту та легкодоступних органічних сполук, швидко мінералізуються у верхньому шарі ґрунту та сприяють збагаченню його поживними елементами. Завдяки цьому нут справедливо вважають одним із кращих попередників для пшениці озимої та інших небобових культур, однак реалізація цього ефекту можлива лише за умови формування високоефективного симбіозу з бульбочковими бактеріями [3, 30].

Особливістю агроєкосистем України є практична відсутність аборигенних популяцій бульбочкових бактерій нуту. Лише в окремих локальних осередках, де культура вирощувалася тривалий час, у ґрунті можуть зберігатися популяції *Mesorhizobium ciceri*, проте їх чисельність і симбіотична активність зазвичай є недостатніми для повноцінного забезпечення рослин біологічно фіксованим азотом. У зв'язку з цим передпосівна інокуляція насіння біопрепаратами на основі ефективних штамів бульбочкових бактерій є обов'язковим агротехнічним заходом для формування повноцінної бобово-ризобіальної системи нуту та оптимізації його азотного живлення [31, 30, 42].

Аналіз наведених літературних даних свідчить, що в природних агроєкосистемах зернобобові культури, зокрема нут, реалізують лише незначну частину свого потенціалу симбіотичної азотфіксації, яка зазвичай не перевищує 10–30 % від можливого рівня [87]. Така обмеженість зумовлена як дефіцитом ефективних штамів бульбочкових бактерій у ґрунті, так і впливом абіотичних та антропогенних чинників. Водночас інокуляція насіння високоефективними

штамами *M. ciceri* істотно може підвищити інтенсивність симбіотичних процесів, забезпечуючи залучення до 50 % азотфіксувального потенціалу рослин, що безпосередньо відображається на позитивних показниках урожайності зерна [31].

Функціонування бобово-ризобіального симбіозу нуту з бактеріями *M. ciceri* забезпечує значне надходження біологічно фіксованого азоту – до 150 кг/га за вегетаційний період, що дає змогу формувати врожайність на рівні 20–25 ц/га без застосування мінеральних азотних добрив [91].

Дослідження, присвячені інокуляції насіння бобових культур, підтверджують її позитивний вплив на ранні етапи онтогенезу рослин, зокрема на формування дружних і вирівняних сходів, а також на підвищення виживаності рослин до періоду збирання врожаю [80, 123]. Це має принципове значення для реалізації потенційної продуктивності посівів. Зокрема, встановлено, що застосування комплексних бактеріальних препаратів у поєднанні з окремими штамми забезпечувало найвищі показники виживаності рослин нуту різних сортів, що свідчить про сортову специфічність реакції на інокуляцію [80].

Результати досліджень інших авторів також підтверджують стимулювальний вплив інокуляції на морфологічні параметри рослин нуту. Застосування бактеріальних препаратів сприяло істотному збільшенню висоти рослин, розвитку кореневої системи та накопиченню сухої речовини як у надземній, так і в підземній частинах порівняно з контролем [123, 88].

Установлено, що інокуляція позитивно впливала на врожайність культури, хоча величина ефекту залежала від штаму мікроорганізмів та умов вирощування. Виявлено також, що активізація симбіотичних процесів супроводжувалася зростанням фотосинтетичного потенціалу посівів, максимальні значення якого формувалися в період від утворення бобів до наливу насіння [65].

Важливо відзначити, що навіть за вирощування нуту на неудобреному фоні рослини культури здатні ефективно використовувати значну частку накопиченого симбіотичного азоту – понад 60 %, що в абсолютному вираженні становить 140–148 кг/га активної речовини й забезпечує формування стабільної врожайності [89].

Установлено, що інокуляція нуту має комплексний агрономічний ефект, який проявляється не лише в підвищенні врожайності, а й у поліпшенні якісних показників продукції, зокрема збільшенні вмісту сирого протеїну в зерні [70].

Водночас результати досліджень свідчать, що максимальний ефект інокуляції досягається за умови поєднання бульбочкових бактерій із мікроелементами, вітамінами та регуляторами росту, які стимулюють фізіологічні процеси в рослинах і підвищують ефективність функціонування бобово-ризобіального симбіотичного апарату [10].

Загалом результати узагальнених досліджень свідчать, що передпосівна інокуляція насіння нуту є ефективним агротехнічним заходом, який позитивно впливає на проходження початкових етапів органогенезу, формування бобово-ризобіального апарату та реалізацію продуктивного потенціалу культури. Під впливом інокуляції зростають кількість і маса бульбочок, підвищується нітрогеназна активність, що є показником інтенсивності біологічної азотфіксації [7].

Отже, передпосівна інокуляція насіння нуту є науково обґрунтованим і екологічно доцільним агротехнічним прийомом, що забезпечує стабільне підвищення продуктивності культури, покращення якості зерна та сприяє біологізації землеробства, особливо за умов обмеженого застосування мінеральних добрив.

1.4. Вплив протруйників на ефективність бобово-ризобіального симбіозу сої та нуту

Передпосівне протруювання насіння системними фунгіцидами є одним із ключових агротехнічних заходів, що стабільно використовується у світовій практиці вирощування сільськогосподарських культур і входить до складу інтегрованих систем захисту рослин. Його основне призначення полягає у зниженні інфекційного навантаження, що пов'язане з насінневими та ґрунтовими патогенами, які становлять особливу загрозу на початкових етапах онтогенезу рослин. Саме в період від висіву насіння до формування другого трійчастого

листка рослини сої є найбільш уразливими до ураження збудниками корневих гнилей, пліснявіння насіння та інших хвороб, здатних істотно знизити польову схожість і густоту стояння посівів [44].

1.4.1. Ефективність симбіотичної азотфіксації сої за інтенсивного хімічного захисту посівного матеріалу

Ураження рослин патогенними організмами негативно впливає не лише на посівні якості насіння, а й істотно знижує споживчу та технологічну цінність рослинної продукції. Забруднення врожаю токсичними метаболітами фітопатогенів ускладнює його перероблення та використання в харчуванні й кормовиробництві, оскільки ці сполуки небезпечні для здоров'я людини та тварин [15, 33]. Проблема захворювань, пов'язаних із впливом фузаріотоксинів, набула за останні роки глобального характеру та привертає увагу науковців у багатьох країнах світу [77].

Патогенний комплекс сої є багатокомпонентним і містить грибні, бактеріальні та вірусні збудники, рівень шкодочинності яких визначається умовами навколишнього середовища, біологічними особливостями патогенів і генетичною стійкістю сортів. Прояв хвороб можливий на всіх етапах онтогенезу рослин і часто супроводжується істотним зрідженням посівів. Нерідко рослини сої уражуються кількома захворюваннями одночасно, що зумовлює зниження врожайності на 15–30 %, вмісту білка – на 4–5 %, а олії – на 3–7 % [84, 93].

Соя характеризується високою уразливістю до комплексу хвороб і шкідників. За наявними даними, лише в країнах Європи ідентифіковано понад 40 грибних, більше 10 бактеріальних та кілька вірусних захворювань цієї культури, а також понад сотню видів фітофагів. Разом з тим застосування підвищених норм мінеральних добрив і гербіцидів нерідко супроводжується зростанням ураженості рослин хворобами та збільшенням втрат урожаю від шкідників [150].

Серед фітопатогенів, що найчастіше трапляються на посівах сої та завдають їй найбільшої шкоди, провідне місце належить грибним збудникам. До них відносять фузаріоз, спричинений *Fusarium oxysporum* Sch., пероноспороз

(*Peronospora manshurica* Sydow), септоріоз (*Septoria glycines* Hemmi), церкоспороз (*Cercospora sojina* Hara), аскохітоз (*Ascochyta sojaecola* Abr.), альтернаріоз (*Alternaria* spp.), антракноз (*Colletotrichum truncatum* Andrus et Moore), склеротиніоз або білу гниль (*Sclerotinia libertiana* Fuck), а також іржу сої (*Soybean rust*). Ураження цими хворобами істотно обмежує продуктивність культури та погіршує якість насіння [76, 94, 150]. Тож для послаблення негативного впливу грибних захворювань на посіви сої або запобігання йому необхідним є застосування засобів захисту рослин, зокрема протруйників, серед яких провідне місце належить фунгіцидним препаратам [102].

Протруйники, особливо фунгіцидні препарати, зазвичай містять активні речовини зі спектром дії проти грибних і бактеріальних захворювань, і в умовах інтенсивного землеробства їх використання є стандартною практикою.

Системні фунгіцидні протруйники завдяки здатності проникати в насіння та проростки забезпечують пролонгований захисний ефект і формують захисний бар'єр проти широкого спектра патогенів у ризосферній зоні. Це сприяє більш рівномірним і дружним сходам, активізації ростових процесів та формуванню потужної кореневої системи на ранніх етапах розвитку рослин. Крім того, застосування протруйників зменшує потребу в ранніх фунгіцидних обробках посівів у вегетаційний період, що має важливе економічне та екологічне значення. Водночас ефективність протруювання значною мірою залежить від правильного добору препаратів, норм їх внесення та врахування біологічних особливостей культури, що дозволяє поєднати фітосанітарний захист із збереженням фізіологічної активності рослин на початкових етапах росту [102].

Разом із тим численні дослідження свідчать, що застосування хімічних протруйників може мати непередбачуваний вплив на бобово-ризобіальний симбіоз сої – ключовий механізм, що забезпечує біологічну фіксацію атмосферного азоту через взаємодію коренів рослини з бульбочковими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum*. Одним із механізмів цього впливу є зниження життєздатності інокуляційних штамів ризобій на поверхні насіння внаслідок контакту з токсичними компонентами протруйника. Так, дослідження

показали, що обробка насіння фунгіцидами StandakTop™, що містять піраклостробін і тіофанат-метил, призводить до зменшення кількості життєздатних клітин симбіотичних бактерій під час зберігання, що ускладнює успішне формування симбіотичного апарату після сівби [117].

Водночас комбіновані технології обробки, які поєднують протруйники й інокуляцію, можуть демонструвати складну динаміку взаємодії. З одного боку, деякі протруйники справді пригнічують нодуляцію та азотфіксацію, однак за умови правильного підбору штамів ризобій, стійких до пестицидного навантаження, а також застосування біологічних ад'ювантів чи захисних агентів, негативний ефект може бути знижений або усунений. Наприклад, в експериментальних системах обробка насіння сої фунгіцидом із активною речовиною флудіоксоніл разом із *Bradyrhizobium japonicum* не лише не гальмувала функціонування симбіотичного апарату за умов посухи, а й підсилювала активність ключових антиоксидантних ферментів у бульбочках, сприяючи підтриманню азотної фіксації та підвищенню врожайності порівняно з неконтрольованим варіантом [22]. Це свідчить про можливість синергетичної взаємодії протруйників та інокулянтів за належної агротехнічної організації.

Окремі дослідження також показують, що вплив протруйників на симбіоз може бути частково модифікований за допомогою додаткової обробки рослин специфічними біологічними або фізіологічними агентами. Так, використання соєвого лектину значно підвищувало як кількість, так і масу бульбочок, а також активність нітрогенази у варіантах із протруюванням Standak Top порівняно зі звичайною інокуляцією, що свідчить про потенціал біологічної компенсації негативного впливу хімічних протруйників [56].

За даними вітчизняних досліджень, до найбільш сумісних із ризобіальними препаратами протруйників належать Февер, 300 FS, т.к.с. (0,2–0,4 л/т), Максим XL 035 FS, т.к.с. (1,0 л/т), Вітавакс 200 ФФ, 34 % в.с.к. та інші. Їх використання за умови дотримання регламентів застосування не призводить до істотного пригнічення життєздатності бульбочкових бактерій і дає змогу сформувати ефективний симбіотичний апарат, що позитивно відображається на

фітосанітарному стані посівів, родючості ґрунту та врожайності сої з високими якісними показниками зерна [83, 149, 159].

Ефективність поєданого застосування протруйників та інокулянтів підтверджена результатами польових досліджень, де передпосівна обробка насіння сумісною передпосівною обробкою Ризоактив + Максим XL 035 FS у поєднанні з фунгіцидом Абакус забезпечила зростання врожайності насіння сої з 2,04 т/га на контролі (обробка водою) до 2,65 т/га в умовах трипільних і чотиріпільних сівозмін [99]. Це свідчить про можливість зниження негативного впливу фунгіцидів на симбіоз завдяки оптимальному підбору препаратів та технологічних схем їх застосування.

Науковці, які досліджували це питання, виявили потенційні ризики використання фунгіцидних протруйників для азотфіксувальної системи. Зокрема, встановлено, що фунгіцидна обробка насіння може зменшувати азотфіксувальну активність бульбочок, уповільнювати процеси нодуляції, а також впливати на інтенсивність фотосинтезу й транспірації листків сої. Ступінь цього впливу істотно залежить від активної речовини препарату, способу та строків його застосування. Обробка насіння за 10–14 діб до сівби зазвичай меншою мірою пригнічує симбіотичний апарат порівняно з одночасним протруюванням та інокуляцією в день сівби, однак може негативно відобразитися на фізіологічному стані рослин, особливо на газообміні листків [120].

Результати досліджень свідчать, що дія окремих фунгіцидів на симбіотичні процеси є залежною від фази розвитку рослини. Так, за даними Л. І. Рибаченко та співавт. [118], застосування фунгіцидів Февер і Стандак Топ у ранні фази органогенезу (фаза двох справжніх листків) дещо знижувало нодуляційну активність ризобій, проте у фазах трьох справжніх листків і бутонізації ці препарати стимулювали утворення бульбочок та підвищували рівень фіксації молекулярного азоту.

Позитивний вплив фунгіцидного захисту на реалізацію продуктивного потенціалу соєво-ризобіального симбіозу підтверджено також результатами польових дослідів, у яких застосування фунгіциду Аканто Плюс сприяло

зростанню маси насіння на 21 % порівняно з контролем [117]. Це свідчить про позитивний ефект зменшення фітопатогенного навантаження на рослини сої.

В умовах Західного Лісостепу України найвищу врожайність сої забезпечувала схема застосування фунгіцидів Альєт, 80 % з.п. (1,5 кг/га) та Пропульс, 25 % к.е. (0,8 л/га), за якої урожайність досягала 37,5 ц/га, що на 11,0 ц/га перевищувало контроль. Біологічна ефективність досліджуваних препаратів проти основних збудників хвороб сої перевищувала 80 %, що створювало сприятливі умови для функціонування симбіотичного апарату [101]. Аналогічні результати отримано в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції, де застосування фунгіциду Пропульс 250 SE забезпечило приріст урожайності на 1,0–1,5 т/га порівняно з необробленим варіантом [160].

Негативні ефекти протруйників на функціонування симбіотичного апарату залежать від дози, складу активних речовин, тривалості впливу та фізіологічної чутливості конкретних штамів бульбочкових бактерій. Відомо, що деякі активні компоненти можуть змінювати метаболічні процеси в ризобіях, зменшувати їх здатність утворювати бульбочки або знижувати асоціативну активність, що в сукупності призводить до зниження кількості фіксованого азоту й відповідно продуктивності рослин. Такі зміни означають, що протруювання насіння без урахування особливостей симбіотичних мікроорганізмів може бути як непродуктивним, так і недоцільним у технологіях вирощування сої, особливо в регіонах, де природні популяції ризобій відсутні або низькі.

Для вирішення цієї проблематики науковці пропонують декілька агротехнічних стратегій. Важливо підбирати штами *Bradyrhizobium*, які мають підвищену толерантність до окремих груп пестицидів, зокрема фунгіцидів, що застосовують у разі протруювання; це дозволяє зберегти життєздатність ризобій і забезпечити нормальне формування бульбочок після сівби. Також доцільним є роздільне застосування протруйників та інокулянтів, наприклад, протруювання насіння за 10–14 днів із подальшою інокуляцією безпосередньо перед сівбою або нанесенням інокулянта окремою операцією, щоб мінімізувати прямий контакт ризобій із токсичними речовинами. Застосування інтегрованих підходів, які

поєднують обробку насіння фізіологічно активними речовинами (лектини, регулятори росту, антиоксиданти) разом із інокуляцією, може зміцнювати стресостійкість рослин сої й підтримувати функціонування симбіотичного апарату за наявності пестицидного тиску.

Отже, сучасні технології протруєння насіння сої повинні бути адаптовані до специфіки бобово-ризобіального симбіозу, що передбачає комплексний підхід до вибору препаратів для протруєння, штамів ризобій і додаткових біологічних компонентів, спрямований на збереження та посилення азотної фіксації. Такий підхід дозволить забезпечити не тільки захист молодих рослин від патогенів, а й максимальну реалізацію їх симбіотичного потенціалу, що є ключовим для екологічно сталого й економічно ефективного вирощування сої.

1.4.2. Сумісність протруйників та інокулянтів у посівах нуту

Невід'ємним елементом сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур є система захисту рослин від шкідників і хвороб. На сьогодні основним залишається хімічний метод, що зумовлено універсальністю пестицидів, їх високою господарською, біологічною та економічною ефективністю. Водночас взаємодія хімічних засобів захисту з ґрунтовими та ризосферними мікроорганізмами є складним багатofакторним процесом, який залишається недостатньо вивченим [40, 113, 151].

Серед чинників, що істотно стримують реалізацію продуктивного потенціалу нуту в умовах Лісостепової зони України, провідну роль відіграють фітопатогенні захворювання [134]. Найбільш поширеними та шкочинними хворобами цієї культури є аскохітоз нуту (збудник *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr., фузаріозне в'янення (фузаріозна коренева гниль) (*Fusarium oxysporum* Schltdl.), сіра гниль (*Botrytis cinerea* Pers.), альтернаріоз (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.), ризоктоніозна коренева гниль (*Rhizoctonia solani* J.G. Kühn), пітіозна коренева гниль (пітіоз) (*Pythium ultimum* Trow), які викликають як ураження кореневої системи, так і пошкодження надземних органів рослин [46, 47, 130, 134].

За результатами наукових досліджень встановлено, що за умов підвищеної вологості повітря та помірного температурного режиму рівень інфікованості насіння нуту може перевищувати 50 %. Така фітосанітарна ситуація здатна призводити до істотних втрат урожаю, які в окремі роки сягають до 90 % від потенційного рівня [8]. У зв'язку з цим проблема ефективного захисту посівів нуту від хвороб є надзвичайно актуальною та має вирішальне значення для стабільного виробництва цієї цінної зернобобової культури.

Основним засобом обмеження розвитку грибних хвороб залишаються фунгіцидні препарати, які широко застосовують як для передпосівної обробки насіння, так і в період вегетації рослин.

За даними численних досліджень, значна частина збудників нуту є насінневою або ґрунтово-насінневою інфекцією, що зумовлює ураження рослин уже на ранніх етапах онтогенезу та призводить до зрідження посівів і зниження польової схожості [51]. У роки з інтенсивним розвитком аскохітозу втрати врожаю можуть сягати 50–90 %, що робить передпосівний захист насіння одним із найбільш критичних елементів технології вирощування нуту [37].

Передпосівну обробку насіння фунгіцидами розглядають як ефективний та економічно доцільний захід обмеження розвитку грибкових хвороб на початкових етапах росту культури [36, 78]. Застосування фунгіцидних протруйників сприяє зниженню рівня насінневої інфекції, захисту проростків від ґрунтових патогенів і формуванню рівномірних та життєздатних сходів. Закордонні вчені встановили, що використання системних і контактно-системних препаратів забезпечує зменшення ураження кореневими гнилями на 40–70 % та підвищує польову схожість насіння на 8–15 % порівняно з необробленим контролем [14, 37].

Відомі дослідження, проведені в лабораторних умовах, де було протестовано п'ять фунгіцидів у трьох концентраціях із застосуванням методу отруєного поживного середовища. Отримані результати засвідчили, що карбендазим у всіх досліджуваних концентраціях, а також каптан у концентрації 500 ppm ефективно пригнічували ріст грибів *A. rabiei* та *B. cinerea* [163].

Системний фунгіцид карбендазим виявився найбільш ефективним серед випробуваних препаратів, оскільки повністю інгібував ріст обох фітопатогенів за всіх концентрацій. Отримані результати свідчать про високу фунгіцидну активність карбендазиму проти збудників аскохітозу та сірої гнилі нуту [163].

Насіннева природа збудника фузаріозного в'янення нуту *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*, а також його здатність тривало зберігатися в ґрунті у формі хламідоспор значно ускладнюють контроль цього захворювання. Результати проведеного дослідження свідчать, що раціональне застосування фунгіцидів є ефективним елементом системи захисту нуту від фузаріозу. Установлено, що використання фунгіцидів у збільшених нормах сприяло підвищенню схожості насіння та зниженню ураженості рослин, однак водночас негативно впливало на ріст і продуктивність рослин. Натомість застосування фунгіцидів у рекомендованих дозах забезпечувало поліпшення ростових показників та підвищення врожайності нуту. Серед досліджуваних препаратів найвищу ефективність продемонстрував фунгіцид Бавістин, дещо поступався йому за рівнем дії препарат Тірам. Установлено, що передпосівна обробка насіння фунгіцидами була ефективнішою порівняно з їх внесенням у ґрунт, оскільки забезпечувала кращий захисний ефект, була екологічно безпечнішою та економічно доцільнішою [5]. Отже, отримані результати свідчать про перспективність застосування фунгіцидів для протруювання насіння як одного з ключових елементів контролю фузаріозного в'янення нуту.

Актуальність досліджень, спрямованих на оцінку токсичної дії протруйників на макро- і мікросимбіонтів, а також на функціонування бобово-ризобіальної системи загалом, зумовлена постійним оновленням сортового складу бобових культур, появою нових хімічних і біологічних засобів захисту рослин та штамів бульбочкових бактерій. Особливої уваги потребує питання сумісності фунгіцидних та інсектицидних протруйників із інокулянтами за умови їх одночасного використання в разі передпосівної обробки насіння [36], оскільки темпи досліджень у цій сфері часто не відповідають швидкості впровадження

нових активних речовин пестицидів [34, 43] і створення інокуляційних препаратів на основі нових штамів ризобій [145].

Лабораторні дослідження, спрямовані на вивчення впливу протруйників на посівні якості насіння нуту різних сортів, показали високу ефективність застосованих препаратів. У контрольних варіантах уже на третю добу пророщування відмічалися ознаки інфекційного ураження, а лабораторна схожість насіння коливалася в межах 64–75 %, що значно поступалося обробленим варіантам. Передпосівна обробка насіння препаратами Максим Адванс, Редіго М та Февер сприяла підвищенню енергії проростання й лабораторної схожості, значення яких перевищували 90 %, що свідчить про позитивний вплив протруйників на посівні якості насіння нуту [110].

Разом із тим встановлено, що фунгіцидні протруйники можуть негативно впливати на формування симбіотичних взаємовідносин між *Mesorhizobium ciceri* та рослинами нуту, оскільки бульбочкові бактерії є чутливими до багатьох активних речовин. У зв'язку з цим для передпосівної обробки доцільно використовувати препарати з мінімальною фітотоксичною дією щодо ризобій, а інокуляцію проводити штамми *M. ciceri*, толерантними до фунгіцидів. На основі узагальнення експериментальних даних рекомендовано вносити до технологій вирощування нуту такі протруйники, як Максим Стар (д. р. флудиоксоніл + + ципроконазол), Вітавакс 200 ФФ (д. р. карбоксин + тирам), Ламардор Про, Ламардор, Вінцит Форте, Сертікор, Оріус універсал ES, Віал Траст та інші, які поєднують високу фунгіцидну ефективність із відносною безпечністю для бульбочкових бактерій [72, 73, 74].

Незважаючи на значні переваги хімічного захисту рослин, його застосування не завжди забезпечує повний контроль хвороб, а зростання пестицидного навантаження призводить до забруднення навколишнього середовища, формування резистентних популяцій патогенів і порушення функціонування бобово-ризобіального симбіозу. У зв'язку з цим усе більшого значення набувають біологічні системи захисту рослин, що ґрунтуються на

використанні мікробіологічних агентів для обмеження розвитку фітопатогенних грибів і бактерій [64, 78, 86].

Біологічні препарати на основі мікроорганізмів-антагоністів розглядають як перспективну альтернативу хімічним пестицидам. Їх перевагами є відсутність формування резистентності в патогенів, здатність до синтезу антагоністичних метаболітів і конкуренція з фітопатогенами за поживний субстрат. До того ж такі мікроорганізми активно колонізують ризосферу, забезпечуючи пролонгований захисний ефект і підвищуючи стійкість рослин до повторного зараження на пізніших етапах онтогенезу. Механізм їх дії пов'язаний із активацією ферментних систем рослин, зокрема пероксидази та каталази, а також індукцією синтезу сигнальних молекул – жасмонової, саліцилової та арахідонової кислот. Додатковою перевагою біофунгіцидів є їх здатність стимулювати ріст і розвиток рослин, що не характерно для більшості хімічних протруйників [39, 48, 125].

Узагальнення літературних даних свідчить, що інтегрований підхід до захисту нуту, який передбачає поєднання раціонального використання фунгіцидів із інокуляцією насіння біологічними препаратами, є найбільш перспективним напрямом забезпечення стабільної продуктивності культури й екологічної безпеки агроценозів.

Висновки до Розділу 1

1. Соя є однією з ключових зернобобових культур світового та вітчизняного землеробства, що вирізняється високою економічною цінністю, універсальністю використання та здатністю до біологічної фіксації азоту. Високий уміст повноцінного білка й олії, позитивний вплив на родючість ґрунтів і адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов зумовили стабільне зростання її виробництва в Україні.

2. Нут набуває дедалі більшого значення як перспективна зернобобова культура, особливо в умовах кліматичних змін і дефіциту вологи. Висока харчова цінність, посухостійкість і здатність до симбіотичної азотфіксації роблять його важливим елементом стабілізації агроєкосистем.

3. Сорт є вирішальним чинником формування врожайності сої та реалізації її генетичного потенціалу. Сучасні сорти сої характеризуються високою продуктивністю, адаптивністю до ґрунтово-кліматичних умов і стресових факторів, а домінування ранньо- та середньоранньостиглих генотипів відповідає сучасним вимогам агровиробництва та кліматичним викликам. Ефективність використання сортового потенціалу значною мірою залежить від зональної адаптації та рівня технології вирощування.

4. Сортові ресурси нуту в Україні активно розширюються й оновлюються, що свідчить про зростання ролі цієї культури в умовах кліматичних змін. Вітчизняні сорти відзначаються посухостійкістю, стійкістю до основних хвороб і високою якістю зерна, що забезпечує перспективи стабільного виробництва нуту в різних агрокліматичних зонах. Подальша селекційна робота має бути спрямована на підвищення врожайності та адаптивності сортів.

5. Узагальнення результатів вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень свідчить, що передпосівна інокуляція насіння сої є дієвим агротехнічним заходом, спрямованим на підвищення врожайності та поліпшення якості зерна. Використання бактеріальних препаратів сприяє збільшенню продуктивності культури, зростанню вмісту білка, поліпшенню посівних і технологічних характеристик насіння, а також забезпечує більш стабільні якісні показники в умовах стресового впливу факторів середовища. Це підтверджує доцільність внесення інокуляції до сучасних адаптивних технологій вирощування сої для отримання високоякісної продукції.

6. Передпосівна інокуляція насіння нуту є науково обґрунтованим і екологічно безпечним агротехнічним заходом, що забезпечує стабільне підвищення врожайності, покращує якість зерна та сприяє біологізації землеробства, особливо за обмеженого використання мінеральних добрив.

7. Ефективне вирощування сої базується на адаптації технології протруєння до потреб бобово-ризобіального симбіозу. Поєднання сумісних засобів захисту, ефективних інокулянтів та біоактивних добавок дає змогу захистити сходи та максимально розкрити потенціал азотфіксації. Це є

стратегічно важливим для підвищення рентабельності виробництва та збереження екологічного балансу.

8. Узагальнення літературних даних свідчить, що інтегрований підхід до захисту нуту, який передбачає поєднання раціонального використання фунгіцидів із інокуляцією насіння біологічними препаратами, є найбільш перспективним напрямом забезпечення стабільної продуктивності культури й екологічної безпеки агроценозів.

Список використаних джерел до Розділу 1

1. Abbo S., Berger J., Turner N. Evolution of cultivated chickpea: four bottlenecks limit diversity and constrain adaptation. *Functional Plant Biology*. 2003. Vol. 30. P. 1081–1087. URL: <https://doi.org/10.1071/FP03084>.
2. Alfonso M. Improving soybean seed oil without poor agronomics. *J. Exp. Bot.* 2020. № 71. P. 6857–6860. URL: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa407>.
3. Altuntaş Y., Elkoca E., Kodaz S. Impact of Mesorhizobium ciceri Inoculation on Symbiotic Nitrogen Fixation of Various Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars. *Journal of Agricultural Production*. 2024. P. 255–264. URL: <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2001.00502.x>.
4. AMIS. Market Database. Agricultural Market Information System. USDA. 2022. URL: <https://data.nal.usda.gov/dataset/amis-market-database>.
5. Arshi Jamil & Shabbir Ashraf. Utilization of chemical fungicides in managing the wilt disease of chickpea caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. ciceri. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2020. P. 876–898, URL: <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1803705>.
6. Baraibar Norberg M. Sojización as a New First Movement: A Polanyian Analysis of the South American Soybean Boom. In: The Age of the Soybean: An Environmental History of the Soyacene during the Great Acceleration. Ed. by da Silva, and de Majo. *Winwick, Cambridgeshire: The White Horse Press*. 2022. P. 91–114.
7. Biological nitrogen fixation of summer legumes and their residual effects on subsequent rainfed wheat yield / R. S. Hayat et al. *Pak J Bot.* 2008. Vol. 40(2), 711–722.
8. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Biology and Biotechnology: From Domestication to Biofortification and Biopharming / B. Koul et al. *Plants*. 2022. Vol. 11, no. 21. P. 2926. URL: <https://doi.org/10.3390/plants11212926>.
9. Chrispeels M. J. Global production and consumption of genetically engineered crops. *J. Huazhong Agric. Univ.* 2014. 4. P. 120–132.
10. Direct selection for curing and deletion of Rhizobium plasmids using transposons carrying the Bacillus subtilis sac B gene. [Hynes M. F., Quandt J., O'Connell M. P., Pühler A.]. *Gene* 78. 1989. P. 111–120.

11. Ecological elasticity of soybean varieties' performance according to climatic factors in Ukraine / A. Melnyk et al. *Agro Life Scientific Journal*. 2022. Vol. 11, no. 2. P. 91–99. URL: <https://doi.org/10.17930/agl2022212>.
12. Efficacy of different fungicides against *Ascochyta rabiei* and *Botrytis cinerea* associated with chickpea / L Manjunatha et al. *Journal of Food Legumes*. 2024. Vol. 36, №. 4. P. 288–293. URL: <https://doi.org/10.59797/jfl.v36.i4.165>.
13. Efficiency of soybean seeds inoculation with fungicide-resistant rhizobia under pre-treatment with seed dressing agents / K. P. Kukol et al. *Fiziologia rastenij i genetika*. 2024. Vol. 56, no. 1. P. 74–86. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2024.01.074>.
14. Etiology, impact and control of rhizoctonia seedling blight and root rot of chickpea on the Canadian prairies / S. F. Hwang et al. *Canadian Journal of Plant Science*. 2003. Vol. 83, no. 4. P. 959–967. URL: <https://doi.org/10.4141/p02-165>.
15. Fleurat-Lessard F. Integrated management of the risks of stored grain spoilage by seedborne fungi and contamination by storage mould mycotoxins—Anupdate. *Journal of Stored Products Research*. 2017. T. 71. C. 22–40.
16. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food Balance Sheets. FAOSTAT (n.d.). URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Soybean production. 2023. URL: https://ourworldindata.org/grapher/soybean-production?tab=chart&country=UKR~OWID_WR.
18. Fuller D. Q., Willcox G., Allaby R. G. Cultivation and domestication had multiple origins: arguments against the core area hypothesis for Near Eastern agriculture. *World Archaeology*. 2011. Vol. 43 (4). P. 628–652. URL: <https://doi.org/10.1080/00438243.2011.624747>.
19. Genetic enhancement of soybean (*Glycine max* L.) germplasm for adaptability and productivity / S. RAUF et al. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2023. Vol. 55, no. 5. P. 1451–1462. URL: <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.5.1>.

20. Hou Z., Fang C., Liu B., Yang H., Kong F. Origin, variation, and selection of natural alleles controlling flowering and adaptation in wild and cultivated soybean. *Mol Breed.* 2023. № 43 (5). P. 36. URL: <https://doi.org/10.1007/s11032-023-01382-4>.
21. Ichim M. C. The Romanian experience and perspective on the commercial cultivation of genetically modified crops in Europe. *Transgenic Res.* 2019. 28. P. 1–7.
22. Impact of pesticides in properties of Bradyrhizobium spp. and in the symbiotic performance with soybean / T. F. Rodrigues et al. *World J Microbiol Biotechnol.* 2020 Oct 17;36(11):172. URL: <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02949-5>
23. Influence of photosynthetic apparatus of the productivity of high-oleic sunflower depending of climatic conditions in the left-bank forest-steppe of Ukraine / A. Melnyk et al. *Bulgarian Journal of Agricultural Science (BJAS).* 2020. No. 26 (4). P. 800–808.
24. Inoculation of seeds as a factor in increasing the productivity of soybean varieties of different maturity groups under irrigation conditions in southern Ukraine / V. V. Gamayunova et al. *Journal of Ecological Engineering.* 2025. Vol. 26, no. 9. P. 96–110. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/204504>.
25. ISAAA. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2019: Biotech Crops Drive Socio-Economic Development and Sustainable Environment in the New Frontier. 2019. ISAAA Brief No. 55. Ithaca, NY: Cornell University.
26. Jarecki W. Soybean response to seed inoculation or coating with Bradyrhizobium japonicum and foliar fertilization with molybdenum. *Plants.* 2023. Vol. 12 (13), P. 2431. URL: <https://doi.org/10.3390/plants12132431>.
27. Kyrychenko O. V., Mokrytskiy K. A. Sowing properties of soybean seeds under the introduction of diazotrophic microorganisms. *Fiziologia rastenij i genetika.* 2017. Vol. 49, no. 4. P. 347–357. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2017.04.347>.
28. Legume technology : Soya. URL: <https://legumetechnology.co.uk/crop-type/soya/> (дата звернення: 21.02.2024).
29. Li Y., Guan R., Liu Z. et al. Genetic structure and diversity of cultivated soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) landraces in China. *Theor Appl Genet.* 2008. № 117. P. 857–871. URL: <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0825-0>.

30. Lohosha O. V., Vorobei Y. O., Leonova N. O. Symbiotic Efficiency and Cytokinin Activity of New Mesorhizobium ciceri Strains. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*. 2023. T. 85, № 1. P. 3–11. URL: <https://doi.org/10.15407/microbiolj85.01.003>.
31. Lohosha O., Vorobei Y. Dynamics of formation and functioning of legume-rhizobial symbiosis Mesorhizobium ciceri-Cicer arietinum (variety Pam'iat'). 2021. No. 15(01):2021. P. 129–136. URL: <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.01.2952>.
32. Lua M., Jina Y., Weber B.B., Goodman, R.E. A comparative study of human IgE binding to proteins of a genetically modified (GM) soybean and six non GM soybeans grown in multiple locations. *Food Chem. Toxicol.* 2018. 112. P. 216–223.
33. Mohapatra D., Kumar S., Kotwaliwale N., Singh K. K. Critical factors responsible for fungi growth in stored food grains and non-Chemical approaches for their control. *Industrial Crops and Products*. 2017. №108. P. 162–182.
34. New pesticides molecules, formulation technology and uses: present status and future challenges / A. Bhattacharyya et al. *J. Plant Prot. Sci.* 2009. Vol. 1, P. 9–15.
35. Nyzhnyk T, Kots S, Pukhtaievych P. Rhizobium Inoculant and Seed-Applied Fungicide Effects Improve the Drought Tolerance of Soybean Plants as an Effective Agroecological Solution under Climate Change Conditions. *Front Biosci (Elite Ed)*. 2024 Jul 10;16(3):23. URL: <https://doi.org/10.31083/j.fbe1603023>.
36. O'Callaghan M. Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Appl Microbiol. Biotechnol.* 2016. Vol. 100 P. 5729–5746. URL: <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>.
37. Occurrence and Distribution of Chickpea Diseases in Central and Southern Parts of India / R. Ghosh et al. *American Journal of Plant Sciences*. 2013. Vol. 04, no. 04. P. 940–944. URL: <https://doi.org/10.4236/ajps.2013.44116>.
38. Osborne S.L, Riedell W.E. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the Northern Great Plains. *Agron.* 2006. Vol. 98. № 6. P. 1569–1574.
39. Paenibacillus polymyxa: A Prominent Biofertilizer and Biocontrol Agent for Sustainable Agriculture. / V. Meena et al. *Agriculturally Important Microbes for*

- Sustainable Agriculture*. Springer. 2017. Singapore. P. 123–131
URL: https://doi.org/10.1007/978-981-10-5343-6_6.
40. Pesticides in Crop Production / ed. by P. K. Srivastava et al. Wiley. 2020.
URL: <https://doi.org/10.1002/9781119432241>.
41. Plants of the World Online | Kew Science. Plants of the World Online : веб-сайт. URL: <https://powo.science.kew.org/> (дата звернення 10.01.2024).
42. Poljsak B. Strategies for reducing or preventing the generation of oxidative stress. Oxidative medicine and cellular longevity. *Hindawi Pub. Corp.* 2011. Vol. 2011. P. 1–15.
43. Recent advances in pesticide formulations for eco-friendly and sustainable vegetable pest management / D. K. Hazra et al. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 2017. №. 3, P. 232–237.
URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30036.91527>.
44. Revisiting sustainability of fungicide seed treatments for field crops / J. R. Lamichhane et al. *Plant Dis.* 2020. № 104. P. 610–623.
URL: <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1157-FE>.
45. Ritchie, H. (2021). Is our appetite for soy driving deforestation in the Amazon? Our World in Data. URL: <https://ourworldindata.org/soy>.
46. Sharma K. D., Chen W., Muehlbauer F. J. Genetics of Chickpea Resistance to Five Races of Fusarium Wilt and a Concise Set of Race Differentials for Fusarium oxysporum f. sp. ciceris. *Plant Disease*. 2005. Vol. 89, no. 4. P. 385–390.
URL: <https://doi.org/10.1094/pd-89-0385>.
47. Sharma K. D., Muehlbauer F. J. Fusarium wilt of chickpea: physiological specialization, genetics of resistance and resistance gene tagging. *Euphytica*. 2007. Vol. 157, no. 1-2. P. 1–14. URL: <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9401-y>.
48. Sharma, K.D., & Muehlbauer, F.J. (2007). Fusarium wilt of chickpea: physiological specialization, genetics of resistance and resistance gene tagging. *Euphytica*. 2007. Vol. 157(1–2), P. 1–14. URL: <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9401-y>.

49. Shcatula Y., Votyk V. Ways to increase yield of chickpeas. *Agriculture and Forestry*. 2020. No. 2. P. 195–208. URL: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-2-18>.
50. Shukla M., Al-Busaidi K.T., Trivedi, M., Tiwari R.K. Status of research, regulations and challenges for genetically modified crops in India. *GM Crops Food*. 2018. 9. P. 173–188.
51. Singh, G., Kaur L. Effect of fungicidal seed treatment on nodulation and yield of chickpea. *Legume Research*. 2012. Vol. 35(3). P. 215–219.
52. Song H., Taylor D.C., Zhang M. Bioengineering of Soybean Oil and Its Impact on Agronomic Traits. *Int J Mol Sci*. 2023. № 24 (3). P. 2256. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms24032256>.
53. Soybean and Sustainable Agriculture for Food Security / M. Sohikul Islam et al. Soybean - *Recent Advances in Research and Applications [Working Title]*. 2022. URL: <https://doi.org/10.5772/intechopen.104129>.
54. Soybean yield in relation to environmental and soil properties / G. S. Faé et al. *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 118. P. 126070. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126070>.
55. Sydiakina O. V., Hamajunova V. V. Global trends in chickpea production: regional experience and prospects for Ukraine. *Taurian Scientific Herald*. 2025. T. 2, № 141. C. 83–91. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.12>.
56. The functioning of the symbiotic and photosynthetic apparatus of soya under the influence of chemical agents with fungicidal action and exogenic lectin / A. V. Pavlyshche et al. *Fiziologia rastenij i genetika*. 2019. Vol. 51, no. 6. P. 517–528. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2019.06.517>.
57. Toward a “green revolution” for soybean / S. Liu et al. *Molecular plant*. 2020. Vol. 13, issue 5. P. 688–697. URL: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.03.002>.
58. Use of near-infrared spectroscopy for the rapid evaluation of soybean [*Glycine max* (L.) Merri.] water soluble protein content / R. Xu et al. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2020. Vol. 224. P. 117400. URL: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.117400>.

59. Weiss E., Zohary D., Hopf M. Domestication of Plants in the Old World - The Origin and Spread of Domesticated Plants in South-west Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. *4th ed. Oxford: Oxford University Press*, 2012. 264 p. URL: <https://doi.org/10.1093/9780199549061.001.0001>.
60. Wilson R. F. Soybean: Market Driven Research Needs. *Genetics and Genomics of Soybean*. New York, NY. P. 3–15. URL: https://doi.org/10.1007/978-0-387-72299-3_1.
61. Woyengo T. A., Beltranena E., Zijlstra R. T. Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry. *Animal Feed Science and Technology*. 2017. Vol. 233. P. 76–86. URL: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.006>.
62. Zabarna T., Cheresnyuk V. Agro-ecological aspects of soybean (*Glycine max* L.) cultivation in Ukraine. *Agroecological journal*. 2024. No. 1. P. 108–116. URL: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299945>.
63. Zhang M., Liu S., Wang Z. et al. Progress in soybean functional genomics over the past decade. *Plant Biotechnol. J.* 2022. № 20. P. 256–282. URL: <https://doi.org/10.1111/pbi.13682>.
64. Антикризіві рішення для сучасного рослинництва. Вінниця :ТО «ГД «Ензим-Агро». 2020. 95 с.
65. Асиміляційна діяльність посівів нуту залежно від сортових особливостей та передпосівної обробки насіння / О. М. Щербакова та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: Агрономія і біологія. 2014. Вип. 9. С. 110–113.
66. Бабич А. О. Соевий пояс і розміщення виробництва сортів сої в Україні. *Пропозиція*. 2010. № 4. С. 52–56.
67. Бабич А. О., Бахмат М. І., Бахмат О. М. Соя : агроекологічні основи вирощування, переробки і використання. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. 268 с.

68. Бабич А. О., Колісник С. І., Кобак С. Я. та ін. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 113–121.
69. Бабич А. О., Петриченко В. Ф. Рослинний білок і соєвий пояс України. *Вісник аграрної науки*. 1992. № 7. С. 3–7.
70. Бабич М. М. Бактеризація – прийом підвищення виробництва білку. *Зернові культури*. 1997. № 3. С. 19–20.
71. Білявська Л. Г. Аспекти адаптивної селекції сої в умовах зміни клімату. *Корми і кормовиробництво*. 2008. № 61. С. 10–16.
72. Бушулян О. В., Січкарь В. І. Сучасна технологія вирощування нуту. Методичні рекомендації. Одеса : СГІНЦНС. 2011. 31 с.
73. Бушулян О. В., Січкарь В. І., Бабаянц О. В. Інтегрована система захисту нуту від бур'янів, шкідників і хвороб. Методичні рекомендації. СГІНЦНС. Одеса, 2012. 25 с.
74. Бушулян О. В., Січкарь В. І., Бабаянц О. В. Сучасна інтегрована система захисту посівів нуту. Методичні рекомендації. Одеса : СГІНЦНС. 2017. 26 с.
75. Бушулян О. В., Січкарь В. І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування : монографія. Одеса, 2009. 248 с.
76. Венедіктов О. М. Хвороби і шкідники сої та заходи боротьби з ними. *Корми і кормовиробництво*. 2012. № 71. С. 55–61.
77. Власенко В. В. Сучасні погляди впливу фітопатогенів в агрофітоценозах при заготівлі та збереженні кормів. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 74. С. 202–207.
78. Вплив передпосівної обробки на посівні якості та фітосанітарний стан насіння нуту / Г. Поспелова і ін. *Вісник ПДАА*. 2022. Вип. 2 (105). С. 127–134. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.15>.
79. Глупак З. І. Урожайність і якість сої сортів ранньостиглої групи в умовах північно-східної частини Лісостепу України. *Вісник Сумського*

національного аграрного університету. Серія. Агроніомія і біологія. 2013. 11 (26). С. 100–103.

80. Гончар Л. М., Щербакова О. М. Польова схожість і виживаність рослин нуту за передпосівної обробки насіння. *Вісник ЖНАЕУ*. Рослинництво, селекція та кормовиробництво. № 2 (50). т.1. 2015. С. 203–207.

81. Гончар М. В. Дослідження сортових ресурсів нуту (*Cicer arietinum* L.) в Україні. *Аграрні інновації*. 2023. № 22. С. 31–35. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.5>.

82. Гончарук І., Панцирева Г. Ефективність вирощування бобових культур в Україні. *Інтеграція традиційних та інноваційних процесів розвитку сучасної науки*. 2020. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-021-6-31>.

83. Дем'яненко В. В. Ключові елементи сучасної технології вирощування сої. *Агроскоп*. 2014. №. 1. С. 13–19.

84. Дерев'янський В. П. Поширення хвороб та продуктивність сої. *Карантин і захист рослин*. Київ. 2007. №. 5. С. 11–14.

85. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік. Київ, 2021. 523 с.

86. Дідович С. В. Мікробні препарати як альтернатива хімічним фунгіцидам при вирощуванні нуту. *Корми і кормовикобництво*. 2011. Вип. 70 С. 41–47.

87. Дідович С. В. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах України. *Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб.* Чернігів. 2008. Вип. 8. С. 117–125.

88. Дідович С. В. Формування та функціонування симбіозу *Mesorhizobium ciceri* – *Cicer arietinum* в агроценозах південного Степу України : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 03.00.07 «Мікробіологія». Чернігів, 2007. С. 22.

89. Дідович С. В., Портянко С. І., Дідович О. М. Вплив мінерального азоту на ефективність симбіозу нуту (*Cicer arietinum*) з *Mesorhizobium ciceri*.

Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. 2006. Вип. 19. С. 121–125.

90. Ефективність нітрагінізації нуту у Криму / С. В. Дідович, Н. З. Толкачов та ін. : зб. наук. праць Луганського нац. аграр. ун-ту. Луганськ. 2003. № 30 (42). С. 62–66.

91. Ефективність нітрагінізації нуту у Криму / С. В. Дідович, Н. З. Толкачов та ін. : зб. наук. праць Луганського нац. аграр. ун-ту. Луганськ. 2003. № 30 (42). С. 62–66.

92. Забарна Т. А., Пелех Л. В. Продуктивність сортів сої залежно від впливу ґрунтово-кліматичних умов Правобережного Лісостепу України. *Slovak International Scientific Journal*. 39. С. 6–11.

93. Іванюк С. В., Темченко І. В. Оцінка стійкості до основних хвороб сортозразків сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 36–42.

94. Іванюк С. В., Темченко І. В. Оцінка стійкості до основних хвороб сортозразків сої в умовах Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2006. Вип. 57. С. 36–42.

95. Інокуляція підвищує врожайність сої при мінімальних опадах: експерти компанії Vitagro Partner. URL: https://vitagro-partner.com.ua/press_release/jakzibraty-vdalyi-vrozhai-soi (дата звернення: 18.06.2024).

96. Камінський В. Ф., Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від агротехнічних заходів в умовах північного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2010. № 67. С. 45–50.

97. Кириченко В. В., Рябуха С. С., Кобизєва Л. Н., Посилаєва О. О., Чернишенко П. В. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) : монографія / НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва . 2016. 400 с.

98. Кириченко В. В., Рябуха С. С., Кобизєва Л. Н., Посилаєва О. О., Чернишенко П. В. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) : монографія / НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва . 2016. 400 с.

99. Колісник С. І., Кобак С. Я., Панасюк О. Я. Ефективність систем захисту сої від хвороб в короткоротаційних сівозмінах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2017. №. 84. С. 133–140.
100. Коробко А. А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 4. С. 125–134. URL: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098>.
101. Косилович Г., Голячук Ю. Захист сої від хвороб. *Вісник ЛНАУ. Серія: агрономія*. 2020. №. 24. С. 163–167.
102. Коць С. Я., Павлице А. В. Використання фунгіцидів у інтегрованих системах захисту рослин сої та їх вплив на фізіолого-біохімічні процеси за інокуляції її насіння бульбочковими бактеріями. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53. № 1. С. 3–17. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2021.01.003>.
103. Мазур В. А., Дідур І. М., Панцирева Г. В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 18. С. 5–17.
104. Мазур В. А., Панцирева Г. В., Затолочний О. В. Порівняльна характеристика сортів нуту за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах правобережного Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 1 (20). С. 5–15. URL: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-1-1>.
105. Мазур О. В. Гетерозис, ступінь домінування ознак зернової продуктивності сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. 5 С. 91–98.
106. Маліченко С. М., Даценко В. К., Василюк В. М. Ефективність симбіотичних систем, утворених за участю сої і транспозантів бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*. *Науковий вісник Ужгородського університету*. Сер. Біологія. 2006. Вип. 18. С. 144–148.
107. Маринич М. Врожай бобових в Україні: результати 2022 р. та перспективи 2023 р. UkrAgroConsult : вебсайт. URL: <https://ukragroconsult.com/news/vrozhaj-bobovyh-v-ukrayini-rezultaty-2022-r-ta-perspektyvy-2023-r/> (дата звернення 15.05.2023).

108. Марченко Т. Ю. Мінливість господарсько-цінних ознак сої в умовах зрошення півдня України. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. 3. С. 75–78.
109. Мельник А. В., Романько Ю. О., Романько А. Ю. Адаптивний потенціал і стресостійкість сучасних сортів сої. *Таврійський науковий вісник*. 2020. 113. С. 85–91.
110. Мельник Т. І., Білокінь В. І. Реакція сортів нуту на передпосівну обробку протруйниками. Гончарівські читання: 2021 рік : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 17–19 квіт. 2021 р. Суми : СНАУ, 2021. С. 51.
111. Миколаєвський В. П., Сергієнко В. Г., Титова Л. В. Вплив інокулянтів на формування симбіотичних систем, розвиток хвороб та продуктивність сої різних сортів. *Microbiology&Biotechnology*. 2016. № 3(35). С. 57. URL: [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2016.3\(35\).78032](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2016.3(35).78032).
112. Михайлов В. Г., Щербина О. З., Романюк П. С., Стариченко В. М. Характеристика скоростиглих і середньостиглих сортів сої для зони Лісостепу і Полісся України. *Селекція і насінництво*. 2011. Вип. 100. С. 306–314.
113. Морозов О. М., Поспелова Г. Д., Нечипоренко Н. І. Особливості інфікування нуту мікроміцетами. Сучасні аспекти і технології у захисті рослин : матеріали Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 26 листопада 2021 р.). Полтава: ПДАА, 2021. С. 75–78.
114. Нідзельський В. А. Спрямування технологічних заходів на стабілізацію урожаїв сої. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України* : Серія «Агрономія». 2012. С. 100–105.
115. Нут – перспективне джерело харчового білка / В. І. Січкара та ін. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2023. № 19. С. 172–193. URL: <https://doi.org/10.37555/2707-31.14.19.2023.295154>.
116. Огляд українського ринку сої – 2022/23. 2023. Лип. URL: <http://shareuapotential.com/ru/BE/ukrainian-soya2023.html> (дата звернення: 01.02.2024).

117. Омельчук С. В., Якимчук Р. А. Ефективність соєво-ризобіального симбіозу за дії фунгіциду Аканто плюс. *Фізіологія рослин та генетика*. 2019. Т. 51. № 5. С. 447–454.

118. Особливості функціонування соєво-ризобіальних систем за впливу фунгіцидів і комплексного препарату стимпо / Л. І. Рибаченко та ін. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53. № 4. С. 307–319.

119. Офіційний вебсайт Державної служби статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 06.03.2024).

120. Павлице А. В., Кірізій Д. А., Коць С. Я. Реакція симбіотичних систем сої на дію фунгіцидів за різних способів обробки. *Фізіологія рослин та генетика*. 2017. Т. 49. № 3. С. 237–247.

121. Панцирева Г. В. Сортові ресурси зернобобових культур в Україні: сучасний стан та перспективи використання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 2 (17). С. 30-41. URL: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-2-3>.

122. Панцирева Г. В., Ковальчук В. М. Дослідження елементів технології вирощування сої на основі мобілізаційних агропідходів за природних процесів ґрунтово-імобілізаційного характеру. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 107–112. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.24.15>.

123. Пархоменко Т. Ю., Пархоменко О. Л. Вплив застосування мікроорганізмів-антагоністів фітопатогенів на бобово-ризобіальний комплекс і продуктивність нуту. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2014. № 3 (60). С. 149–152.

124. Пасько В. Ф. Регіональні особливості сільськогосподарського землекористування агрохолдингів України. Реєстраційне посвідчення в УкрІНТЕІ МОН № 777 від 18 грудня 2019 р. 2020. С. 146.

125. Перспективи вирощування нуту в зв'язку зі зміною клімату в умовах Лівобережного Лісостепу України / Мельник А. та ін. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної освіти та науки : зб. матеріалів доп. сучасн. III Міжнар. наук.-практ. конф. Київ. 2020. С. 136–137.

126. Петриченко В. Ф. Наукові основи виробництва та використання сої у тваринництві. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 71. С 3–11.
127. Петриченко В. Ф., Іванюк С. В. Вплив сортових і гідротермічних ресурсів на формування продуктивності сої в умовах Лісостепу : збірник наукових праць Інституту землеробства УААН. 2000. Вип. 3–4. С. 19–24.
128. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. Соя : монографія. Вінниця: «Діло», 2016. 400 с.
129. Петриченко В. Ф., Воронецька І. С. Виробництво олійних культур в Україні: сучасні виклики та перспективи. *Економіка АПК*. 2017. № 10. С. 32–40.
130. Піковський М. І. Діагностика ознак сірої гнилі нуту. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 9. С. 1–3.
131. Порядинський В., Ляшенко В. Продуктивність сортів сої різних груп стиглості. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки продукції рослинництва : матеріали III наук. практ. інтернет конф. 21–22 квіт. 2015 р. Полтава, 2015. С. 104–106.
132. Продуктивність сортів сої за інокуляції насіння бульбочковими й ендоефітними бактеріями в умовах зрошення півдня України / С. П. Голобородько та ін. *Меліорація і водне господарство : міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2020. № 1. С. 122–130. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-221>.
133. Рибальченко А. М. Особливості формування сортових ресурсів та урожайності сої в Україні. *Вісник ПДАА*. 2022. № 3. С. 18–25.
134. Розвиток кореневих гнилей нуту та видовий склад їх збудників / М. М. Кирик та ін. *Наук. вісник Національного університету біоресурсів та природокористування України: Серія Агронімія*. 2014. №195 (1). С. 152–155.
135. Романько А. Ю. Динаміка виробництва сої в Україні та на Сумщині. Гончарівські читання : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. м. Суми, 25–26 травня 2017 р. Суми, 2017. С. 127–128.
136. Романько Ю. О. Вплив строків сівби на продуктивність сортів сої в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2010. Випуск 4 (19). С. 87–94.

137. Симбіоз штамів *Bradyrhizobium japonicum* із соєю за різних ґрунтово-клі- матичних умов / Д. В. Крутило та ін. *Агроекологічний журнал*. 2008. № 3. С. 70–74.

138. Симбіотична азотфіксувальна здатність нуту та продуктивність культури за різного удобрення / Г. М. Господаренко та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2017. Вип. 25. С. 25–30.

139. Симбіотичні властивості та насіннева продуктивність сої у польових умовах за різних способів обробки насіння фунгіцидами / А. В. Павлице та ін. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т. 50. № 4. С. 358–368.

140. Сільське господарство України 2022. Статистичний збірник. Київ : Державна служба статистики України, 2023. 164 с.

141. Січкарь В. І. Стан і перспективи розвитку виробництва зернобобових культур у світі та Україні. Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення. 2015. Вип. 26 (66). С. 9–20.

142. Сніжок О. Стандак® Топ та ХайКот Супер Соя – надійна основа майбутнього врожаю : [протруєння насіння]. *Пропозиція*. 2017. № 3. С. 110–112.

143. Соломійчук М. Соя з імунітетом. *The Ukrainian Farmer*. 2017. № 4. С. 118–122.

144. Соя : монографія / В. Ф. Петриченко та ін. Вінниця : «Діло», 2016. 400 с.

145. Стамбульська У. Я., Лушак В. І. Вплив місцевих штамів *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* на рослини гороху посівного. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2008. Вип. 7. С. 131–137.

146. Супіханов Б. Нішеві культури. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 4. С. 58–64

147. Толкачов М. З. Вплив різних форм і доз мінеральних азотних добрив на симбіотичну азотфіксацію та продуктивність сої. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 55–62.

148. Томашевська О. Виробництво нуту як один із напрямів нішевої диверсифікації агробізнесу. *Економіка та суспільство*. 2024. № 59. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-94>.

149. Фітосанітарний стан насіння сої у східній частині Лісостепу України / С. С. Рябуха та ін. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Серія фітопатологія та ентомологія*. 2010. № 1. С. 104–108.

150. Хвороби сої: моніторинг, діагностика, захист : монографія / за редакцією академіків НААН В. Ф. Петриченка, В. П. Патики. Вінниця : «Віндрук», 2016. 106 с.

151. Хвороби та шкідники нуту / В. П. Петренко та ін. *Посібник українського хлібороба*. 2010. С. 31–32.

152. Холодова О. Ю. Характеристика поживних властивостей нуту та сучасний стан його використання у харчовій промисловості. *Товарознавство та інновації*. 2011. Вип. 3. С. 165–170.

153. Хорсун І. А. Гетерозис, ступінь домінування та успадкованість господарсько цінних ознак в гібридних популяціях сої. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 101. С.183–191.

154. Цицюра Т. В., Темченко І. В., Барвінченко С. В. Оцінка пластичності та стабільності показників якості насіння сортів сої різного еколого-географічного походження. *Корми і кормовиробництво*. 2021. № 92. С.104–115. URL: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202192-10>.

155. Чабанюк Я., Бровко І. Чинники існування симбіозу *Bradyrhizobium japonicum*. *Пропозиція*. 2017. № 3. С. 36–37.

156. Черенков А. В., Шевченко М. С. Стратегія виробництва зернобобових культур і сої в Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 1. С. 13–18.

157. Чорна В. М. Насіннева продуктивність сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2016. 82. С. 69–77.

158. Шевніков М. Я. Соя – важливий компонент для ефективного використання біокліматичного потенціалу лівобережної частини Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 1. С. 9–12.

159. Шендрик К. М. Ефективність біологічних та хімічних засобів захисту сої від кореневих гнилей. *Захист і карантин рослин*. 2008. Вип. 54. С. 494–497.

160. Шендрик К. М. Сучасний фунгіцид Пропульс 250 SE для захисту сої проти комплексу фітопатогенів. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. №. 26. С. 48–55.

161. Шляхи екологізації технології вирощування нуту в умовах Лівобережного Лісостепу України / Ю. Романько та ін. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Т. 2, № 135. С. 61–72. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.135.2.8>.

162. Шовкова О. В. Продуктивність сортів сої ранньостиглої групи в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 113–118. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.13>.

163. Як обрати сорт сої – Агробізнес сьогодні. Агробізнес сьогодні. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/19062-yak-obraty-sort-soi.html> (дата звернення: 10.12.2024).

164. Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої [Електронний ресурс] *Пропозиція*, 2014. URL: <http://www.propozitsiya.com/?page=146&itemid=4140>.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дисертаційне дослідження було виконано в межах науково-дослідної теми «Особливості формування продуктивності зернобобових культур в умовах Лісостепу та Степу України» (державна рестрація № 0117U006536). Практичну значущість отриманих результатів підтверджено шляхом виробничої апробації та подальшого впровадження окремих елементів дослідження в умовах сільськогосподарських підприємств Сумської й Полтавської областей, зокрема на базі ТОВ «ЛСК-11» та ПСП «Колос», де досліджувані технологічні прийоми були реалізовані на загальній площі 51 га.

2.1. Агрометеорологічні та ґрунтові умови років дослідження

Закладання та проведення польових експериментальних досліджень здійснювали на дослідному полі ННВК Сумського НАУ. Ґрунт дослідної ділянки представлений чорноземом типовим глибоким середньосуглинковим, сформованим на лесових відкладах, що зумовлює його високий природний потенціал родючості та є характерним для ґрунтово-кліматичних умов Лівобережного Лісостепу України.

Аналіз агрохімічних показників ґрунтів, зокрема реакції ґрунтового розчину, вмісту органічної речовини та рівня забезпеченості основними елементами мінерального живлення, проводили відповідно до нормативних вимог ДСТУ 4362:2004 «Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів».

За результатами проведеного агрохімічного аналізу встановлено, що вміст гумусу в орному шарі ґрунту, визначений за методом Тюріна, перебував у межах 4,2–4,4 %, тоді як значення сольового показника кислотності коливалися в інтервалі 6,0–6,1, що відповідає слабкокислій реакції ґрунтового середовища.

За результатами агрохімічного аналізу встановлено, що концентрація легкогідролізованого азоту, визначеного за методом Корнфілда, становила 135 мг/кг ґрунту, що відповідає низькому рівню забезпеченості. Водночас вміст

рухомих форм фосфору (P_2O_5) та калію (K_2O), визначених за методом Чирикова, сягав відповідно 207 мг/кг, що характеризується як дуже високий рівень, та 78 мг/кг ґрунту, який оцінюється як середній.

Характеристику погодних і кліматичних умов періоду досліджень здійснювали на основі метеорологічних даних, наданих Інститутом сільського господарства Північного Сходу НААН України, метеорологічна станція якого розташована на відстані близько 4 км від дослідної ділянки.

Аналіз середньомісячної температури повітря й суми опадів за вегетаційний період (квітень – вересень) у 2020–2022 рр. свідчить про істотну варіабельність температурного й водного режимів щодо середньобагаторічних норм.

Кліматограма, наведена на рис. 2.1, ілюструє середньобагаторічні показники опадів і температурного режиму повітря протягом вегетаційного періоду сої та нуту (квітень – вересень). Аналіз цих даних дає змогу встановити ключові кліматичні характеристики умов дослідження.

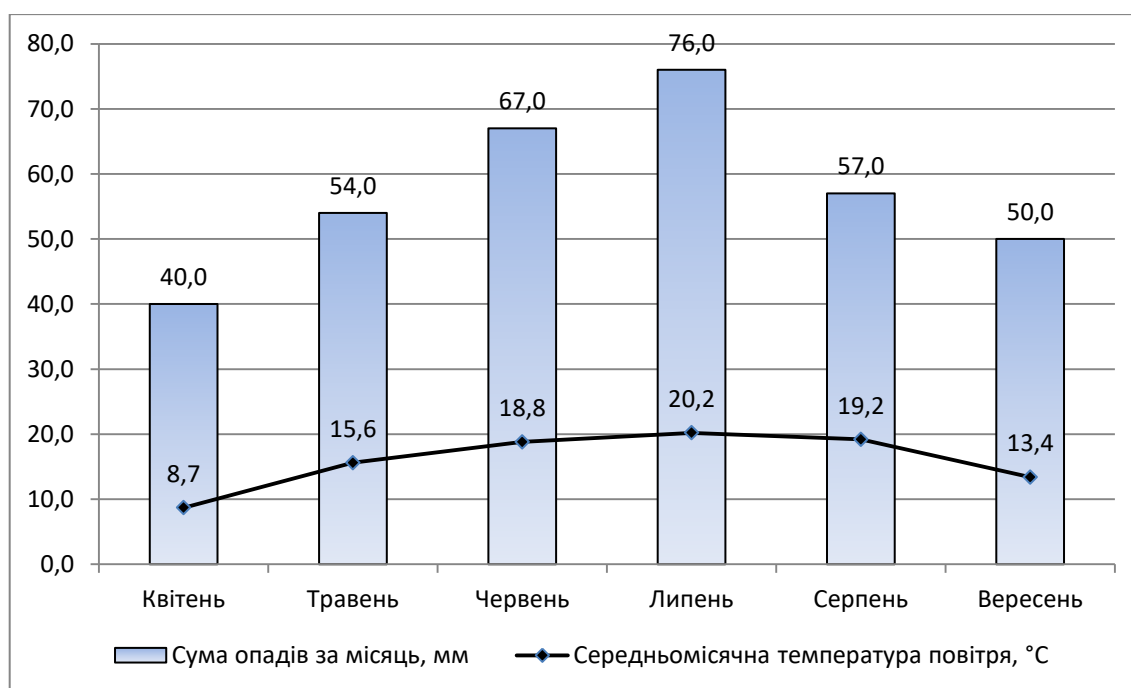


Рис. 2.1. Кліматограма середньобагаторічних показників суми опадів і середньомісячної температури повітря за вегетаційний період сої та нуту

Аналіз середньобагаторічних показників суми опадів за вегетаційний період показує нерівномірний розподіл вологи. Максимальна сума опадів фіксується в

липні, досягаючи 76,0 мм, та червні – 67,0 мм. Менша сума опадів випадає в серпні (57,0 мм) та травні (54,0 мм). Початок вегетації у квітні відзначається помірною кількістю опадів – 40,0 мм, тоді як вересень характеризується найменшим показником за весь період – 50,0 мм, що сприяє дозріванню врожаю.

Середня багаторічна температура повітря за вегетаційний період сої та нуту має чітко виражену динаміку. Найвищі показники температурного режиму спостерігаються в розпал літа: у липні – 20,2 °С, серпні – 19,2 °С та червні – 18,8 °С. Температурний режим знижується на початку та наприкінці вегетації. Менші показники сформувалися у травні – 15,6 °С та вересні – 13,4 °С. Найнижча середньомісячна температура фіксується у квітні – 8,7°С, що відповідає початку весняного потепління та старту польових робіт.

Для ілюстрації метеорологічних умов 2020 року досліджень подана кліматограма суми опадів та середньомісячної температури повітря за вегетаційний період сої та нуту (рис. 2.2).

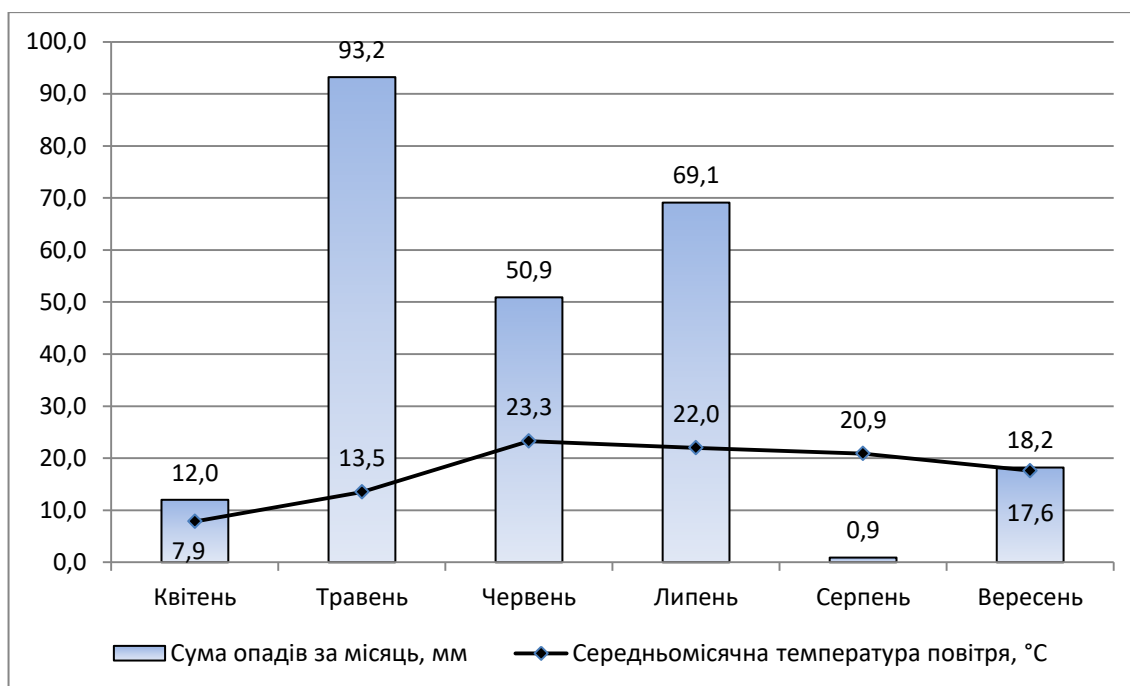


Рис. 2.2. Кліматограма суми опадів та середньомісячної температури повітря за вегетаційний період сої та нуту в 2020 році

Температурний режим у 2020 році був теплішим за середньобагаторічні показники, особливо в літні місяці. Зокрема, у червні середня температура була

вищою на $+4,5$ °С. Аналогічна тенденція спостерігалася у липні (на $+1,8$ °С порівняно з нормою) та серпні (на $+1,7$ °С порівняно з нормою) Це свідчить про підвищене теплозабезпечення в 2020 році порівняно із середніми показниками.

Розподіл опадів у 2020 році був украй нерівномірним та істотно відхилився від середньобогаторічної норми. Травень виявився аномально перезвоженим (93,2 мм опадів), тоді як середній показник становить лише 54,0 мм. Це могло спричинити перезволоження ґрунту на початку вегетації. Водночас серпень 2020 року був критично посушливим, зафіксовано лише 0,9 мм опадів, що різко контрастує з середньою нормою 57,0 мм. Такий дефіцит вологи в поєднанні з високими температурами призвів до посухи в період наливу зерна сої.

Для подальшого аналізу мінливості кліматичних умов та їх впливу на об'єкти дослідження було розглянуто метеорологічні показники наступного року. Наступна діаграма ілюструє гідротермічний режим у 2021 році (рис. 2.3).

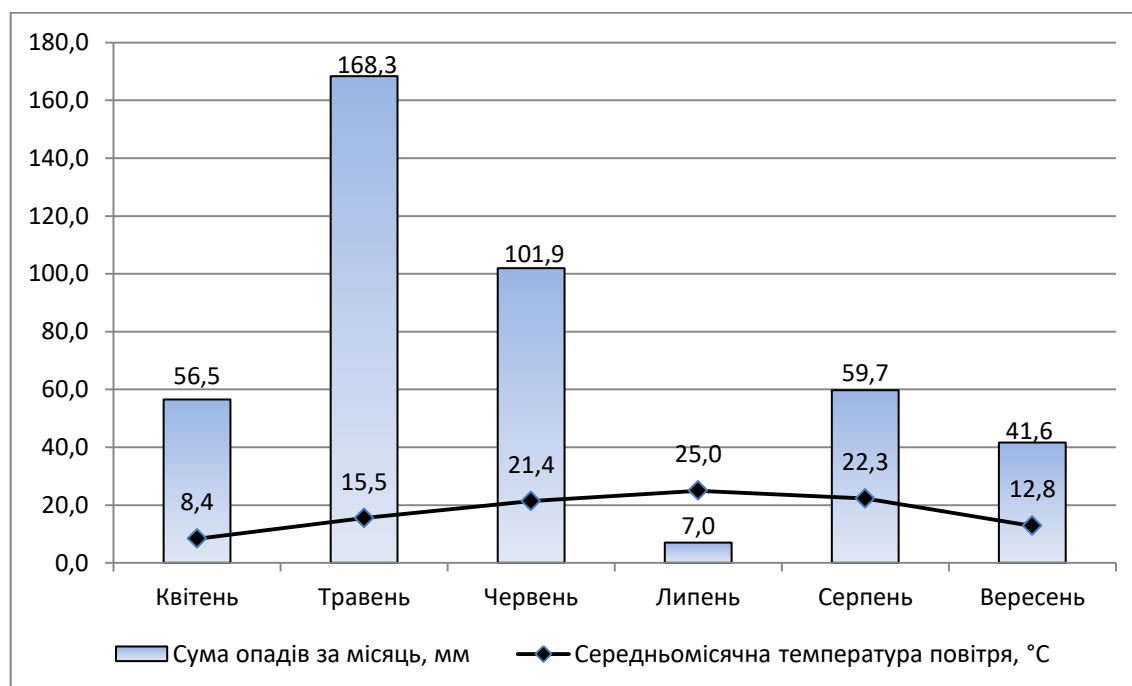


Рис. 2.3. Кліматограма суми опадів та середньомісячної температури повітря за вегетаційний період сої та нуту в 2021 році

Аналіз метеорологічних показників за 2021 рік свідчить про помірно теплий та достатньо зволожений вегетаційний період, який загалом був сприятливим для росту та розвитку сої й нуту. Температурний режим у 2021 році був стабільно

високим, із поступовим зростанням від квітня, середньомісячна температура якого становила 8,4 °С до пікових значень 25,0 °С у липні. Червень та серпень також характеризувалися високими температурами, а саме 21,4 °С і 22,3 °С відповідно, що забезпечувало достатнє теплозабезпечення посівів.

Розподіл опадів у 2021 році був нерівномірним, але загалом адекватним для потреб культур. Аномально висока кількість опадів випала у травні (168,3 мм), що значно перевищило середні показники та забезпечило гарні стартові умови для вегетації. Червень також був добре зволожений (101,9 мм). Липень виявився сухим (лише 7,0 мм опадів), що спричинило тимчасовий дефіцит вологи в період цвітіння сої, але було сприятливим для нуту. Серпень (59,7 мм) та вересень (41,6 мм) мали помірну кількість опадів, достатню для дозрівання врожаю.

Аналіз кліматограми вегетаційного періоду 2022 року (рис. 2.4) дав змогу визначити забезпеченість теплом та вологою рослин сої та нуту.

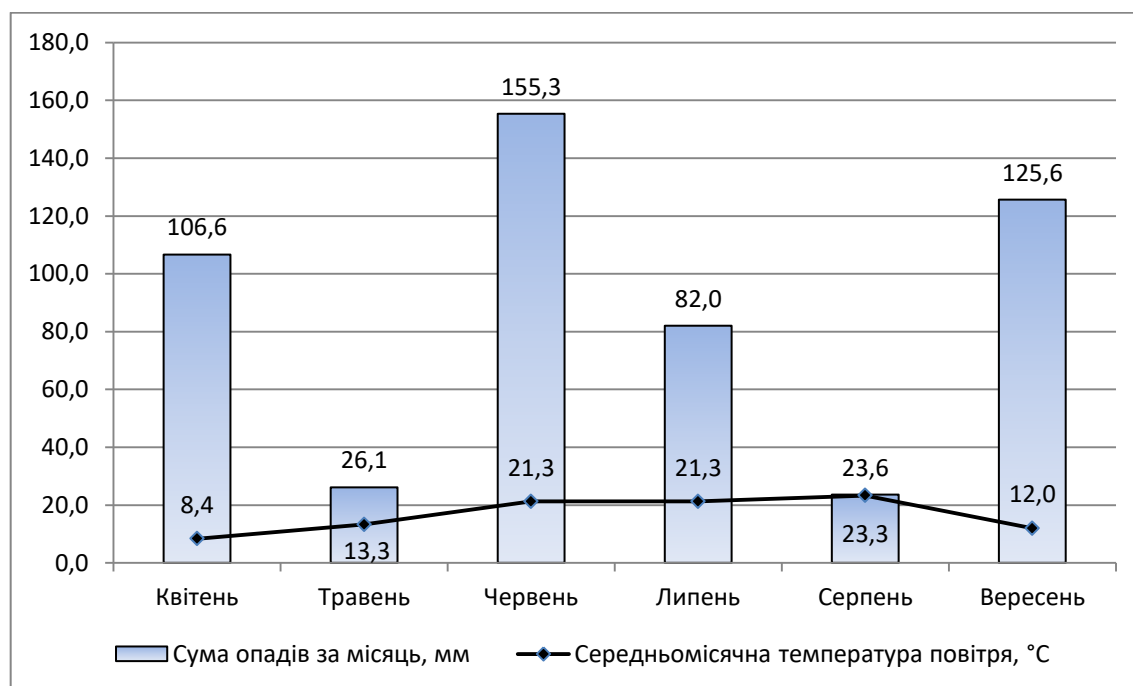


Рис. 2.4. Кліматограма суми опадів та середньомісячної температури повітря за вегетаційний період сої та нуту в 2022 році

Температурний режим у 2022 році був помірно теплим, з поступовим зростанням від квітня, середньомісячна температура якого становила 8,4 °С до пікових значень 23,6 °С у серпні. Липень та червень також характеризувалися

стабільно високими температурами, а саме 21,3 °C і 23,6 °C відповідно, що забезпечувало достатнє теплозабезпечення посівів, але могло посилювати випаровування вологи в посушливі періоди.

Розподіл опадів у 2022 році був у край нерівномірним та контрастним. Висока кількість опадів випала в червні (155,3 мм) та квітні (106,6 мм), що значно перевищило середні показники та забезпечило гарні стартові умови для вегетації. Проте травень виявився сухим (лише 26,1 мм опадів), що могло спричинити тимчасовий дефіцит вологи на початкових етапах розвитку культур. Липень (82,0 мм) мав помірну кількість опадів, тоді як серпень (23,3 мм) та вересень (12,0 мм) відзначилися значним дефіцитом вологи, що могло негативно позначитися на дозріванні врожаю, особливо для сої.

Більш інформативним та науково обґрунтованим показником для комплексної оцінки умов зволоження в окремі роки є загальноприйнятий гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК) [13], який враховує співвідношення між сумою активних температур і кількістю атмосферних опадів. З огляду на тісний зв'язок цього показника з водним режимом ґрунту та фізіолого-біохімічними процесами в рослинах його застосування є доцільним під час аналізування умов вирощування зернобобових культур, зокрема сої й нуту.

Згідно з метеорологічними даними, отриманими за період проведення досліджень, було здійснено розрахунок гідротермічного коефіцієнта Селянінова (ГТК) для вегетаційних періодів вирощування сої та нуту в 2020–2022 рр. Розрахунки проводили на основі співвідношення суми атмосферних опадів та суми активних температур повітря за місяці основної вегетації культур (травень – вересень), що дає змогу об'єктивно оцінити рівень вологозабезпечення рослин упродовж росту та розвитку [7].

Визначення ГТК дозволяє комплексно охарактеризувати метеорологічні умови років досліджень та встановити ступінь їх сприятливості для формування продуктивності сої та нуту, зокрема в періоди найбільшої потреби рослин у волозі. Отримані значення гідротермічного коефіцієнта наведено в таблиці 2.1.

Сума активних температур, опадів і ГТК за вегетаційний період сої та нуту (квітень – вересень, 2020–2022 рр.)

Рік	Сума активних температур, °С	Сума опадів, мм	ГТК	Рік за зволоженням
2020	3019,0	226,7	0,75	Посушливий
2021	2788,5	359,2	1,29	Оптимальний
2022	2805,4	467,2	1,67	Вологий
Середнє багаторічне (1994–2019)	2829,3	334,2	1,18	Оптимальний

Аналіз метеорологічних даних показав тенденцію до поступового зростання рівня зволоження за період досліджень. Зокрема, 2020 рік характеризувався дефіцитом опадів (ГТК = 0,75), тоді як у 2021 році зволоження було оптимальним (ГТК = 1,29). Вегетаційний період 2022 року відзначався надмірною кількістю вологи, про що свідчить зростання гідротермічного коефіцієнта до 1,67. Ці зміни гідротермічного режиму створили умови для диференційованого впливу на процеси росту, розвитку та формування продуктивності посівів сої та нуту.

2.2. Схема експерименту та методики проведення досліджень

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження було виконано в межах науково-дослідної теми Сумського національного аграрного університету на 2019–2025 рр. – «Особливості формування продуктивності зернобобових культур в умовах Лісостепу та Степу України», № 0117U006536.

Метою досліджень є виявлення сортових особливостей сої та нуту за допомогою оптимізації функціонування бобово-ризобіального симбіозу за комплексної передпосівної обробки насіння в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Об'єкт дослідження – показники фотосинтетичної активності, продуктивність бобово-ризобіального симбіозу, врожайність та якість зерна сої й

нуту залежно від сортових особливостей, комплексної передпосівної обробки насіння та погодних умов.

Предметом дослідження є сорти сої (Кордоба, Тенор, Діадема Поділля) і нуту (Йордан, Скарб, Одисей), інокулянти, протруйники, погодні умови, бобово-ризобіальний симбіоз, продуктивність, врожайність, якість зерна, економічна та енергетична ефективність.

Для досягнення цієї мети потрібно виконати такі **завдання**:

- визначити сортові особливості формування асиміляційної поверхні та вмісту фотосинтетичних пігментів у листках сої й нуту залежно від комплексної передпосівної обробки насіння;
- виявити особливості формування бобово-ризобіального симбіозу та розрахувати його активний потенціал у сортів сої й нуту за комплексної передпосівної обробки насіння;
- установити закономірності впливу сортових особливостей, інокуляції та протруювання насіння на продуктивність, урожайність і якісні показники досліджуваних культур;
- розрахувати економічну та біоенергетичну ефективність вирощування сої та нуту за комплексної передпосівної обробки насіння.

Для розкриття теми дисертаційної роботи та досягнення мети дослідження проводили у двох ідентичних за структурою трифакторних польових експериментах із соєю та нутом.

Дослід 1.

Схема досліду:

Фактор А (сорт сої): Кордоба, Тенор, Діадема Поділля;

Фактор В (інокулянти): контроль (обробка водою), ХіСтік (4 кг/т), Оптімайз 400 (1,8 л/т+екстендер 0,41 л/т);

Фактор С (протруйники): варіант 1 (контроль обробка водою 8 л/т); варіант 2 (Максим Адванс – 1,0 л/т); варіант 3 (Стандак ТОП – 1,0 л/т); варіант 4 (Редіго М – 1,0 л/т); варіант 5 (Февер – 0,4 л/т).

Параметри досліду: $l_a = 3$, $l_b = 3$, $l_c = 5$, $n=4$, площа облікової ділянки 15 м²

Ділянки розміщені методом організованих повторень.

Дослід 2.

Схема досліду:

Фактор А (сорти нуту): Йордан, Скарб, Одисей;

Фактор В (інокулянти): контроль (обробка водою), Ризолайн (2 л/т + протектор Ризосейв 0,5 л/т), BiNitro нут (2 кг/т);

Фактор С (протруйники): варіант 1 (контроль обробка водою 8 л/т); варіант 2 (Максим Адванс – 1,0 л/т); варіант 3 (Стандак ТОП – 1,0 л/т); варіант 4 (Редіго М – 1,0 л/т); варіант 5 (Февер – 0,4 л/т).

Параметри досліду: $l_a = 3$, $l_b = 3$, $l_c = 5$, $n=4$, площа облікової ділянки 15 м²

Ділянки розміщені методом організованих повторень.

Технологія вирощування сої та нуту в дослідках відповідала загальноприйнятим рекомендаціям для зони Лівобережного Лісостепу України, за винятком досліджуваних факторів (сорт, інокуляція та протруювання насіння), передбачених схемою експерименту [15].

Попередником сої та нуту в роки досліджень були зернові колосові культури. Після їх збирання проводили лушення стерні дисковим агрегатом АГ-2,4. Система удобрення в дослідках була загальноприйнятною для Лівобережного Лісостепу України та базувалася на внесенні фонові норми мінеральних добрив N₆₀P₆₀K₆₀ під передпосівну культивуацію. Калійні добрива вносили в повному обсязі під основний обробіток ґрунту (зяблеву оранку плугом ПЛН 3-35), а азотні та фосфорні – навесні під агрегат КПС-2,4.

Передпосівну обробку насіння здійснювали в два етапи. Протруювання насіння сої та нуту препаратами згідно зі схемою досліду (фактор С) здійснювали за 14 діб до сівби, що дозволяло стабілізувати токсикологічне навантаження на насінину. Бактеризацію посівного матеріалу інокулянтами (фактор В) проводили безпосередньо в день сівби. Протруювання та інокуляцію виконували ручним способом за допомогою ретельного перемішування насіння з відповідною нормою препарату. Для збереження життєздатності ризобій обробку проводили в

затінених умовах, запобігаючи дії прямого сонячного випромінювання, а зберігали в непрозорих паперових пакетах.

Сівбу досліджуваних культур проводили суцільним рядковим способом із міжряддям 15 см за допомогою селекційної сівалки «Клен-1.5С». Нут сіяли в II–III декаді квітня (залежно від року досліджень) за прогрівання ґрунту до +6–8 °С, глибина загортання насіння становила 6 см. Сівбу сої здійснювали у I декаді травня за стабільного прогрівання посівного шару ґрунту до +10–12 °С на глибину 4–5 см. Норма висіву для сої становила 650 тис. шт. схожих насінин/га, а для нуту 500 тис. шт. схожих насінин/га.

Контроль забур'яненості передбачав внесення досходового гербіциду Зенкор Ліквід (0,7 л/га). Для контролю однорічних злакових видів посіви обробляли грамініцидом Ачіба (1,0 л/га). Збирання врожаю проводили у фазі повної стиглості зерна прямим комбайнуванням за допомогою малогабаритного селекційного комбайна Massey Ferguson.

Для реалізації визначених у дисертаційній роботі завдань та отримання достовірних експериментальних даних було виконано комплекс таких спостережень, вимірювань та польових обліків:

- моніторинг метеорологічних показників. Ступінь забезпеченості рослин вологою та тепловими ресурсами визначали за допомогою гідротермічного коефіцієнта (ГТК) Селянінова, який розраховували за формулою

$$\text{ГТК} = \frac{\sum p \times 10}{\sum t},$$

де $\sum p$ – сума опадів за період із температурами вище +10 °С, мм;

$\sum t$ – сума активних температур (вище +10 °С) за відповідний період, °С.

Інтерпретацію отриманих значень здійснювали згідно із загальноприйнятою класифікацією, де ГТК < 1,0 – недостатнє зволоження; ГТК 1,0–1,3 – оптимальне (нормальне) зволоження; ГТК > 1,3 – умови надмірного або достатнього зволоження [7];

- визначення вмісту основних елементів живлення здійснювали у зразках ґрунту, відібраних із горизонту 0–30 см перед сівбою культур.

Лабораторні дослідження проводили за загальноприйнятими методиками: азот – за Корнфілдом, фосфор і калій – за Чириковим [2, 11];

- фенологічні спостереження проводили протягом основних фаз росту й розвитку рослин сої в умовах сортовипробування відповідно до протоколів для сільськогосподарських культур згідно з «Методикою державного сортовипробування» [12, 14]. Мікростадії та стадії розвитку рослин визначали за міжнародною шкалою ВВСН;

- польову схожість та виживаність рослин сої й нуту визначали за підрахунком кількості рослин на закріплених облікових майданчиках, що містили два суміжні рядки довжиною по 2 пог. м кожен, із подальшим перерахунком на одиницю площі [8];

- площу листової поверхні сої встановлювали за методом «висічок» [13, 22], який ґрунтується на визначенні площі та маси стандартної кількості листових висічок (50 шт.), а також загальної маси листків дослідних зразків, отриманих у відібраних для аналізу зразках рослин, досліджених у лабораторних умовах. Загальну площу листків розраховували за формулою

$$S_{\text{лп}} = \frac{S_{\text{в}} \times P \times n}{P_{\text{в}}},$$

де $S_{\text{лп}}$ – загальна площа листків, см²; $S_{\text{в}}$ – площа однієї висічки, см²; P – загальна маса листків, г; $P_{\text{в}}$ – маса висічок, г; n – кількість висічок, шт.;

- вміст хлорофілів у листках визначали спектрофотометричним методом після екстракції пігментів етиловим спиртом із використанням спектрофотометра **ULAB 102**;

- кількість і масу бульбочок на кореневій системі рослин сої та нуту в різні фенологічні фази визначали методом ґрунтових монолітів;

- активний симбіотичний потенціал (АСП) визначали як інтегральний показник, що характеризує сумарну активність симбіотичної азотфіксації протягом певного проміжку вегетації. Розрахунок АСП здійснювали за формулою

$$\text{АСП} = \frac{M_1 + M_2}{2} \cdot T,$$

де АСП – активний симбіотичний потенціал, кг. діб/га;

T – тривалість періоду між двома послідовними строками обліку, діб;

M_1 і M_2 – маса активних бульбочок, що містять леггемоглобін, відповідно на початку та в кінці облікового періоду, кг/га [1,8];

- аналіз структури урожаю в кожному варіанті досліджування здійснювали у фазу повної стиглості зерна. З цією метою на кожній обліковій ділянці відбирали модельні рослини, у яких визначали загальну довжину стебла, висоту прикріплення першого бобу, кількість бобів на рослині, загальну кількість насінин із однієї рослини, масу насіння з рослини та масу 1 000 насінин. Усі вимірювання й підрахунки виконували на одній і тій самій вибірці з 25 рослин у кожному повторенні досліджування [4];

- вміст олії та білка в насінні визначали за допомогою інфрачервоного аналізатора SupNir 2700;

- статистичну обробку експериментальних даних здійснювали із застосуванням кореляційного та дисперсійного аналізу з використанням програмного забезпечення Statistica 10 і Microsoft Excel [8, 13];

- економічну ефективність досліджуваних варіантів оцінювали відповідно до чинних методичних рекомендацій за допомогою розрахунку виробничих витрат на 1 га, собівартості продукції, чистого прибутку та рівня рентабельності з урахуванням цін на товарну сою й нут та складові технології вирощування, актуальні на жовтень 2022 року [9]. Енергетичну оцінку агротехнологій проводили за методикою, запропонованою В. П. Медведовським, П. І. Іваненком та співавторами [10].

2.3. Характеристика матеріалів для проведення дослідження

З огляду на значну різноманітність представлених на вітчизняному ринку оригінаторів як об'єкти досліджень було вибрано сорти сої та нуту як вітчизняної, так і іноземної селекції. Усі вони офіційно внесені до Державного реєстру сортів рослин, дозволених до вирощування в Україні [6]. Експериментальна частина роботи базувалася на вивченні таких сортів сої:

Кордоба. Оригіатор: «Saatbau Linz». Країна створення – Австрія. Ранньостиглий сорт сої, що належить до високоврожайних сортів інтенсивного типу. Вегетаційний період становить 105–110 днів (СНУ 2450). Відзначається високою стійкістю: до бактеріозу та пероноспорозу – 9 балів, до вилягання та розтріскування бобів – 8,5–9 балів, має добру посухостійкість – 8,1–9 балів. Висота рослин – 75,0–85,0 см, висота кріплення нижнього бобу – 12,0–14,5 см. Маса 1 000 насінин – 190,0–220,0 г. Вміст білка – 38,6–39,2 %. Вміст жиру – 20,9–22,3 %. Потенційна урожайність – до 45,0–50,0 ц/га, середня врожайність під час державних випробувань становила 30,5–34,0 ц/га. Сорт демонструє високу адаптивність до інтенсивних технологій вирощування та рекомендований для зон Степу, Лісостепу та Полісся. Внесений до Державного реєстру в 2014 році [6].

ЕС Тенор. Оригіатор: «Lidea France SAS». Країна створення – Франція. Ранньостиглий сорт сої, що характеризується високою пластичністю та інтенсивним початковим ростом. Вегетаційний період становить 100–115 днів (СНУ 2450). Має високі показники стійкості: до основних захворювань (зокрема склеротиніозу) – 8 балів, до вилягання – 7 балів, до розтріскування бобів – 8 балів. Висота рослин – 78–87 см, нижній боб кріпиться на висоті 10,2–12,4 см. Маса 1 000 насінин – 185–210 г. Вміст білка – 39,1–41,0 %. Вміст жиру – 21,2–23,0 %. Потенційна урожайність сягає 40–45 ц/га, фактична середня врожайність у зоні Лісостепу – 28,5–32,0 ц/га. Сорт адаптований до різних типів ґрунтів і придатний для вирощування в зонах Полісся та Лісостепу. Внесений до Державного реєстру в 2017 році [6].

Діадема Поділля. Оригіатор: «Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України». Країна створення – Україна. Ранньостиглий сорт сої, створений методом самозапилення, що характеризується широкою екологічною пластичністю. Вегетаційний період становить 105–115 днів (СНУ 2450–2500). Має високі показники стійкості: до основних фітопатогенів – 9 балів, до вилягання та осипання – 8,7–9 балів, до посухи – 7,5–9 балів. Висота рослин – 65,1–75,9 см, нижній біб кріпиться на середній висоті. Маса 1 000 насінин – 145,1–178,9 г. Вміст білка – 39,4–41,1 %. Потенційна урожайність сягає 35–

40 ц/га, фактична середня врожайність у зонах Степу, Лісостепу та Полісся – 18,0–21,8 ц/га. Сорт адаптований до різноманітних ґрунтово-кліматичних умов і придатний для вирощування по всій території України. Внесений до Державного реєстру в 2015 році [6].

Також у експериментальній частині роботи вивчалися такі сорти нуту:

Йордан. Оригінатор та виробник – Хазера Генетікс Лтд. Країна створення – Ізраїль. Середньостиглий сорт нуту, створений методом індивідуального добору з гібридної популяції. Вегетаційний період становить 75–85 днів. Має високу стійкість: до посухи та спеки – 9 балів, до вилягання та осипання – 8 балів, до ураження аскохітозом та фузаріозом – 8–9 балів. Висота рослин – 45,0–55,0 см, кріплення нижнього бобу – на висоті 15,0–25,0 см. Маса 1 000 насінин – 380,0–420,0 г. Вміст білка – 29,0–32,0 %. Урожайність: потенційна – 35,0–40,0 ц/га, середня в зонах випробування – 22,0–26,0 ц/га. Характеризується високою адаптивністю до посушливих умов і придатний для вирощування в зонах Степу, Лісостепу, Полісся. Внесений до Державного реєстру в 2014 році [6].

Скарб. Оригінатор та виробник – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН. Країна створення – Україна. Середньостиглий сорт нуту, створений методом індивідуального добору з гібридної популяції. Вегетаційний період становить 85–95 днів. Характеризується високою стійкістю: до посухи та спеки – 8,2 балів, до вилягання – 9,9 балів, до осипання зерна – 8,3 балів, до аскохітозу – 7,6 балів. Висота рослин – 45,0–50,0 см, кріплення нижнього бобу – на висоті 23,5–25,0 см. Маса 1 000 насінин – 280,0–310,0 г. Вміст білка – 18,6–25,0 %. Урожайність: потенційна – 20,0–24,0 ц/га, середня в умовах Степу та Лісостепу – 15,0–21,0 ц/га. Сорт придатний для механізованого збирання та адаптований до вирощування в зоні Лісостепу. Внесений до Державного реєстру в 2017 році [6].

Одисей. Оригінатор та виробник – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН. Країна створення – Україна. Середньостиглий сорт нуту, отриманий за допомогою індивідуального добору з гібридної комбінації. Вегетаційний період становить 95–105 днів.

Характеризується високою стійкістю: до посухи – 9,4 балів, до вилягання та осипання насіння – 8,4–8,6 балів, до аскохітозу та фузаріозу – 9 балів. Висота рослин – 42,0–55,0 см, висота кріплення нижнього бобу – 20,0–23,0 см. Маса 1 000 насінин – 350,0–390,0 г. Вміст білка – 21,0–24,0 %. Урожайність: потенційна – 30,0–38,0 ц/га, середня в умовах Степу й Лісостепу – 18,0–22,5 ц/га. Сорт вирізняється високою екологічною пластичністю та стабільністю в умовах критичного дефіциту вологи. Рекомендований для вирощування в зонах Степу та Лісостепу. Внесений до Державного реєстру в 2014 році [6].

Для активізації мікробіологічних процесів у кореневій зоні та стимулювання росту рослин програмою досліджень передбачено передпосівну обробку насіння сої й нуту такими інокулянтами:

Оптімайз 400. Виробник: Bayer (Німеччина). Рідкий інокулянт для сої з сигнальною молекулою. Активна речовина: *Bradyrhizobium japonicum* (штам 532 С), титр 5×10^9 КУО/г + Ліпо-хітоолігосахарид 2×10^{-7} %. Препаративна форма: розчинний концентрат (РК). Високоефективний біопрепарат для передпосівної підготовки сої, що активує природні механізми симбіотичної азотфіксації. Його застосування сприяє оптимізації мінерального живлення та інтенсифікації ростових процесів на ранніх етапах органогенезу. Робочий розчин готують змішуванням основного компонента (1,39 л/т), рідкого прилипака (0,41 л/т) та води з витратою 8 л/т. Загальна норма витрати препарату 1,8 л/т. Загальна норма робочого розчину 10 л/т. Насіння інокулюють у день сівби. Внесений до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні в 2013 році (постійна реєстрація) [5, 16].

ХіСтік. Виробник: BASF (Німеччина). Стерильний інокулянт на основі торфу. Активна речовина: *Bradyrhizobium japonicum* (штам 532 С), титр 2×10^9 КУО/г. Препаративна форма: водорозчинний порошок (ВП). Сучасний біопрепарат, застосування якого забезпечує підвищення здатності рослин до засвоєння азоту за рахунок посилення ефективності симбіотичної взаємодії з бульбочковими бактеріями. Існує два способи обробки насіння. Вологий спосіб полягає в додаванні води з розрахунку 2 л/т, після чого насіння ретельно

перемішують з інокулянтом до рівномірного покриття всієї його поверхні робочою сумішшю. Сухий спосіб виключає використання води. Насіння просто перемішують з інокулянтом. Норма витрати 4 кг/т. Внесений до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні в 2018 році (постійна реєстрація) [5, 23].

BiNitro нут. Виробник: ENZIM BIOTECH (Україна). Специфічний сухий інокулянт (торфова основа). Активна речовина: *Mesorhizobium ciceri*. Штам МС 285. Титр бактерій: 2×10^9 КУО/г. Препаративна форма: нерозчинний дрібно-дисперсний порошок на основі торфу. Завдяки високій концентрації живих клітин препарат гарантує стабільний результат та поліпшує родючість ґрунту для наступних культур. Вологий метод обробки полягає в змочуванні насіння водою з розрахунку не більше 10 л/т, а потім нанесення сухого інокулянту, що дає змогу рівномірно покрити насіння. Сухий метод виконують аналогічно без додавання води. Норма витрати препарату: 2 кг/т. Внесений до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні в 2018 році (реєстрація закінчується в 2028 році) [3, 5].

Ризолайн нут. Виробник: БТУ-центр (Україна). Біопрепарат на основі специфічних бульбочкових бактерій *Mesorhizobium ciceri*. Штам М 7. Титр бактерій: 2×10^9 КУО/г. Препаративна форма: концентрат суспензії (КС). Обробку насіння нуту проводять у затіненому приміщенні, уникаючи прямих сонячних променів. Норма витрати препарату 2 л/т+протектор Ризосейв 0,5 л/т. Внесений до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні в 2016 році (реєстрація закінчується в 2025 році) [5, 21].

Реалізація потенційної продуктивності сортів нуту та сої істотно обмежується патогенною мікрофлорою ґрунту та насінневою інфекцією. Тому в межах дослідження було передбачено комплексну передпосівну обробку насіння, що поєднує біологічну активізацію (інокуляцію) із фунгіцидним захистом.

Максим Адванс 195 FS. Виробник: Syngenta (Швейцарія). Активна речовини: флудіоксонілу (25 г/л), металаксилу-М (20 г/л) та тіабендазолу (25 г/л). Препаративна форма: текуча суспензія (ТН), що забезпечує рівномірне

покривання насіння. Оптимальна норма витрати препарату становить 1,0–1,2 л/т. В Україні Максим Адванс був офіційно зареєстрований у 2017 році. Він спеціалізується на захисті сої від широкого спектра хвороб, зокрема фузаріозу та аскохітозу [5, 17].

Стандак Топ Виробник: BASF (Німеччина). Активні речовини: фіпроніл (250 г/л), тіофанат-метил (225 г/л) та піраклостробін (25 г/л). Препаративна форма: текучий концентрат суспензії (ТН). Рекомендована норма використання варіюється в межах 1,0–2,0 л/т залежно від культури. У Державному реєстрі України препарат з'явився в 2012 році. Відомий своїм фізіологічним ефектом (AgCelence), що сприяє розвитку кореневої системи [5, 19].

Редіго М 120 FS. Виробник: Bayer (Німеччина). Активні речовини: протіокназолу (100 г/л) та металаксилу-М (20 г/л). Препаративна форма: текучий концентрат суспензії (ТН). Норма застосування препарату становить 1,0–1,25 л/т. В Україні Редіго М було зареєстровано в 2014 році. Він ефективно протидіє кореневим гнилям та пліснявінню насіння, забезпечуючи високу польову схожість за несприятливих умов [5, 18].

Февер 300 FS. Виробник: Bayer (Німеччина). Активна речовина: протіокназол (300 г/л). Препаративна форма: текучий концентрат суспензії (ТН). Його відрізняє низька норма витрати, яка становить усього 0,4–0,6 л/т. Продукт отримав реєстрацію в Україні в 2012 році. Февер забезпечує не лише контроль інфекцій, а й сприяє підвищенню посухостійкості рослин та кращому засвоєнню поживних речовин на ранніх етапах росту [5, 20].

Висновки до розділу 2

1. Проведені дослідження базуються на типових метеорологічних параметрах Лівобережного Лісостепу України, які є сприятливими для стабільного вирощування таких зернобобових культур, як соя й нут. Специфіка погодних умов у роки вегетації сприяла проведенню всебічної оцінки не лише адаптивного потенціалу рослин, а й особливостей формування та функціонування бобово-ризобіального апарату сої та нуту залежно від гідротермічного режиму.

2. Для експерименту вибрано сорти сої та нуту, які належать до однієї групи стиглості, що забезпечило порівнянність результатів та ідентичність етапів органогенезу в межах дослідження. Використання сортів від різних оригінаторів, внесених до Державного реєстру рослин України, дало змогу проаналізувати варіативність їх морфобіологічних ознак та рівень толерантності до зовнішніх чинників у разі застосування сучасних біологічних препаратів і засобів захисту.

3. Застосований комплекс польових та лабораторних методів, що базується на принципах організованих повторень, створив надійне підґрунтя для отримання достовірних даних. Системний підхід до вивчення взаємодії «сорт – комплексна обробка насіння» дав змогу якісно інтерпретувати результати досліджень та забезпечив теоретичне обґрунтування для подальшого аналізу господарсько-цінних ознак і продуктивності культур.

4. Вибрана методика проведення дослідів та обсяг спостережень відповідають вимогам достовірності, що дозволяє повною мірою оцінити ступінь реалізації біологічного потенціалу сортів сої та нуту й обґрунтувати оптимальні технологічні прийоми, що сприяють максимальній активності симбіотичного апарату та зростанню продуктивності культур в умовах Лівобережного Лісостепу.

Список використаних джерел до Розділу 2

1. Volkogon V. V., Nadckernichna O. V., Tokmakova L. M. (2010). Experimental Soil Microbiology: Monograph. for sciences Ed. VV. Volkogon. K. : Agrar. Sciences. P.154–156.
2. Агрохімічний аналіз ґрунту, рослин і добрив на лабораторно-практичних заняттях з агрохімічної хімії : навч. посібник / І. М. Карасюк, та ін., за ред. І. М. Карасюка. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2001. 192 с.
3. БіНітро® нут – Торговий Дім ENZIM BIOTECH. URL: <https://agro.enzim.biz/inokulyant-dlya-nutu.html>.
4. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : НІЧЛАВА, 2003. 320 с.
5. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Наказ № 135 від 15.02.2022 року).
6. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні : офіційний вебсайт. URL: sort.sops.gov.ua (дата звернення: 09.10.2022).
7. Дмитренко В. П. Погода, клімат і урожай польових культур. Київ : Ніка-Центр, 2010. 620 с.
8. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Дія, 2005. 288 с
9. Калініченко О. В. Методичні засади економічної оцінки вирощування сільськогосподарських та енергетичних культур / за заг. ред. М. І. Кулика, О. В. Калініченка. Полтава : ПП «Астроя», 2019. С. 91–103.
10. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.
11. Методи аналізу ґрунтів і рослин : навч. посіб. / С. Ю. Булигін, С. А. Балюк, А. Д. Міхновська та ін. Харків, 1999. 157 с.
12. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (круп'яні та зернобобові культури) / за ред. В. В. Волкодава. Київ, 2001. 69 с.

13. Методика наукових досліджень в агрономії [текст]: навч. посіб. / В. Г. Дідора та ін. Київ : «Центр учбової літератури», 2013. 264 с.
14. 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.
15. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / В. М. Зубець та ін. ; за ред. В. М. Зубця. Київ : Логос, 2004. 776 с.
16. Оптімайз® 400 - Crop Science Ukraine. ТОВ «Байер» Агropідрозділ. Засоби захисту рослин та насіння - Crop Science Ukraine. URL: <https://www.cropscience.bayer.ua/Products/Seed-Treatment/Optimaiz-400>.
17. Протруйник Максим Адванс 195 FS застосовують для передпосівної обробки насіння – SuperAgronom.com. Superagronom.com. URL: <https://superagronom.com/pesticidi-protruyniki/maksim-advans-195-fs-id8974>.
18. Протруйник Редіго М 120 FS для сої від Байер – SuperAgronom.com. Superagronom.com. URL: <https://superagronom.com/pesticidi-protruyniki/redigo-m-120-fs-bayer-id7435>.
19. Протруйник Стандак Топ застосовують для контролю основних хвороб та шкідників сої від БАСФ – SuperAgronom.com. Superagronom.com. URL: <https://superagronom.com/pesticidi-protruyniki/standak-top-basf-id7332> .
20. Протруйник Февер 300 FS для сої від Байер – SuperAgronom.com. Superagronom.com. URL: <https://superagronom.com/pesticidi-protruyniki/fever-300-fs-bayer-id6413>.
21. Ризолайн® нут – Торговий дім «БТУ-центр». URL: <https://btu-center.com/bioinokuliant-btu-r-boby>.
22. Савченко П. В., Кожушко Н. С. Методи визначення площі листової поверхні рослини картоплі. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. 11 (26). С. 191–195.
23. ХіСтік® Соя – Аграрні рішення. *Ласкаво просимо на сайт BASF*. URL: <https://www.agro.basf.ua/uk/Products/overview/Inoculants/ХіСтік-Соя.html>.

РОЗДІЛ 3

СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ТА СИМБІОТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОСІВІВ СОЇ Й НУТУ ЗАЛЕЖНО ВІД КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

Формування високої продуктивності зернобобових культур, зокрема сої та нуту, базується на тісній фізіологічній взаємодії фотосинтетичного апарату та симбіотичної системи. Ефективність фотосинтезу визначає енергетичне забезпечення азотфіксації, тоді як активність симбіозу є вирішальним фактором азотного живлення, що безпосередньо впливає на розвиток асиміляційної поверхні та накопичення сухої біомаси. Оптимізація цих процесів за допомогою комплексної передпосівної обробки насіння інокулянтами та протруювачами дає змогу максимально реалізувати потенціал культур, забезпечуючи збалансований розподіл асимілянтів між вегетативними та репродуктивними системами, що є фундаментальною умовою одержання стабільних урожаїв.

3.1. Сортові особливості формування асиміляційної поверхні та вміст фотосинтетичних пігментів у листках сої залежно від комплексної передпосівної обробки насіння

Максимальна продуктивність і висока якість насіння сільськогосподарських культур досягаються за умови формування посівів із оптимальними параметрами листової поверхні, відповідною динамікою її розвитку та структурою [5, 16]. Ефективне наростання площі листя та забезпечення високого фотосинтетичного потенціалу агрофітоценозу значною мірою визначаються науково обґрунтованими технологіями вирощування, що сприяють подовженню функціональної активності асиміляційного апарату [5, 8].

Вважають, що фундаментом формування врожаю сої є створення оптимального листового апарату, який через фотосинтетичну діяльність забезпечує трансформацію сонячної енергії в органічні сполуки, необхідні для

морфогенезу та репродуктивних процесів [4, 8]. Дослідженнями, проведеними в умовах Лісостепу України, встановлено, що цільовий показник площі листкової поверхні для сої має становити 40–50 тис. м²/га. Відхилення від цих значень у менший бік свідчить про недосконалість оптико-біологічної структури посіву та нерациональне використання фотосинтетичної активної радіації (ФАР). Водночас надмірне розростання вегетативної маси також є небажаним, оскільки через інтенсивне взаємозатінення відбувається передчасне відмирання листків нижніх ярусів, а також зниження загальної ефективності фотосинтезу [7, 16].

За результатами проведених досліджень протягом 2020–2022 рр. встановлено істотний вплив генетичних особливостей сорту, передпосівної обробки насіння протруйниками та інокулянтами на формування асиміляційного апарату рослин сої (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Формування площі листкової поверхні рослин сої залежно від сорту, інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), тис. м²/га

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)			Середнє	
		контроль	ХіСтік	Оптімайз	фактор А	фактор С
Кордоба	контроль	30,63	34,14	33,09	34,70	31,64
	Максим Адванс	31,57	38,34	36,79		33,88
	Стандак Топ	34,14	36,15	32,80		32,40
	Редіго М	30,53	37,83	36,82		33,56
	Февер	31,81	37,96	37,86		34,33
Тенор	контроль	29,66	32,64	31,36	33,06	
	Максим Адванс	30,46	36,03	34,75		
	Стандак Топ	31,75	32,45	31,17		
	Редіго М	29,96	35,93	35,25		
	Февер	30,77	37,21	36,52		
Діадема Поділля	контроль	28,55	32,20	32,47	31,73	
	Максим Адванс	28,87	33,55	34,55		
	Стандак Топ	30,22	32,21	30,67		
	Редіго М	27,27	34,41	34,07		
	Февер	29,44	33,94	33,48		
Середнє	За фактором В	30,38	35,00	34,11		

НІР₀₅ для фактора АВС = 1,7

Сортові особливості (фактор А) мали вплив на формування асиміляційного апарату культури. Установлено, що сорт Кордоба сформував найвищу середню площу листової поверхні на рівні 34,7 тис. м²/га. Сорти Тенор та Діадема Поділля продемонстрували нижчі показники, а саме 33,06 тис. м²/га та 31,73 тис. м²/га відповідно, що підтверджує високий генетичний потенціал Кордоби до нарощування фотосинтетичної маси.

Визначальним чинником інтенсифікації розвитку листового апарату виявилася інокуляція насіння (фактор В). Найвищу ефективність забезпечило застосування препарату ХіСтік, де середній показник досяг 35,00 тис. м²/га, що на 4,62 тис. м²/га перевищило контроль (30,38 тис. м²/га). Використання інокулянту Оптімайз також сприяло позитивній динаміці (34,11 тис. м²/га), проте його дія була дещо слабшою порівняно з ХіСтіком.

Серед фунгіцидних протруйників (фактор С) найбільший позитивний вплив на фотосинтетичну поверхню мали препарати Февер (34,33 тис. м²/га) та Максим Адванс (33,88 тис. м²/га). Нижчі результати зафіксовано у варіантах із застосуванням Редіго М (33,88 тис. м²/га) та Стандак Топ (32,40 тис. м²/га).

Максимальний розвиток асиміляційної поверхні сої зафіксовано за комплексного поєднання факторів у варіанті Кордоба + Максим Адванс + ХіСтік, де зафіксовано максимальний показник – 38,34 тис. м²/га.

Отримані результати є математично обґрунтованими, оскільки різниця між основними варіантами дослідження перевищує значення $HP_{05} = 1,7$ тис. м²/га, що підтверджує високу достовірність впливу вибраних технологічних заходів на продуктивність агроценозу.

Результати проведених досліджень доповнюють та розширюють результати, отримані С. М. Каленською [12], С. О. Німенко та М. Б. Грабовським [16], які довели визначальну роль бактеризації насіння у процесах формування асиміляційної системи сої. Нами підтверджено встановлену авторами закономірність щодо зростання площі листової поверхні під впливом інокуляції, що в середньому становило 1,2–3,4 % щодо контрольних ділянок.

Подібна динаміка простежується й під час порівняння з дією інокулянтів Біомаг Соя, Біоінокулянт БТУ-т та Легум Фікс, використання яких забезпечувало приріст показників на рівні 0,5–0,9 тис. м²/га. Водночас застосування препаратів ХіСтік та Оптімайз на фоні комплексного фунгіцидного захисту дозволило нам досягти ще більш вираженого стимулювального ефекту. Це свідчить про високу технологічну сумісність вибраних засобів та їх здатність інтенсифікувати формування фотосинтетичного апарату сої незалежно від генетичних особливостей сорту.

Результати дисперсійного аналізу (рис. 3.1) підтвердили провідну роль інокуляції (фактор В) у формуванні площі листової поверхні сої, частка впливу якої становила 33,07 %. Частка впливу генетичних особливостей сорту (фактор А) становила 7,54 %, а передпосівної обробки насіння протруйниками (фактор С) – 5,53 %. З огляду на взаємодію чинників найбільш значущим виявилось поєднання інокулянта з протруйником (взаємодія ВС – 5,74 %), що свідчить про високу ефективність сумісного застосування цих засобів. Сумарний вплив досліджуваних агротехнічних факторів перевищив вплив умов середовища (інші фактори – 43,27 %), що свідчить про високу технологічність розроблених заходів.

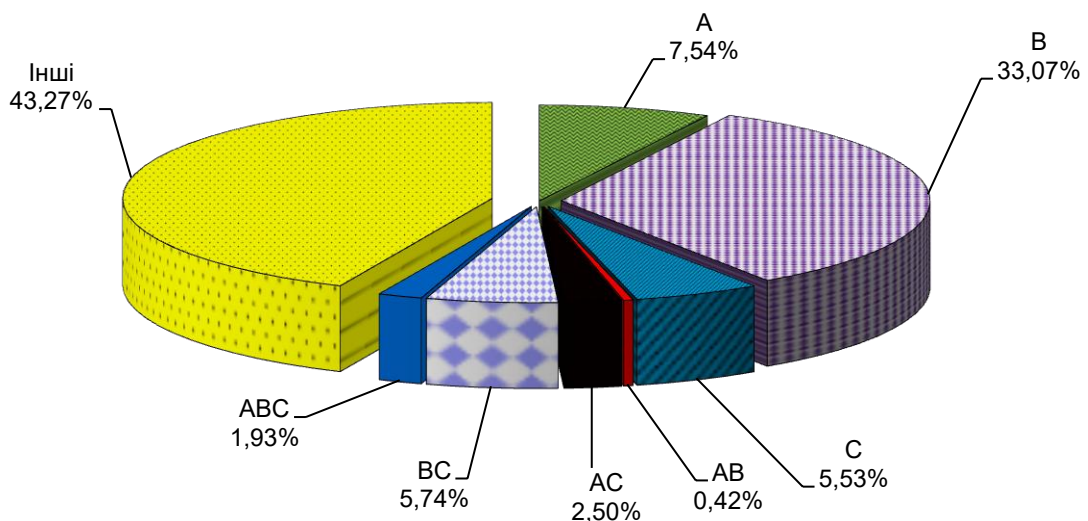


Рис. 3.1. Структура впливу агротехнічних чинників на формування площі листової поверхні рослин сої залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Процес фотосинтезу є фундаментальним біохімічним механізмом трансформації неорганічних сполук у енергоємні органічні речовини, що є первинним джерелом живлення для зелених рослин. Ефективність цього процесу безпосередньо залежить від функціонального стану фотосинтетичного апарату, а саме від вмісту хлорофілів та активності ферментативних систем. Науково доведено стійку позитивну кореляцію між інтенсивністю фотосинтетичних процесів та кінцевою врожайністю сільськогосподарських культур [23].

Показником фізіологічного стану рослин, що визначає потенціал їх продуктивності, є концентрація фотосинтетичних пігментів у листковій пластинці. Результати досліджень щодо впливу систем живлення на накопичення суми хлорофілів у посівах сої за 2020–2022 рр. наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Формування вмісту хлорофілів а + b у рослинах сої залежно від сорту, інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), мг/г сирої маси

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)			Середнє	
		контроль	ХіСтік	Оптімайз	фактор А	фактор С
Кордоба	контроль	2,78	4,05	3,33	3,19	3,44
	Максим Адванс	2,91	3,11	3,16		3,38
	Стандак Топ	3,15	3,14	3,09		3,29
	Редіго М	2,90	3,21	3,16		3,33
	Февер	3,03	3,40	3,46		3,39
Тенор	контроль	3,21	3,57	3,55	3,44	
	Максим Адванс	3,31	3,66	3,84		
	Стандак Топ	3,26	3,39	3,29		
	Редіго М	3,34	3,67	3,22		
	Февер	3,44	3,47	3,39		
Діадема Поділля	контроль	3,32	3,65	3,53	3,47	
	Максим Адванс	3,57	3,55	3,36		
	Стандак Топ	3,50	3,37	3,41		
	Редіго М	3,53	3,52	3,40		
	Февер	3,46	3,35	3,47		
Середнє за фактором В		3,25	3,47	3,38		

Аналіз результатів досліджень свідчить, що вміст суми хлорофілів у листках сої варіював залежно від генетичних особливостей сорту, вибору протруйника та інокулянта. Серед досліджуваних сортів найвищий рівень пігментів зафіксовано в сорту Діадема Поділля із середнім показником 3,47 мг/г, що перевищує результати сорту Тенор (3,44 мг/г) та випереджає сорт Кордоба (3,19 мг/г).

Оцінюючи ефективність інокуляції (фактор В), встановлено позитивний вплив препаратів на синтез пігментів порівняно з показником контролю (3,25 мг/г). Найвищу концентрацію хлорофілів забезпечив інокулянт ХіСтік (3,47 мг/г), тоді як за використання інокулянта Оптімайз цей показник становив 3,38 мг/г.

Щодо впливу протруйників (фактор С), найвищий середній вміст хлорофілів відмічено на контрольних варіантах без хімічного навантаження (3,44 мг/г), а серед препаратів кращі результати показали Февер (3,39 мг/г) та Максим Адванс (3,38 мг/г).

Найвищий індивідуальний вміст хлорофілів у досліді забезпечило поєднання сорту Кордоба з інокулянтом ХіСтік без передпосівного протруєння 4,05 мг/г. Для сорту Тенор найефективнішою за накопиченням пігментів виявилася комбінація протруйника Максим Адванс із інокулянтом Оптімайз (3,84 мг/г), тоді як сорт Діадема Поділля продемонстрував максимальні показники за використання Максим Адванс без додаткової інокуляції (3,57 мг/г). Така диференціація результатів підтверджує специфічність фізіологічної реакції кожного сорту на біологічні та хімічні препарати, що безпосередньо визначає фотосинтетичну здатність посівів.

3.2. Фізіологічні показники фотосинтетичного апарату посівів нуту залежно від комплексної передпосівної обробки насіння

Оскільки на показники листового апарату впливають як сортові особливості, так і агротехнічні заходи, дослідження площі листового апарату нуту набуває особливого значення. Вивчення поєднання інокуляції та

протруювання дає змогу науково обґрунтувати резерви підвищення продуктивності цієї культури [11].

Формування листкової поверхні нуту як основної детермінанти врожайності істотно змінювалося під дією досліджуваних чинників. Середні показники площі листя, тис. м²/га, залежно від комплексної передпосівної обробки насіння наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Формування площі листкової поверхні рослин нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), тис. м²/га

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (Фактор В)			Середнє	
		контроль	Ризолайн	BiNitro	фактор А	фактор С
Йордан	контроль	27,03	28,88	27,65	28,57	29,39
	Максим Адванс	26,92	30,80	28,66		30,62
	Стандак Топ	26,59	29,10	27,69		29,67
	Редіго М	27,03	29,72	28,39		30,08
	Февер	28,33	31,87	29,84		31,85
Скарб	контроль	26,40	28,36	26,81	28,24	
	Максим Адванс	26,45	30,60	28,52		
	Стандак Топ	27,42	28,88	27,24		
	Редіго М	26,40	29,93	27,73		
	Февер	27,62	31,65	29,55		
Одисей	контроль	32,00	34,27	33,07	34,16	
	Максим Адванс	32,03	37,20	34,38		
	Стандак Топ	32,65	34,74	32,75		
	Редіго М	31,97	35,72	33,79		
	Февер	33,86	38,00	35,92		
	За фактором В	28,85	31,98	30,13		
НІР ₀₅ для фактора АВС = 6,46						

Результати дослідження формування площі листкової поверхні нуту свідчать про істотний вплив сорту та елементів технології вирощування на розвиток асиміляційного апарату. Серед досліджуваних сортів (фактор А) максимальні значення площі листкової поверхні 34,16 тис. м²/га було отримано для сорту Одисей, що значно перевищує показники, отримані для сортів Йордан (28,57 тис. м²/га) та Скарб (28,24 тис. м²/га).

Оцінка впливу інокуляції (фактор В) підтвердила високу ефективність біопрепаратів. Порівняно з контрольним варіантом, де середня площа листя становила 28,85 тис. м²/га, передпосівна бактеризація насіння сприяла активізації ростових процесів. Зокрема, використання Ризолайну забезпечило максимальне наростання листкової поверхні до 31,98 тис. м²/га, тоді як за застосування BiNitro цей показник становив 30,13 тис. м²/га.

У розрізі дії протруйників (фактор С) найбільш сприятливі умови для формування листя забезпечили препарати Февер (31,85 тис. м²/га) та Максим Адванс (30,62 тис. м²/га), що свідчить про ефективність захисної дії цих засобів.

Найвищі показники асиміляційної площі в досліді зафіксовані в сорту Одисей за поєднання інокулянта Ризолайн із протруйником Февер (38,00 тис. м²/га). Для сортів Іордан та Скарб оптимальною також виявилася взаємодія Февер + Ризолайн, що забезпечило 31,87 та 31,65 тис. м²/га відповідно.

Ураховуючи значення НІР₀₅ (6,46), можна стверджувати, що вибір сорту Одисей та використання інокулянта Ризолайн є статистично значущими факторами інтенсифікації розвитку фотосинтетичної поверхні культури.

Досягнуті показники 26,4–38,00 тис. м²/га корелюють із результатами, отриманими такими дослідниками, як Гангур В., Єременко Л. та Сокирко Д. Вони зазначають, що сорти нуту в умовах Лісостепу України здатні формувати асиміляційну поверхню на рівні 32,0–40,0 тис м²/га за умови активної азотфіксації. Наші дані узгоджуються з висновками дослідників, які зазначають, що бактеризація насіння забезпечує ріст ПЛП на 15–20 % порівняно з контролем [6].

Дисперсійний аналіз демонструє (рис. 3.2), що вирішальна роль у формуванні площі листкової поверхні належить сорту (фактор А) й інокуляції (фактор В), оскільки їх частки впливу становлять 43,48 % та 31,55 % відповідно. Водночас частка впливу протруйника становить лише 14,18 %. Взаємодія чинників має другорядне значення, де найбільш вагомим є поєднання інокулянта з протруйником (3,27 %). Низький відсоток умов року (інші) підтверджує високу достовірність отриманих даних.

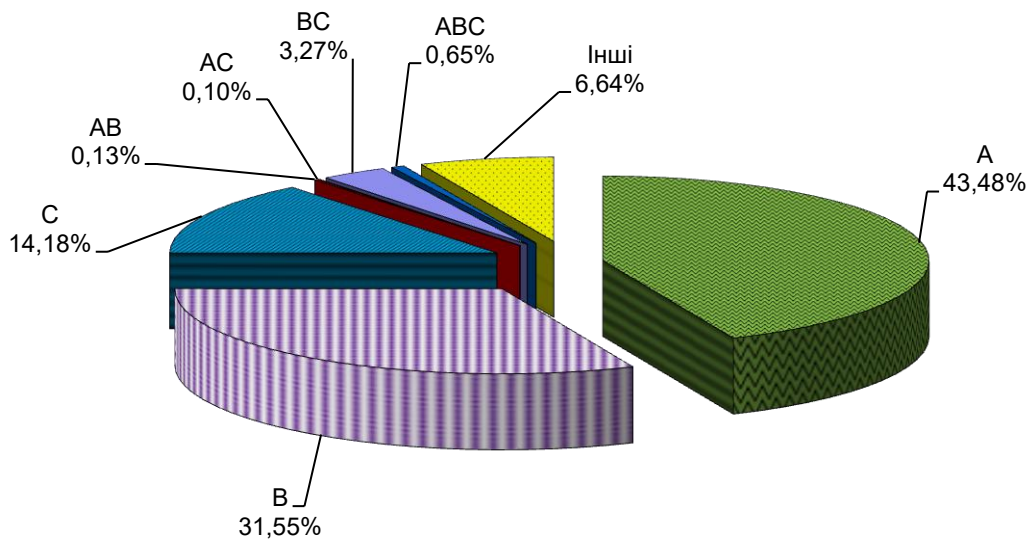


Рис. 3.2. Структура впливу агротехнічних чинників на формування площі листкової поверхні рослин нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Ще одним важливим індикатором функціонального стану асиміляційного апарату та інтенсивності проходження фотосинтетичних процесів є вміст фотосинтетичних пігментів у листках. Оскільки площа листкової поверхні безпосередньо корелює з концентрацією хлорофілу, було проведено аналіз впливу сортових особливостей та комплексної передпосівної обробки насіння на накопичення хлорофілу в листових пластинках нуту (табл. 3.4).

Аналіз пігментного складу листків нуту засвідчив, що вміст суми хлорофілів істотно залежав від генетичних особливостей сорту та вибраної схеми передпосівного захисту й інокуляції. Ці дані є ключовими для розуміння продуктивності фотосинтезу, оскільки вищий вміст хлорофілу зазвичай корелює з інтенсивністю засвоєння вуглекислого газу та накопиченням сухої речовини.

Найвищу концентрацію хлорофілу в листках зафіксовано в сорту Іордан (середнє за фактором – 2,65 мг/г сирої маси), що перевищує показники сортів Одисей (2,51 мг/г) та Скарб (2,37 мг/г). Це свідчить про вищу адаптивність

фотосинтетичного апарату сорту Іордан та його здатність інтенсивніше накопичувати пігменти навіть на контрольних варіантах без обробки.

Таблиця 3.4

Формування вмісту хлорофілів а + b у рослин нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), тис. м²/га

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)			Середнє	
		контроль	Ризолайн	BiNitro	фактор А	фактор С
Іордан	контроль	2,52	2,66	2,55	2,65	2,43
	Максим Адванс	2,49	2,80	2,68		2,53
	Стандак Топ	2,50	2,73	2,59		2,46
	Редіго М	2,50	2,77	2,64		2,49
	Февер	2,63	2,89	2,78		2,63
Скарб	контроль	2,21	2,38	2,29	2,37	
	Максим Адванс	2,23	2,57	2,36		
	Стандак Топ	2,31	2,41	2,25		
	Редіго М	2,23	2,52	2,31		
	Февер	2,34	2,67	2,44		
Одисей	контроль	2,35	2,51	2,43	2,51	
	Максим Адванс	2,37	2,71	2,52		
	Стандак Топ	2,41	2,55	2,41		
	Редіго М	2,35	2,62	2,48		
	Февер	2,48	2,76	2,65		
	За фактором В	2,39	2,64	2,49		

Застосування інокулянтів (фактор В) виявилось найбільш дієвим фактором впливу на пігментний комплекс. У середньому по досліді використання інокулянта Ризолайн забезпечило зростання вмісту хлорофілу до 2,64 мг/г, що на 10,5 % вище за контроль, значення якого становить 2,39 мг/г. Препарат BiNitro також показав позитивну динаміку (2,51 мг/г), проте поступився Ризолайну.

Серед протруйників (фактор С) максимальні показники забезпечив препарат Февер 2,63 мг/г, що підтверджує його позитивний вплив на фізіологічні процеси в рослині. Найвище значення в 2,89 мг/г у досліді було зафіксовано за комбінації сорт Іордан + інокулянт Ризолайн + протруйник Февер. Необхідно відмітити

подібну тенденцію й для сортів Одисей (2,76 мг/г) та Скарб (2,67 мг/г) за тієї самої схеми обробки.

Зауважимо, що варіанти з обробкою протруйника Максим Адванс також продемонстрували високі результати (зокрема, у сорту Іордан – 2,80 мг/г у поєднанні з Ризолайном), що свідчить про ефективність цього протруйника у збереженні здоров'я листкового апарату.

Побережна Л. В., Бахмат О. М. і Гангур В. В. зазначають, що інокуляція сприяє зростанню вмісту пігментів на 8–12 %. У нашому досліді застосування Ризолайну забезпечило приріст на рівні 10,5 % (з 2,39 до 2,64 мг/г), що відповідає наведеній тенденції. Це підтверджує стабільність фізіологічного впливу ризобій на синтез хлорофілу незалежно від конкретних ґрунтово-кліматичних зон [6, 19].

3.3. Формування бобово-ризобіального симбіозу та його активний потенціал у сої за комплексної передпосівної обробки насіння

В умовах інтенсифікації рослинництва забезпечення посівів сої доступним азотом через механізм біологічної фіксації є ключовим фактором формування високої продуктивності. Проте реалізація симбіотичного потенціалу культури значною мірою залежить від стартових умов розвитку рослин, що вимагає надійного захисту насіння від комплексу патогенів. Це зумовлює необхідність одночасного застосування фунгіцидних протруйників та біологічних препаратів, що часто призводить до виникнення міжвидової антагоністичної взаємодії [17].

Питання сумісності хімічних засобів захисту та інокулянтів залишається одним із найскладніших у технології вирощування бобових. Дослідження закордонних фахівців, зокрема масштабні випробування у Бразилії, свідчать про високу токсичність широкого спектра фунгіцидів (на основі тираму, карбоксину, беномілу та інших) для бактерій роду *Bradyrhizobium*. Експериментально доведено, що безпосередній контакт мікосимбіонтів із активними речовинами протруйників призводить до стрімкої деградації бактеріальної популяції: втрата життєздатності клітин становить понад 60 % уже в перші дві години після обробки, а через добу цей показник сягає критичних 95 % [1]. Як наслідок,

спостерігають істотне зменшення кількості вузликів на кореневій системі та гальмування процесу асиміляції молекулярного азоту.

Вітчизняні науковці стверджують, що використання складних фунгіцидних комбінацій, які поєднують контактні та системні компоненти, створює агресивне середовище для промислових штамів ризобій. Це не лише обмежує формування симбіотичного апарату, а й ставить під загрозу очікувану врожайність [3, 17].

Водночас сучасна аграрна мікробіологія пропонує шляхи подолання цього бар'єра через селекцію пестицидорезистентних штамів. Виділення ізолятів, толерантних до фунгіцидного стресу (наприклад, штам *Rhizobium* MRP1, стійкий до тебуконазолу), дає змогу створювати біопрепарати, що зберігають високу нітрогеназну активність навіть в умовах інтенсивного хімічного захисту. Пошук оптимальних комбінацій сорту з бульбочковими бактеріями, адаптованих до конкретних пестицидних навантажень, є пріоритетним напрямом досліджень, що дозволяє поєднати ефективний захист сходів із високим рівнем азотфіксації [14].

Формування потужного симбіотичного апарату сої (кількості та маси бульбочок) є інтегральним показником, який залежить від генетичного потенціалу сорту та технологічних чинників. Наукові дослідження доводять, що сортові особливості визначають не лише сприйнятливість кореневої системи до інфікування специфічними ризобіями, а й тривалість активного функціонування вузликів протягом вегетації [10].

Визначальним чинником інтенсифікації цього процесу є передпосівна інокуляція. Застосування високоефективних штабів *Bradyrhizobium japonicum* дає змогу збільшити кількість бульбочок на одній рослині в 2,5–4,0 рази порівняно з природним ґрунтовим фоном. Разом з тим спостерігається не лише зростання загальної кількості вузликів, а й істотне збільшення їх сирої та сухої маси, що є прямою передумовою високого активного симбіотичного потенціалу. Найвищі показники маси бульбочок зазвичай фіксуються у фазу масового цвітіння – на початку наливу бобів, що корелює з найвищою потребою культури в азоті [22].

Ефективність біологічної фіксації азоту безпосередньо залежить від інтенсивності інфікування кореневої системи рослин сої специфічними ризобіями.

Аналіз динаміки формування симбіотичного апарату за вирощування сої різних сортів свідчить, що кількісні показники бульбочок істотно варіювали під впливом комплексної передпосівної обробки насіння, що відображено на рис. 3.3–3.5.

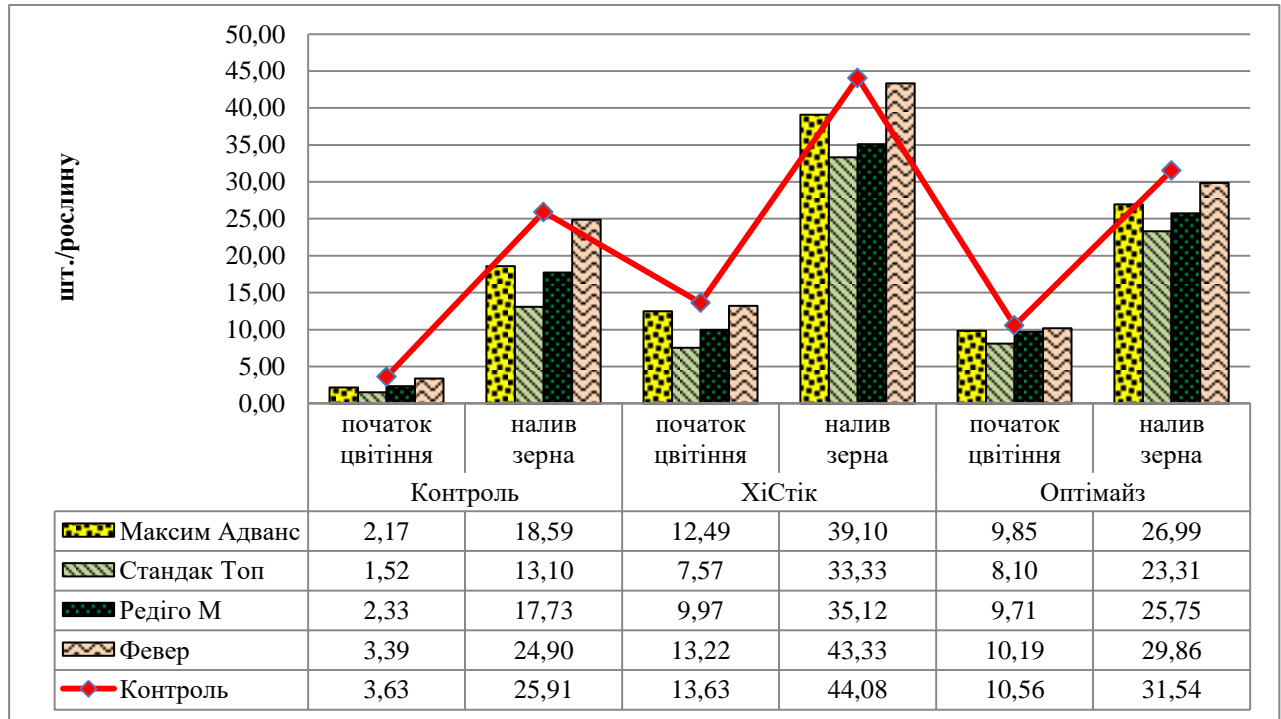


Рис. 3.3. Динаміка кількості бульбочок на рослинах сої сорту Кордоба залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Проведений аналіз свідчить, що без передпосівної обробки (абсолютний контроль) сорт Кордоба формує лише 3,63 шт./рослину у фазу цвітіння, що свідчить про низьку ефективність аборигенних штамів ризобій. Хоча до фази наливу зерна цей показник природним чином зростає до 25,91 шт./рослину, такий запізнений розвиток симбіозу не здатний повноцінно забезпечити потреби культури в азоті.

Застосування інокулянтів радикально змінює динаміку симбіозу. Використання ХіСтіку дозволило збільшити кількість бульбочок у фазу цвітіння в 3,7 раза (до 13,63 шт./рослину), а у фазу наливу – у 1,7 раза (до 44,08 шт./рослину) щодо контролю. Препарат Оптімайз також забезпечив достовірне перевищення

контрольних значень у обох фазах (на 190 % та 22 % відповідно), проте істотно поступився ХіСтіку на пізніх етапах вегетації.

Усі досліджувані фунгіциди виявили інгібувальний вплив порівняно з безпестицидним контролем. Найбільш критичне пригнічення зафіксовано у варіанті Стандак Топ, де кількість бульбочок на початку цвітіння скоротилася на 58 % (до 1,52 шт./рослину) порівняно з абсолютним контролем. На етапі наливу зерна негативний вплив протруйників зберігався, проте був частково нівельований інокуляцією. Зокрема, у варіанті Февер + ХіСтік відставання від чистого інокуляційного фону було мінімальним (лише 1,7 %), що підтверджує безпечність цього протруйника для симбіотичної системи.

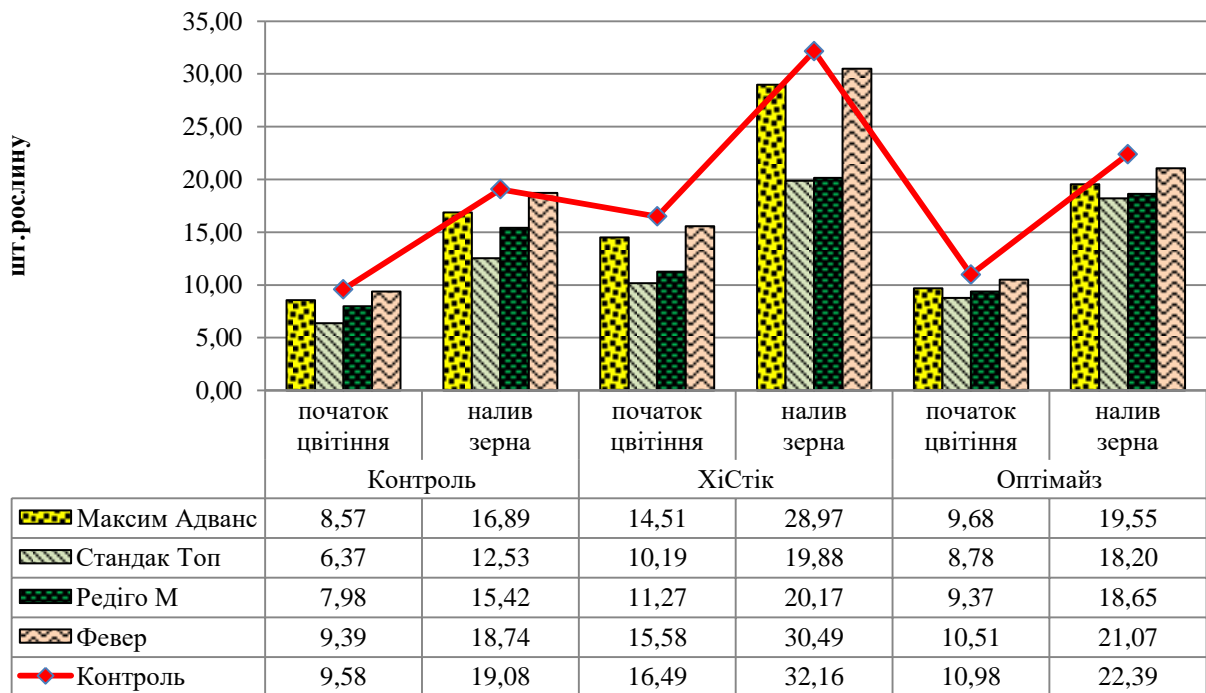


Рис. 3.4. Динаміка кількості бульбочок на рослинах сої сорту Тенор залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Динаміка формування симбіотичного апарату сорту Тенор характеризується високою інтенсивністю на початкових етапах вегетації. У фазу початку цвітіння сорт продемонстрував найкращу здатність до спонтанного інфікування аборигенними ризобіями – 9,58 шт./рослину на абсолютному контролі. До фази

наливу зерна кількість вузликів на контролі зроста вдвічі, сягнувши 19,08 шт./рослину. Застосування інокулянтів істотно активізувало симбіоз. Найвищу ефективність виявив препарат ХіСтік, який забезпечив формування 16,49 шт./рослину у фазу цвітіння та абсолютний максимум – 32,16 шт./рослину у фазу наливу зерна, що на 68,5 % вище за відповідний контроль. Інокулянт Оптімайз продемонстрував стабільну, але нижчу віддачу: показники у фазу наливу становили 22,39 шт./рослину, що лише на 17 % перевищує безпрепаратний фон. Хімічний захист спричинив помітне інгібування процесу. Проте найвищу сумісність із ризобіями продемонстрував протруйник Февер: показники у фазу наливу (30,49 шт./рослину з ХіСтіком) були максимально наближені до чистого інокуляційного фону.

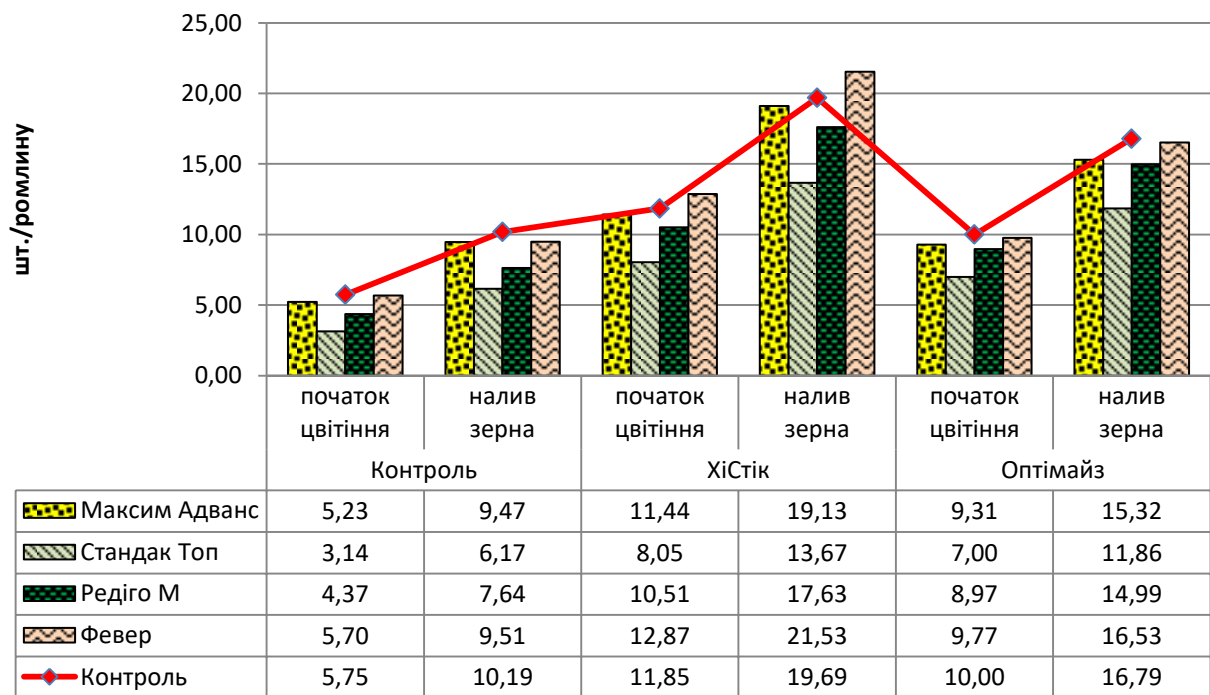


Рис. 3.5. Динаміка кількості бульбочок на рослинах сої сорту Діадема Поділля залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Симбіотична активність сорту Діадема Поділля полягає в поступовому та стабільному розширенні азотфіксувального апарату протягом вегетації. Якщо на фоні природної родючості (контроль) активність аборигенних штамів забезпечила

формування лише 10,19 шт./рослину бульбочок на етапі наливу зерна, то за застосування інокуляції їх кількість значно зростала. Установлено виражену перевагу препарату ХіСтік над показниками Оптімайзу. Застосування ХіСтіку забезпечило зростання кількості бульбочок із 11,85 шт. (цвітіння) до 19,69 шт. (налив). Характерно, що цей сорт виявив помірну віддачу на дію Оптімайзу, де максимальний показник у фінальній фазі не перевищив 16,79 шт./рослину, що підтверджує вибіркочну комплементарність такого генотипу до мікросимбіонтів.

Процес формування симбіозу в сорту Діадема Поділля виявився чутливим до хімічного складу протруйників. Найбільш деструктивний вплив на життєдіяльність ризобій мав Стандак Топ, який на піку вегетації обмежив кількість бульбочок показником 13,67 шт. (на фоні ХіСтіку), що свідчить про глибоке пригнічення бактеріальної популяції. Натомість комбінація з Февером виявила синергічний ефект: цей варіант не лише нівелював токсичну дію фунгіциду, а й продемонстрував найвищу в цьому блоці досліджень кількість вузликів – 21,53 шт./рослину.

Отже, за результатами комплексного аналізу, найефективнішою технологічною схемою для забезпечення максимальної кількості бульбочок сої є вирощування сорту Кордоба з інокулянтом на торфовій основі ХіСтік та фунгіцидним протруйником Февер. Саме ця комбінація забезпечила формування найпотужнішого симбіотичного апарату (43,33–44,08 шт./рослину у фазу наливу зерна), продемонструвавши ідеальну синергічну дію та здатність нівелювати негативний вплив хімічного захисту на життєздатність ризобій.

Дисперсійний аналіз (рис. 3.6) підтвердив, що визначальним чинником формування маси бульбочок є інокуляція (фактор В), частка впливу якої становить 54,10 %. Це доводить, що активність симбіотичного апарату більшою мірою залежить від якості застосованого штаму ризобій. Друге місце за вагомістю посідає фунгіцидне протруювання (фактор С) з часткою 11,87 %, що свідчить про залежність маси вузликів від ступеня хімічного навантаження. Вплив сортових особливостей (фактор А) становив 10,30 %, підкреслюючи роль генотипу в накопиченні біомаси симбіонтів.

З огляду на взаємодію факторів найбільш вагомою виявилася пара «сорт × інокулянт» (AB) – 6,52 %. Частка інших взаємодій (BC – 2,35 %, AC – 0,31 %, ABC – 0,66 %) є менш значною. Показник впливу умов року (13,90 %) підтверджує високу точність дослідів.

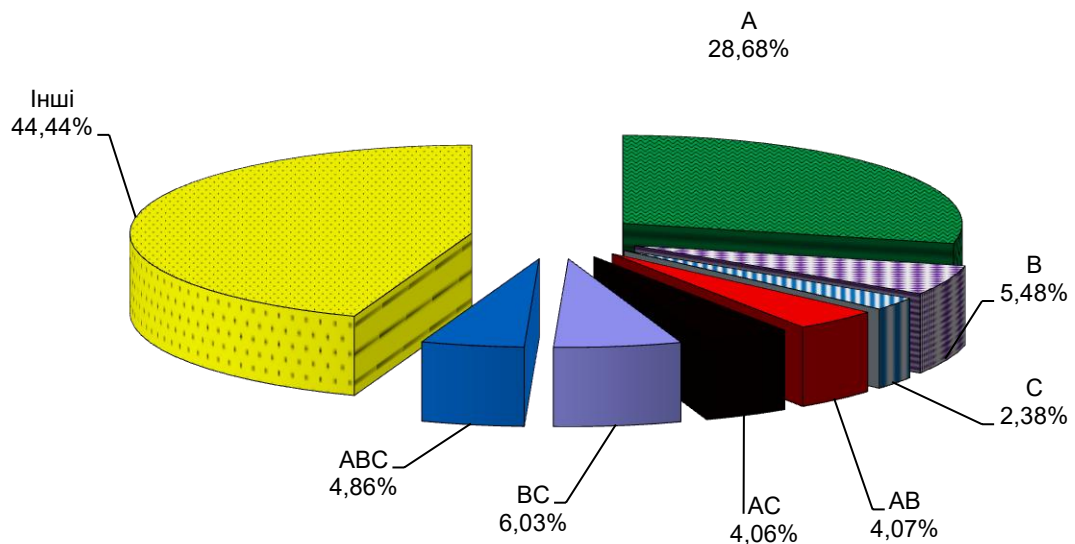


Рис. 3.6. Структура впливу агротехнічних чинників на формування кількості бульбочкових бактерій у фазі початку цвітіння сої залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Поряд із кількістю бульбочок важливим показником активності бобово-ризобіального симбіозу є їх маса. Сортові особливості динаміки накопичення сирі маси бульбочок на коренях сої у фазі початку цвітіння та наливу зерна залежно від досліджуваних чинників наведені в табл. 3.5.

Накопичення сирі маси бульбочок протягом вегетації сої демонструє виражену залежність від сорту та комплексної передпосівної обробки насіння. Сорт Кордоба виявився найбільш продуктивним за цим показником, забезпечивши стрімке зростання маси від фази цвітіння (0,53 г/рослину) до наливу зерна (1,17 г/рослину). Сорти Тенор та Діадема Поділля характеризувалися значно нижчою масою у фазі наливу, а саме 0,76 та 0,56 г/рослину відповідно.

Сортові особливості динаміки накопичення сирі маси бульбочок на рослинах сої залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)						Середнє			
		Контроль		ХіСтік		Оптімайз		фактор А		фактор С	
		початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна
Кордоба	Контроль	0,48	1,07	0,80	1,84	0,65	1,28	0,53	1,17	0,75	0,97
	Максим Адванс	0,31	0,73	0,83	1,63	0,57	1,11			0,58	0,85
	Стандак Топ	0,15	0,53	0,42	1,39	0,35	0,97			0,35	0,66
	Редіго М	0,26	0,68	0,73	1,54	0,59	1,06			0,51	0,76
	Февер	0,43	1,03	0,82	1,82	0,62	1,26			0,71	0,93
Тенор	Контроль	0,59	0,81	1,17	1,16	1,11	0,80	0,70	0,76		
	Максим Адванс	0,45	0,64	0,70	1,02	0,83	0,70				
	Стандак Топ	0,32	0,48	0,53	0,74	0,37	0,63				
	Редіго М	0,36	0,53	0,70	0,70	0,64	0,67				
	Февер	0,56	0,72	1,14	1,12	0,97	0,76				
Діадема Поділля	Контроль	0,35	0,40	0,76	0,81	0,80	0,69	0,51	0,56		
	Максим Адванс	0,23	0,33	0,59	0,74	0,70	0,60				
	Стандак Топ	0,08	0,26	0,34	0,55	0,62	0,48				
	Редіго М	0,15	0,29	0,49	0,72	0,69	0,58				
	Февер	0,31	0,41	0,73	0,77	0,78	0,68				
Середнє за фактором В		0,33	0,59	0,72	1,10	0,69	0,82				

Вирішальний вплив на якісний розвиток симбіозу мала інокуляція (фактор В). Використання препарату ХіСтік дозволило досягти середнього показника 1,10 г/рослину у фазу наливу, що майже вдвічі перевищує результати природного фону (0,59 г). Препарат Оптімайз попри ефективний старт у фазу цвітіння (0,69 г), істотно поступився ХіСтіку на етапі наливу зерна (0,82 г), підтверджуючи вищу пролонговану активність штаму у складі ХіСтіку.

Оцінка протруювання (фактор С) підтвердила інгібувальну дію протруйників, де найвищу толерантність до ризобій продемонстрував протруйник Февер, результати якого (0,71–0,93 г) були максимально наближені до контролю. Найвищу функціональну ефективність зафіксовано в комбінації сорт Кордоба + ХіСтік + Февер, де маса бульбочок досягла максимального значення 1,82 г/рослину, що є оптимумом для забезпечення високої врожайності.

Важливим критерієм оцінки ефективності бобово-ризобіального симбіозу є не лише загальна кількість вузликів, а й кількість активних бульбочок, що безпосередньо беруть участь у процесах азотфіксації. Саме цей показник відображає реальний функціональний стан симбіотичної системи та її здатність забезпечувати рослини біологічним азотом у критичні фази органогенезу.

Детальна динаміка формування активного симбіотичного апарату сої залежно від сортових особливостей і передпосівної інокуляції та фунгіцидного захисту наведена на діаграмах (рис. 3.7–3.9).

Сорт Кордоба характеризується надзвичайно інтенсивною динамікою наростання кількості активних бульбочок у другій половині вегетації. Якщо у фазу початку цвітіння кількість функціонуючих бульбочок на варіантах із інокуляцією не перевищувала 9,98 шт./рослину, то до фази наливу зерна цей показник зріс у 3,4–4,5 рази.

Інокуляція ХіСтіком на фоні без протруйника забезпечила формування 33,63 шт. активних бульбочок, що є найвищим показником у досліді. Інокулянт Оптімайз продемонстрував стабільну роботу, проте істотно поступився попередньому, досягнувши у фазу наливу лише 24,14 шт. активних бульбочок.

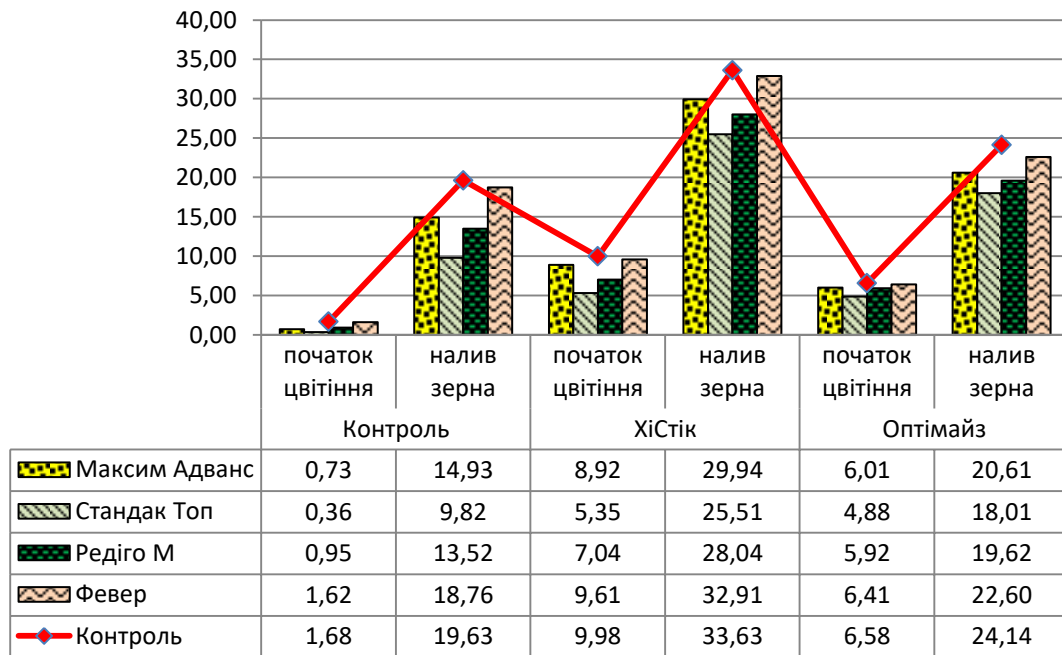


Рис. 3.7. Динаміка кількості активних бульбочок на рослинах сої сорту Кордоба залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Сорт Кордоба виявив високу чутливість до хімічного складу протруйників. Найбільш деструктивну дію на формування активних центрів азотфіксації спричинив Стандак Топ – на його фоні кількість активних бульбочок була на 24–26 % нижчою порівняно з чистим інокуляційним фоном. Водночас застосування протруйника Февер виявилось найбільш раціональним, оскільки кількість активних бульбочок становила 32,91 шт. із ХіСтіком, що була найближчою до контролю (33,63 шт.), а це робить таку комбінацію оптимальною для захисту насіння сорту Кордоба.

Сорт Тенор характеризується високою чутливістю до передпосівної обробки насіння. На абсолютному контролі (без інокуляції та протруювання) кількість активних бульбочок зростає з 2,68 шт. (початок цвітіння) до 7,89 шт./рослину (налив зерна), що є базовим рівнем активності аборигенних ризобій для цього сорту. Застосування інокулянта ХіСтік забезпечило найбільш стрімке зростання показників порівняно з контролем. У фазу початку цвітіння кількість активних бульбочок зросла у 2,2 раза (до 5,87 шт.), а у фазу наливу зерна

– у 2,05 раз, досягнувши 16,16 шт./рослину. Інокулянт Оптімайз також продемонстрував позитивний ефект, проте його перевага над контролем була менш вираженою, приріст становив 73 % у першій фазі та 72 % (до 13,56 шт.) у другій. Це свідчить про вищу біологічну ефективність штаму ризобій у складі ХіСтіку для сорту Тенор.

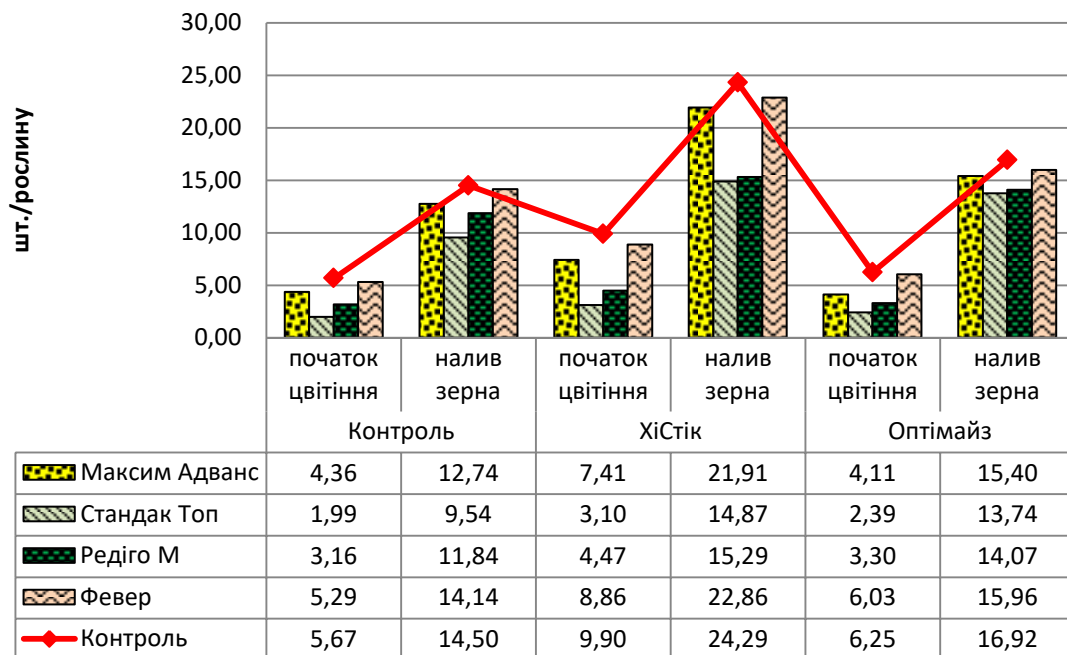


Рис. 3.8. Динаміка кількості активних бульбочок на рослинах сої сорту Тенор залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Щодо протруйників, то всі без винятку продемонстрували пригнічувальний характер своєї дії. Однак попри це протруйник Февер виявив унікальну властивість – він не лише був найменш токсичним, а й у поєднанні з інокуляцією ХіСтіком забезпечив максимальний результат у досліді (17,68 шт./рослину), що перевищило показник чистої інокуляції. Це свідчить про синергічний ефект, де надійний захист кореневої системи Февером створює сприятливі умови для функціонування внесених ризобій.

Згідно з результатами досліджень формування кількості активних бульбочок сорту Діадема Поділля характеризується помірною інтенсивністю та високою залежністю від якості передпосівної обробки. На абсолютному контролі

(без інокуляції та протруювання) кількість активних бульбочок зростає з 2,68 шт. у фазу початку цвітіння до 7,89 шт./рослину у фазу наливу зерна, що відображає природний потенціал ґрунтових ризобій.

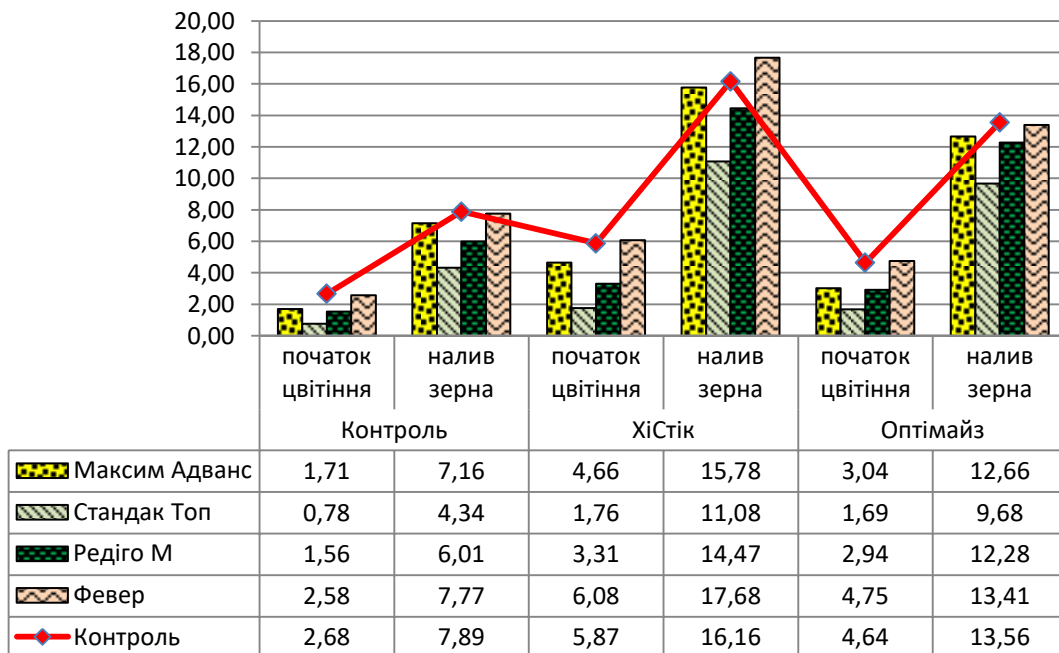


Рис. 3.9. Динаміка кількості активних бульбочок на рослинах сої сорту Діадема Поділля залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Застосування інокулянта ХіСтік забезпечило найбільш стрімку динаміку активізації симбіозу. У фазу початку цвітіння кількість активних бульбочок зросла у 2,2 раза (до 5,87 шт.), а у фазу наливу зерна – у 2,05 раза, досягнувши 16,16 шт./рослину щодо контрольного варіанта без інокуляції.

Препарат Оптімайз також мав позитивну тенденцію, забезпечивши формування 13,56 шт. активних бульбочок у фазу наливу, що на 72 % перевищує показники абсолютного контролю. Проте за загальною функціональною здатністю Оптімайз достовірно поступався ХіСтіку протягом усього періоду спостережень.

Застосування фунгіцидного захисту показало, що протруйник Стандак Топ мав сильну інгібувальну дію. Його застосування на фоні ХіСтіку призвело до зниження кількості активних бульбочок до 11,08 шт. (фаза наливу), що на 31 %

менше за варіант чистої інокуляції. На фоні Оптімайзу та контролю цей препарат також продемонстрував найвищий рівень інгібування. Натомість протруйник Февер виявив властивість стимулювати життєдіяльність ризобій. У комбінації з ХіСтіком було зафіксовано абсолютний максимум для цього сорту – 17,68 шт./рослину у фазу наливу зерна, що перевищує навіть чистий інокуляційний фон. Це свідчить про високу сумісність активних речовин Феверу з мікросимбіонтами сорту Діадема Поділля.

Найвища кількість активних бульбочок сформувалася в сорту Кордоба (фактор А), який за кількістю активних бульбочок (33,63 шт.) удвічі переважає Тенор та Діадему Поділля. Визначальним чинником інтенсифікації процесу є інокулянт ХіСтік (фактор В), що на 20–40 % ефективніший за Оптімайз, а найбільш безпечним фунгіцидним фоном – протруйник Февер (фактор С) на відміну від інгібувального препарату Стандак Топ. Найвищий синергічний ефект досягається за комбінації «Кордоба + ХіСтік + Февер».

Для поглибленої оцінки інтенсивності роботи бобово-ризобіальної системи було проаналізовано масу саме функціонуючих бульбочок, які містять леггемоглобін. Дані табл. 3.6 демонструють варіабельність цього показника під впливом сортових особливостей та комплексної передпосівної обробки насіння, що дає змогу визначити найбільш продуктивні варіанти симбіозу.

Аналіз накопичення сирої маси активних бульбочок показав, що істотний вплив на нього має взаємодія генетичного потенціалу сорту та засобів комплексної передпосівної підготовки насіння. Установлено, що протягом вегетації відбувається інтенсивне нарощування біомаси активних бульбочок, яке досягає свого максимуму у фазу наливу зерна.

Сортова специфіка формування цього показника (фактор А) свідчить про беззаперечне лідирування сорту Кордоба, середній показник якого у фазу наливу становив 1,09 г/рослину, що на 14,6 % та 39,3 % перевищує аналогічні значення сортів Тенор та Діадема Поділля відповідно. Такі результати підтверджують вищу тривалість функціонування симбіотичного апарату в сорту Кордоба на початку репродуктивних етапів онтогенезу.

Сортові особливості динаміки накопичення сирової маси активних бульбочок на рослинах сої залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)						Середнє			
		Контроль		ХіСтік		Оптімайз		фактор А		фактор С	
		початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна
Кордоба	контроль	0,433	1,174	0,462	1,413	0,386	1,037	0,379	1,009	0,490	0,998
	Максим Адванс	0,393	0,791	0,434	1,242	0,332	0,854			0,392	0,860
	Стандак Топ	0,358	0,581	0,239	1,057	0,272	0,754			0,300	0,748
	Редіго М	0,371	0,750	0,384	1,174	0,358	0,833			0,363	0,788
	Февер	0,429	1,117	0,454	1,390	0,373	0,970			0,468	0,962
Тенор	контроль	0,518	0,854	0,721	1,242	0,683	0,867	0,494	0,880		
	Максим Адванс	0,442	0,830	0,428	1,085	0,509	0,779				
	Стандак Топ	0,419	0,773	0,326	0,813	0,307	0,742				
	Редіго М	0,437	0,787	0,428	0,767	0,391	0,765				
	Февер	0,496	0,854	0,704	1,214	0,596	0,826				
Діадема Поділля	контроль	0,214	0,674	0,501	0,938	0,490	0,784	0,335	0,724		
	Максим Адванс	0,195	0,635	0,362	0,835	0,432	0,688				
	Стандак Топ	0,182	0,595	0,211	0,775	0,382	0,644				
	Редіго М	0,189	0,606	0,301	0,763	0,408	0,643				
	Февер	0,227	0,665	0,453	0,843	0,480	0,775				
Середнє за фактором В		0,354	0,779	0,427	1,037	0,427	0,797				

Вирішальним технологічним чинником інтенсифікації симбіозу виявилася передпосівна інокуляція (фактор В). Пріоритетне значення в забезпеченні функціональної активності симбіонтів належить інокулянту ХіСтік, застосування якого сприяло зростанню маси активних бульбочок до 1,037 г/рослину у фазу наливу, що достовірно перевершує дію препарату Оптімайз (0,797 г/рослину) та природний фон (0,779 г/рослину). Це свідчить про вищу нітрогеназну активність штамів ризобій, що входять до складу стерильного торфового інокулянта.

Дослідження впливу фунгіцидного навантаження (фактор С) дозволило встановити різний ступінь толерантності симбіотичної системи до активних речовин протруйників. Найвищу сумісність із процесами формування активної біомаси бульбочок продемонстрував препарат Февер, на фоні якого середня маса вузликів становила 0,962 г/рослину, що є максимально наближеним до показників безпестицидного контролю (0,998 г/рослину). Найбільш виражений інгібувальний ефект зафіксовано у варіантах із використанням протруйника Стандак Топ, який спричинив зниження маси активних бульбочок до 0,748 г/рослину.

Максимальний синергічний ефект у досліді зафіксовано за комбінації сорт Кордоба + інокулянт ХіСтік + протруйник Февер, де маса активних бульбочок у фазу наливу зерна досягла максимуму 1,390 г/рослину.

Активний симбіотичний потенціал (АСП) є одним із ключових інтегральних показників ефективності функціонування азотфіксуючого апарату посівів сої. На відміну від одноразових обліків кількості чи маси бульбочок АСП відображає динаміку роботи симбіотичного апарату протягом усього вегетаційного періоду, враховуючи як потужність азотфіксації, так і тривалість активного функціонування леггемоглобіну (активної зони бульбочок) [10].

У наукових працях вітчизняних дослідників визначено, що формування високого АСП прямо корелює з рівнем урожайності насіння та вмістом білка. АСП є інтегральним показником, що характеризує здатність сої формувати максимальну продуктивність за рахунок біологічного азоту [15].

Показники АСП залежно від сортових особливостей та комплексної передпосівної обробки насіння наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Сортові особливості формування АСП сої залежно від комплексної передпосівної обробки насіння, тис.кг×діб/га

Сорт (фактор А)	Інокуляція (фактор Б)	Протруйник (фактор С)	АСП тис.кг×діб/га			Середнє		
			2020	2021	2022	фактор А	фактор В	фактор С
Кордоба	Контроль	контроль	16,6	16,4	18,2	18,7	12,9	17,0
		Максим Адванс	15,3	13,4	16,3			15,7
		Стандак Топ	12,6	10,3	12,6			13,1
		Редіго М	13,9	12,2	14,9			14,5
		Февер	20,8	19,7	24,0			19,0
	ХіСтік	контроль	29,6	19,9	26,2		19,9	
		Максим Адванс	30,1	21,0	26,5			
		Стандак Топ	24,5	15,3	21,0			
		Редіго М	27,6	17,7	25,4			
		Февер	34,6	24,5	29,7			
	Оптімайз	контроль	18,4	10,9	17,3		14,8	
		Максим Адванс	17,6	10,9	16,5			
		Стандак Топ	14,4	11,0	13,7			
		Редіго М	17,4	10,3	16,6			
		Февер	21,9	11,6	20,4			
Тенор	Контроль	контроль	12,2	10,4	11,7	14,8		
		Максим Адванс	11,7	10,9	11,8			
		Стандак Топ	10,5	10,1	10,2			
		Редіго М	10,9	10,1	11,4			
		Февер	12,8	10,9	13,1			
	ХіСтік	контроль	24,9	15,9	23,4			
		Максим Адванс	21,7	11,1	19,3			
		Стандак Топ	16,1	10,1	14,6			
		Редіго М	16,3	10,6	19,0			
		Февер	25,6	15,5	26,0			
	Оптімайз	контроль	23,9	12,7	18,7			
		Максим Адванс	14,9	10,5	16,0			
		Стандак Топ	13,3	10,1	12,3			
		Редіго М	17,1	10,7	14,3			
		Февер	20,1	12,0	19,6			
Діадема Поділля	контроль	контроль	12,4	10,1	11,7	14,2		
		Максим Адванс	12,0	10,9	12,7			
		Стандак Топ	10,8	10,2	11,4			
		Редіго М	11,0	10,2	11,6			
		Февер	12,4	12,2	15,2			
	ХіСтік	контроль	20,8	12,4	21,0			
		Максим Адванс	19,9	12,3	19,0			
		Стандак Топ	14,8	10,8	15,3			
		Редіго М	16,6	10,9	16,1			
		Февер	25,2	14,0	21,4			
	Оптімайз	контроль	16,0	11,7	15,5			
		Максим Адванс	16,2	10,8	15,5			
		Стандак Топ	13,6	10,7	12,4			
		Редіго М	14,3	10,6	14,7			
		Февер	17,1	14,5	18,2			

НІР₀₅ для фактора АВС = 2,3

Аналіз отриманих даних за 2020–2022 рр. свідчить про істотний вплив генетичних особливостей сорту (фактор А) та елементів технології вирощування на показник активного симбіотичного потенціалу (АСП). За результатами досліджень, найвищий рівень формування АСП виявлено в сорту Кордоба, де середній показник становив 18,7 тис.кг×діб/га. Це достовірно перевищує результати сортів Тенор та Діадема Поділля на 26,3 % та 31,7 % відповідно (за $HP_{05} = 2,3$), що підтверджує вищу адаптивну здатність Кордоби до умов Лівобережного Лісостепу.

Визначальним чинником інтенсифікації ростових процесів виявилася інокуляція насіння (фактор В). Застосування препарату ХіСтік забезпечило максимальні прирости АСП на всіх досліджуваних сортах. Зокрема, на фоні сорту Кордоба показник зріс до 19,9 тис.кг×діб/га, що вище за контроль та варіанти з препаратом Оптімайз, показники яких становили 12,9 та 14,8 тис.кг×діб/га. Така тенденція домінування ХіСтіку простежується й на сортах Тенор та Діадема Поділля, де прибавка щодо контролю була статистично значущою.

Під час аналізування впливу протруйників (фактор С) установлено, що найбільший позитивний ефект забезпечує препарат Февер. У середньому по сорту Кордоба він дозволив досягти показника 19,0 тис.кг×діб/га. Натомість використання протруйника Стандак Топ здебільшого призводило до зниження значень АСП порівняно з контролем (до 13,1 на сорті Кордоба), що може пояснюватися специфічним інгібувальним впливом активних речовин препарату на початкових етапах розвитку культури.

Найбільш ефективною за результатами трирічних досліджень виявилася трифакторна взаємодія «сорт Кордоба + інокуляція ХіСтік + протруйник Февер». Саме в цій комбінації зафіксовано максимальні значення АСП (до 34,6 тис.кг×діб/га у 2020 р.). Коливання показників за роками, зокрема зниження в 2021 р., підтверджують залежність ефективності технологічних заходів від гідротермічних умов конкретного вегетаційного періоду, проте загальна закономірність переважання зазначених чинників залишається стабільною.

Установлена закономірність високої ефективності інокуляції (особливо препаратом ХіСтік) узгоджується з висновками В. Г. Дідори [10], яка зазначає, що передпосівна обробка насіння біопрепаратами є фундаментальним чинником формування симбіотичної продуктивності. Авторка підкреслює, що саме інокуляція забезпечує старт активної роботи азотфіксувального апарату, що в нашому дослідженні проявилось у зростанні АСП на сорті Кордоба до 19,9 тис.кг×діб/га порівняно з 12,9 на контролі.

Важливим аспектом нашого дослідження став аналіз сумісної дії інокулянтів та протруйників. Отримані результати щодо варіативності АСП залежно від хімічного навантаження корелюють із науковою працею К. П. Кукол та ін. [14]. Дослідники відзначають, що фунгіцидні протруйники можуть чинити стресовий вплив на ефективність інокуляції, проте використання стійких штамів бактерій та сучасних препаратів дає змогу мінімізувати цей негатив. Наші дані підтверджують цю тезу: у разі застосування препарату Февер спостерігалось зростання АСП, тоді як Стандак Топ спричиняв певне пригнічення показника, що доводить необхідність ретельного підбору пар «інокулянт – пестицид».

Порівняльний аналіз реакції різних сортів показав, що сорт Кордоба мав значну перевагу над Тенором та Діадемою Поділля. Це спостереження доповнює результати С. С. Німенко та М. Б. Грабовського [15], які у своїх працях акцентують увагу на тому, що формування симбіотичного апарату безпосередньо залежить від сортових особливостей. Автори зазначають, що навіть за різних технологічних підходів (зокрема органічного вирощування) генетичний потенціал сорту залишається основним чинником, який визначає потужність та тривалість активної роботи бульбочок. Наша робота підтверджує, що для реалізації максимального АСП необхідно поєднувати високий генетичний потенціал сорту з оптимальним фоном інокуляції.

Отже, отримані результати не лише підтверджують висновки зазначених авторів щодо важливості біологізації технологій, а й розширюють їх у частині трифакторної взаємодії сорту, інокулянта та протруйника в умовах мінливості гідротермічного режиму 2020–2022 рр.

Дисперсійний аналіз показав (рис. 3.10), що провідна роль у формуванні АСП належить інокуляції (фактор В), частка впливу якої становить 31,15 %. Вплив протруйників (фактор С – 15,03 %) та сорту (фактор А – 14,35 %) є практично рівнозначним.

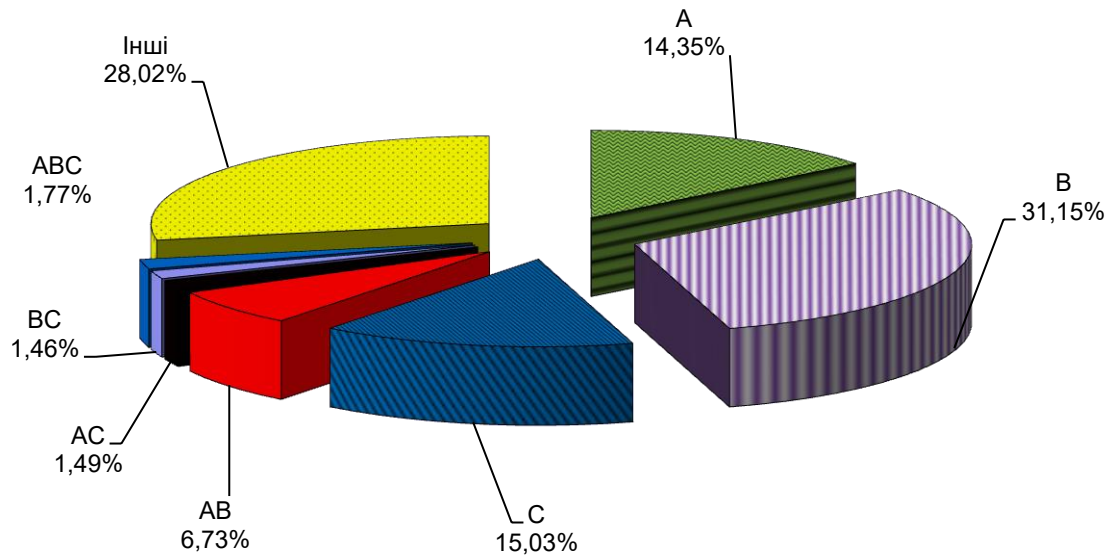


Рис. 3.10. Структура впливу агротехнічних чинників на формування АСП сої залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

З огляду на взаємодію чинників найбільше значення має синергізм сорту та інокуляції (АВ – 6,73 %), що підтверджує сортову специфічність симбіозу. Частка впливу інших поєднань (АС, ВС, АВС) не перевищує 1,8 %. Значну питому вагу мали умови року, вона становила 28,02 % і була зумовлена передусім мінливістю гідротермічних умов у роки досліджень. Загалом понад 60 % варіативності показника АСП забезпечується керованими елементами технології.

Для глибшого розуміння механізмів формування продуктивності посівів було проведено аналіз взаємозв'язку між ключовими показниками розвитку рослин. Характер та тісноту зв'язку між асиміляційним апаратом та симбіотичною діяльністю наочно ілюструє побудована модель регресії (рис. 3.11).

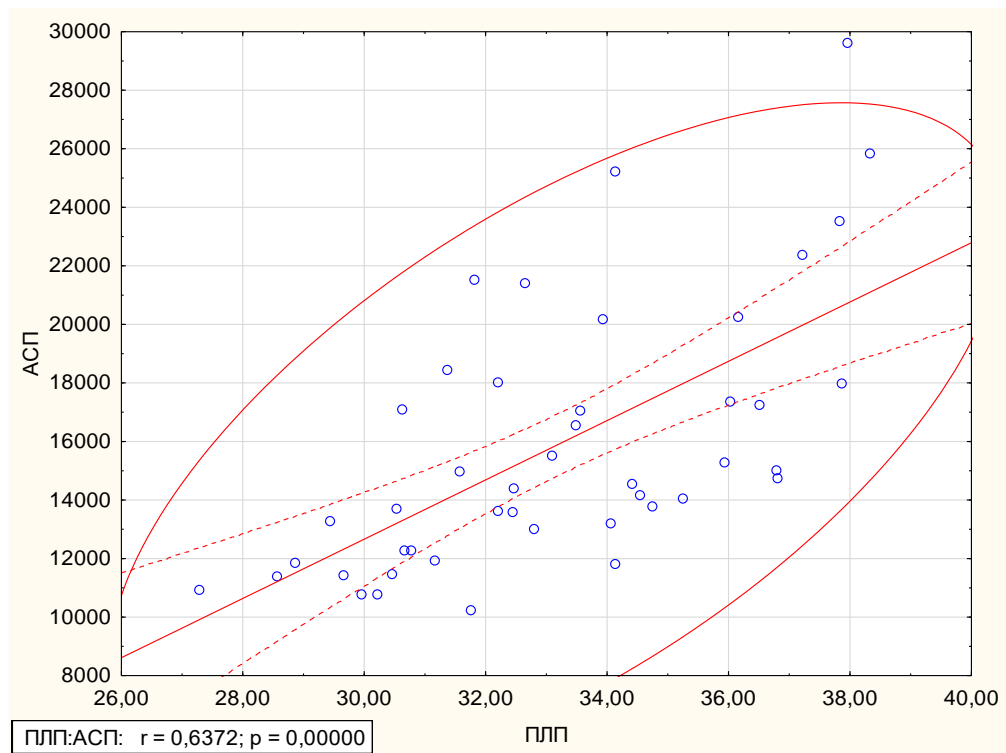


Рис. 3.11. Кореляційно-регресійний аналіз взаємозв'язку площі листкової поверхні та активного симбіотичного потенціалу сої залежно від сорту, інокуляції та протруювання

Результати проведеного кореляційно-регресійного аналізу свідчать про наявність прямої позитивної залежності між площею листкової поверхні та активним симбіотичним потенціалом культури. Коефіцієнт кореляції показує помітний тісний зв'язок, а значення p підтверджує високу статистичну значущість та достовірність отриманої моделі.

Побудована лінія регресії наочно демонструє, що розширення площі листкового апарату створює необхідні умови для інтенсифікації симбіотичних процесів, забезпечуючи стабільне зростання активного симбіотичного потенціалу. Розподіл експериментальних точок у межах довірчого інтервалу підкреслює фізіологічну закономірність цього процесу: розвиток вегетативної маси рослин безпосередньо сприяє ефективному функціонуванню їх симбіотичного апарату завдяки активному постачанню продуктів фотосинтезу.

3.4. Розвиток симбіотичної системи та інтенсивність азотфіксації у посівах нуту

Формування високопродуктивних посівів нуту (*Cicer arietinum* L.) значною мірою базується на реалізації потенціалу бобово-ризобіального симбіозу. Центральне місце в цьому процесі посідає розвиток симбіотичного апарату, кількісні та якісні показники якого, кількість та маса бульбочок на кореневій системі є прямими індикаторами ефективності азотфіксації.

Згідно з дослідженнями В. Мазура та інших [2] динаміка формування бульбочок є визначальним фактором у забезпеченні рослин нуту ендогенним азотом. Автори зазначають, що інтенсивність симбіозу залежить від штаму інокулянта та агрокліматичних умов, а максимальна активність симбіотичного апарату спостерігається у фазі цвітіння та формування бобів.

Важливе значення має не лише наявність бульбочок, а й їх біомаса. Г. Господаренко та інші [21] зазначають пряму кореляцію між масою бульбочок та інтенсивністю азотфіксації: більша питома вага активної тканини (леггемоглобіну) свідчить про вищу продуктивність симбіозу. Водночас кількість бульбочок на одній рослині може істотно варіювати під впливом передпосівної обробки насіння фунгіцидами та мікродобривами [22].

З огляду на це вивчення особливостей формування кількості та маси бульбочок у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах є необхідним етапом для обґрунтування технологічних заходів вирощування нуту.

Ефективність впливу комплексної передпосівної обробки насіння на формування симбіотичного апарату сортів нуту було оцінено за показниками загальної кількості бульбочок у критичні фази розвитку рослин. На рис. 3.12–3.14 показано узагальнені результати досліджень за 2020–2022 рр., що відображають середні дані динаміки бульбочкоутворення у фазі початку цвітіння та наливу зерна залежно від сортових особливостей культури.

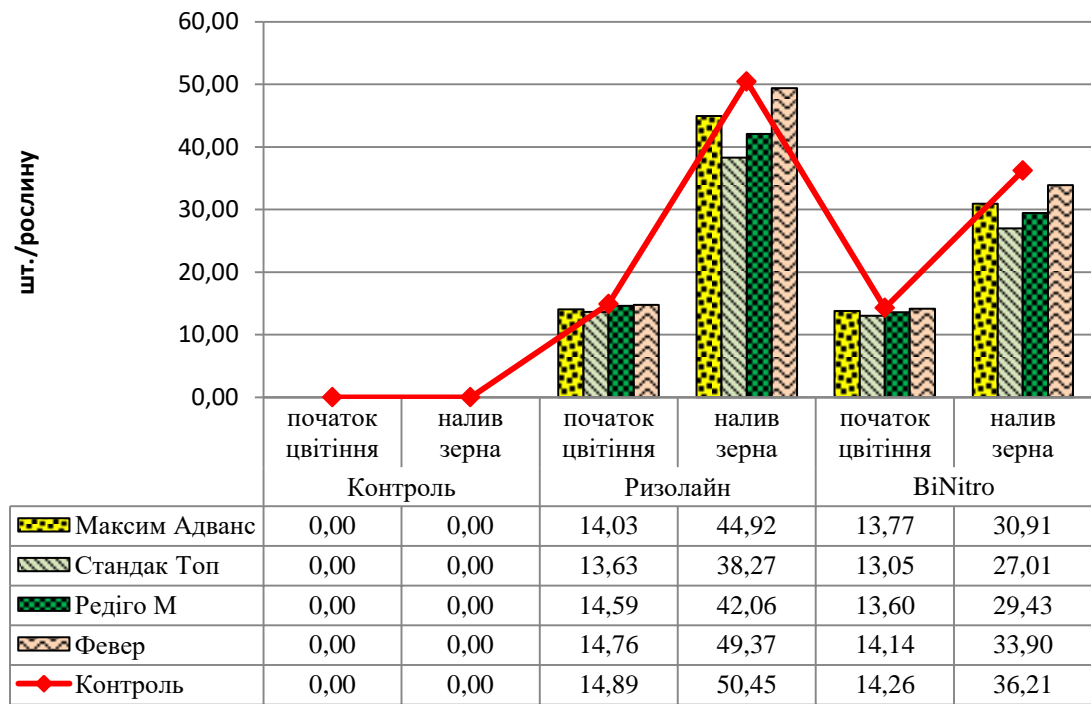


Рис. 3.12. Динаміка кількості бульбочок на рослинах нуту сорту Іордан залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Аналіз результатів досліджень щодо формування симбіотичного апарату нуту сорту Іордан свідчить про істотний вплив факторів передпосівної підготовки насіння на інтенсивність бульбочкоутворення. Повна відсутність бульбочок на контрольних варіантах свідчить про дефіцит специфічних аборигенних ризобій (*Mesorhizobium ciceri*) у ґрунті, що робить інокуляцію обов'язковим заходом для формування симбіотичного апарату. Дослідження динаміки процесу показало, що у фазі початку цвітіння кількість бульбочок на рослинах була відносно рівномірною на всіх варіантах і перебувала в межах 13,05–14,89 шт./рослину, проте до фази наливу зерна спостерігалось їх стрімке наростання. Найвищу інтенсивність розвитку симбіозу забезпечило застосування комплексу Ризолайн, де кількість бульбочок збільшилася в 3,2–3,5 раза порівняно з першою фазою обліку. Зокрема, на варіанті без хімічного протруєння (контроль) показник Ризолайну досяг свого максимуму – 50,45 шт./рослину, тоді як за використання препарату BiNitro він становив лише 36,21 шт./рослину.

Оцінка впливу фунгіцидного захисту на життєздатність бактерій виявила певну пригнічувальну дію хімічних активних речовин. Установлено, що найбільш лояльним до обох інокулянтів виявився фунгіцид Февер, за використання якого кількість бульбочок у фазу наливу зерна була максимально наближеною до контрольних значень і становила 49,37 шт./рослину в комбінації з Ризолайном. Отже, для сорту Іордан найбільш ефективним є поєднання інокуляції препаратом Ризолайн із протруйником Февер, що забезпечує формування потужного симбіотичного апарату впродовж усієї вегетації.

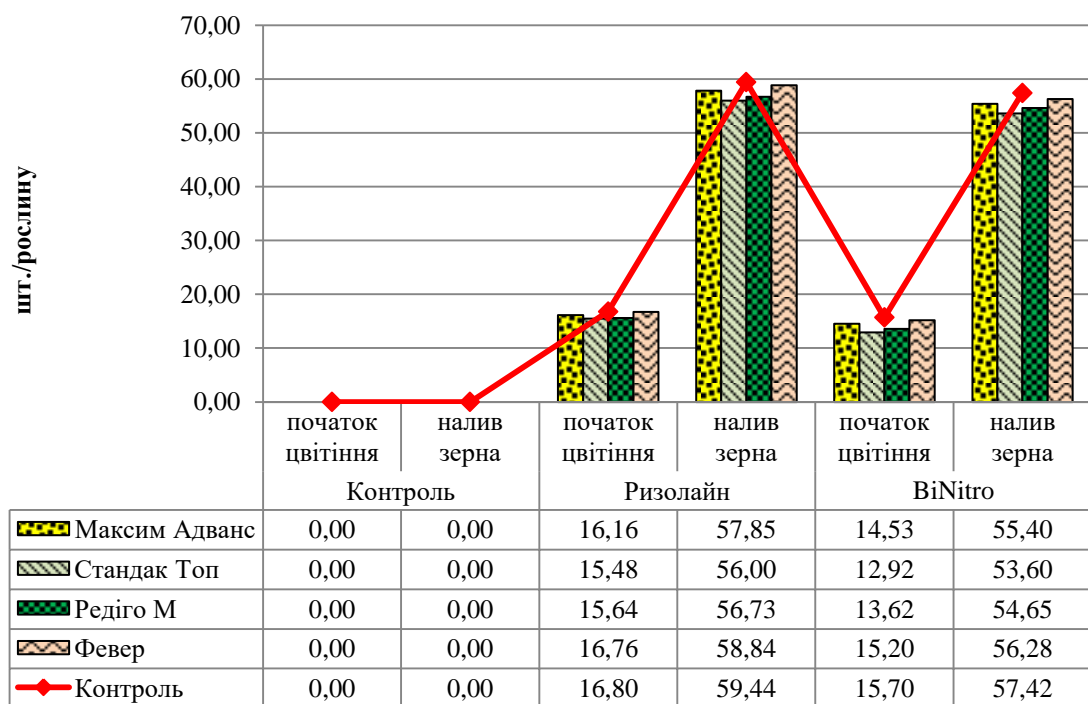


Рис. 3.13. Динаміка кількості бульбочок на рослинах нуту сорту Скарб залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Дослідження процесів формування симбіотичного апарату нуту сорту Скарб (2020–2022 рр.) показали ідентичну тенденцію до відсутності на варіантах без інокуляції бульбочкових бактерій.

Спостереження за динамікою розвитку симбіозу виявили, що якщо на початку цвітіння кількість бульбочок була помірною (12,92–16,80 шт./рослину), то до фази наливу зерна спостерігалось їх масове формування. Найвищу

бульбочкову продуктивність сорт Скарб продемонстрував за застосування інокулянта Ризолайн: кількість симбіотичних утворень зроста в понад 3,5 раза, досягнувши максимуму 59,44 шт./рослину на безфунгіцидному фоні. Препарат ViNitro також забезпечив високу інтенсивність процесу (57,42 шт./рослину), проте дещо поступався Ризолайну за стабільністю дії.

Вивчення взаємодії мікроорганізмів із фунгіцидними протруйниками показало, що сорт Скарб характеризується вищою толерантністю до хімічного навантаження порівняно з Іорданом. Найкращу біологічну сумісність зафіксовано з препаратом Февер, використання якого дозволило зберегти потенціал інокулянтів майже на рівні контролю (58,84 шт./рослину). Отже, для реалізації генетичного потенціалу сорту Скарб оптимальною схемою є використання інокулянта Ризолайн у поєднанні з фунгіцидом Февер.

Дослідження активності формування симбіотичного апарату нуту сорту Одисей (середнє за 2020–2022 рр.) виявило закономірності, аналогічні попереднім етапам роботи, проте з більш вираженими кількісними характеристиками. Відсутність бульбочок на коренях рослин у контрольних варіантах без обробки підтверджує стерильність ґрунтового середовища щодо специфічних штамів ризобій, що робить інокуляцію насіння визначальним чинником запуску нітрогеназної системи сорту.

Динаміка процесу характеризується помірною активністю на етапі початку цвітіння (11,28–18,81 шт./рослину) з подальшим різким збільшенням інтенсивності до фази наливу зерна. Максимальну чутливість до інокуляції сорт Одисей виявив за використання комплексу Ризолайн, де кількість бульбочок зростала у 3,2–4,4 раза залежно від фону захисту насіння. Зокрема, на чистому фоні (без фунгіцидів) показник Ризолайну досяг свого піку 61,19 шт./рослину, що є найвищим результатом серед усіх досліджуваних сортів. Комплекс ViNitro також продемонстрував високу ефективність (56,40 шт./рослину), проте за темпами наростання симбіотичної маси поступався Ризолайну.

Аналіз сумісності мікробіологічних препаратів із фунгіцидними протруйниками показав, що сорт Одисей найменш болісно реагує на хімічний

стрес. Найбільш сприятливим для збереження життєдіяльності ризобій виявився фунгіцид Февер, за використання якого кількість бульбочок у фазу наливу зерна залишалася на рівні 60,75 шт. (із Ризолайном) та 55,66 шт. (із BiNitro).

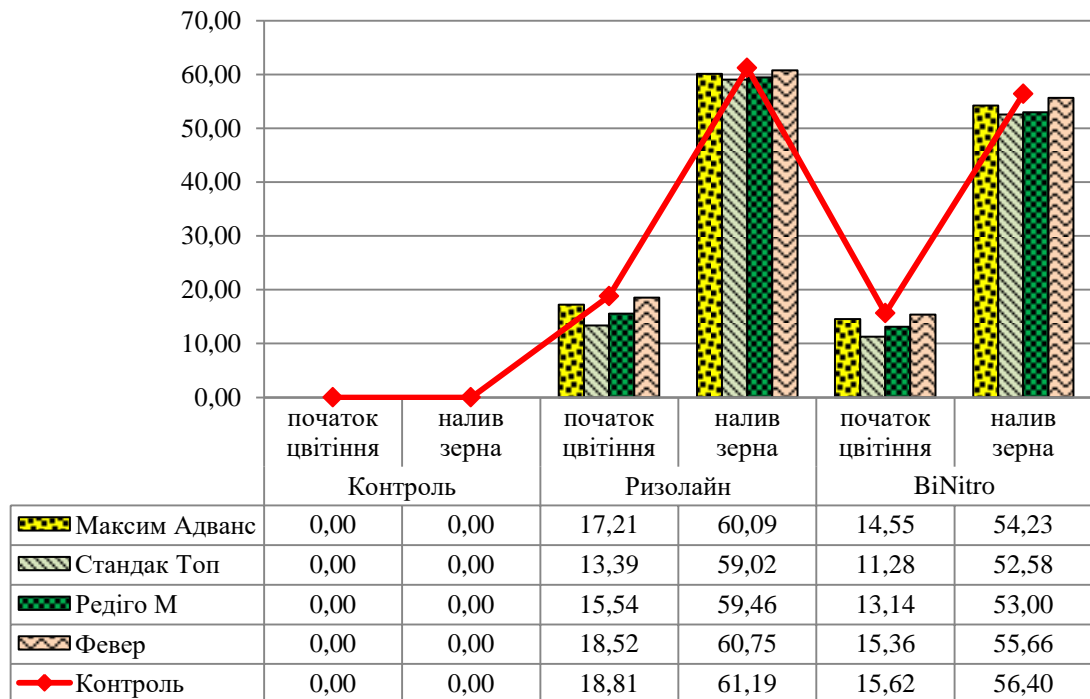


Рис. 3.14. Динаміка кількості бульбочок на рослинах нуту сорту Одисей залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Отже, загалом можна зробити висновок, що відсутність аборигенних ризобій *M. ciceri* у ґрунті зумовлює критичну залежність нуту від інокуляції, де найкращі результати забезпечив препарат Ризолайн (на 7–12 % ефективніший за BiNitro). Найвищу активність симбіозу та стійкість до протруйників продемонстрував сорт Одисей, а найбільш сумісним фунгіцидом виявився Февер, що робить їх поєднання оптимальним для культури.

Поряд із кількісними показниками важливою характеристикою потужності симбіотичного апарату є сира маса бульбочок, яка більш точно відображає потенціал біологічної фіксації азоту. Динаміку накопичення сирової маси симбіотичних утворень у розрізі досліджуваних сортів та комплексної передпосівної обробки наведено в табл. 3.8.

Сортові особливості динаміки накопичення сирієї маси бульбочок на рослинах нуту залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)						Середнє			
		контроль		Ризолайн		BiNitro		фактор А		фактор С	
		початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна
Йордан	контроль	0,00	0,00	0,175	0,878	0,164	0,630	0,107	0,444	0,144	0,643
	Максим Адванс	0,00	0,00	0,164	0,782	0,152	0,538			0,131	0,564
	Стандак Топ	0,00	0,00	0,159	0,666	0,147	0,470			0,116	0,509
	Редіго М	0,00	0,00	0,166	0,732	0,150	0,512			0,125	0,525
	Февер	0,00	0,00	0,170	0,859	0,158	0,590			0,140	0,606
Скарб	контроль	0,00	0,00	0,245	1,024	0,197	0,896	0,133	0,593		
	Максим Адванс	0,00	0,00	0,217	0,951	0,183	0,800				
	Стандак Топ	0,00	0,00	0,196	0,970	0,164	0,748				
	Редіго М	0,00	0,00	0,199	0,874	0,171	0,781				
	Февер	0,00	0,00	0,219	0,985	0,198	0,868				
Одисей	контроль	0,00	0,00	0,279	1,277	0,234	1,080	0,154	0,671		
	Максим Адванс	0,00	0,00	0,247	1,117	0,217	0,893				
	Стандак Топ	0,00	0,00	0,203	0,953	0,178	0,773				
	Редіго М	0,00	0,00	0,229	0,977	0,209	0,847				
	Февер	0,00	0,00	0,286	1,187	0,230	0,967				
Середнє за фактором В		0,00	0,00	0,210	0,949	0,183	0,759				

Аналіз табличних даних щодо накопичення сирої маси бульбочок (середнє за 2020–2022 рр.) підтвердив відсутність симбіотичного апарату на контрольних варіантах, що зумовлено дефіцитом аборигенних ризобій у ґрунті. Серед досліджуваних генотипів (фактор А) найбільш адаптивним виявився сорт Одисей, середня маса бульбочок якого у фазу наливу зерна становила 0,671 г/рослину, випереджаючи сорти Скарб (0,593 г/рослину) та Іордан (0,444 г/рослину).

Порівняльна оцінка інокулянтів (фактор В) засвідчила перевагу препарату Ризолайн, який забезпечив формування в середньому 0,210 г/рослину маси у першу фазу обліку та 0,949 г/рослину – у другу, що на 14,7 % та 25,0 % відповідно перевищує результати за використання ViNitro. Максимальний абсолютний показник маси (1,277 г/рослину) зафіксовано в сорту Одисей на варіанті без фунгіцидного навантаження з інокуляцією Ризолайном.

Вивчення впливу фунгіцидних протруйників (фактор С) виявило, що найбільш безпечним для життєдіяльності бактерій є препарат Февер, за використання якого середні показники маси бульбочок (0,140 г/рослину у фазу цвітіння та 0,606 г/рослину у фазу наливу зерна) були максимально наближені до безфунгіцидного фону. Натомість найбільш токсичний вплив продемонстрував Стандак Топ, який знизив середню масу бульбочок до 0,509 г/рослину у фазу наливу зерна, що на 20,8 % менше порівняно з контролем за фактором С. Узагальнюючи результати, можна стверджувати, що для досягнення найвищої ефективності симбіозу оптимальним є поєднання сорту Одисей з інокуляцією препаратом Ризолайн на фоні використання фунгіциду Февер.

Для повної характеристики азотфіксувального потенціалу культури недостатньо враховувати лише загальну кількість та масу бульбочок. Ключовим індикатором функціональної потужності симбіозу є кількість саме активних бульбочок, які безпосередньо беруть участь у процесах фіксації молекулярного азоту. Оцінка цього критично важливого показника в розрізі досліджуваних сортів нуту та варіантів передпосівної обробки насіння подана на аналогічних діаграмах (рис. 3.15–3.17), що дає змогу детально проаналізувати якісний стан сформованого симбіотичного апарату.

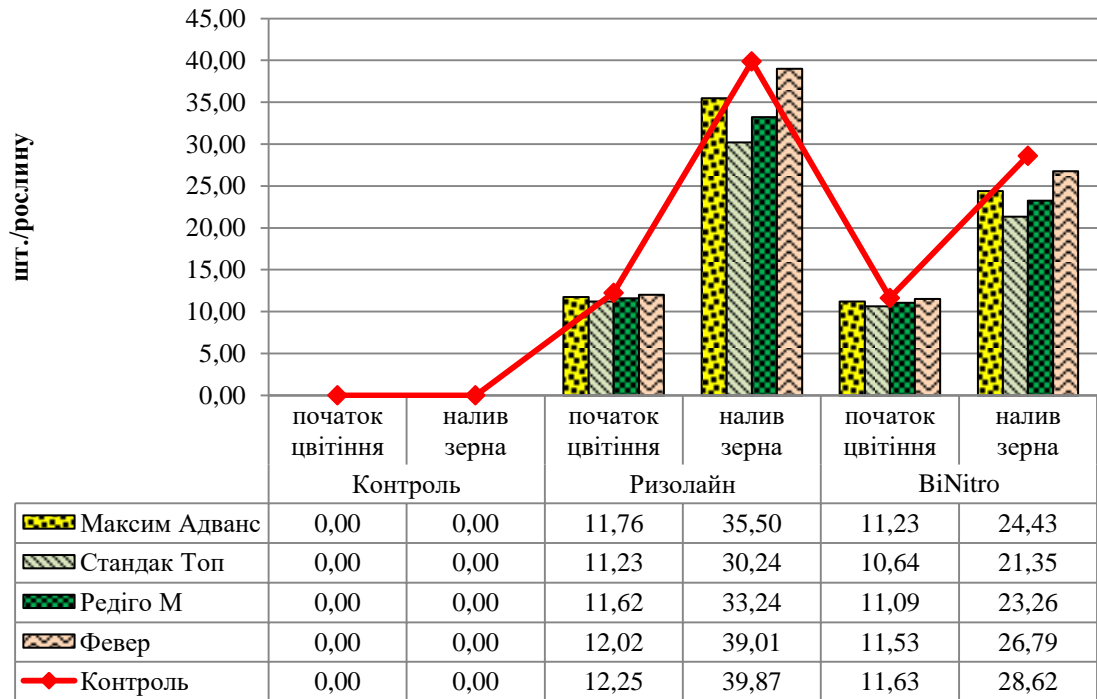


Рис. 3.15. Динаміка кількості активних бульбочок на рослинах нуту сорту Іордан залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Оцінка якісного стану симбіотичного апарату нуту сорту Іордан (середнє за 2020–2022 рр.) дозволила встановити кількість активних бульбочок, які є центрами азотфіксації. Аналіз контрольних варіантів (без інокуляції) показав повну відсутність активних бульбочок протягом обох фаз обліку. Це підтверджує неможливість формування функціонального симбіозу за рахунок аборигенної мікрофлори та визначальну роль інокуляції насіння. Також встановлено, що у фазі початку цвітіння обидва інокулянти забезпечили близьку кількість активних одиниць (10,64–12,25 шт./рослину). Проте у фазі наливу зерна перевага препарату Ризолайн стала беззаперечною, оскільки він сформував до 39,87 шт./рослину активних бульбочок, що у 1,4 раза (на 39,3 %) більше порівняно з ViNitro, у якого максимум був 28,62 шт./рослину. Це доводить вищу пролонговану дію штаму, що входить до складу Ризолайну.

Аналіз фактора фунгіцидного захисту порівняно з контролем (варіант без протруйника) виявив пригнічувальний вплив хімічних речовин. Найменше відхилення від контрольних показників забезпечив препарат Февер. Кількість

активних бульбочок становила 39,01 шт./рослину проти 39,87 шт./рослину на контролі (незначне зниження на 2,1 %). Найбільш токсичним виявився Стандак Топ, який спричинив зменшення кількості активних бульбочок до 30,24 шт. (на 24,1 % щодо контролю за Ризолайном) та до 21,35 шт./рослину (на 25,4 % щодо контролю за BiNitro). Отже, для сорту Іордан найбільш ефективною є схема, що поєднує інокуляцію Ризолайном із протруйником Февер, що забезпечує максимальне збереження активного потенціалу симбіозу.

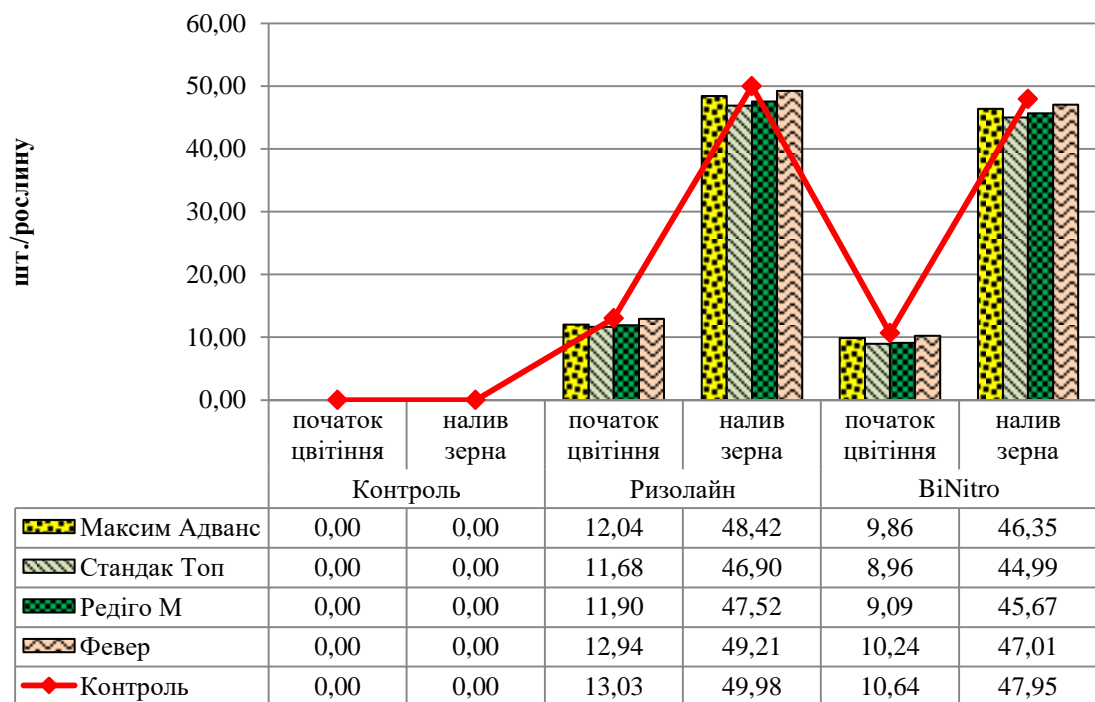


Рис. 3.16. Динаміка кількості активних бульбочок на рослинах нуту сорту Скарб залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Дослідження функціональної активності симбіотичного апарату нуту сорту Скарб (середнє за 2020–2022 рр.) дало змогу встановити кількість активних бульбочок у динаміці вегетації. Сформована тенденція для попереднього сорту зберігається. Без обробки інокулянтами формування активних бульбочок не було.

За фактором інокуляції виявлено, що сорт Скарб демонструє високу інтенсивність розвитку симбіозу з обома інокулянтами. У фазі початку цвітіння кількість активних бульбочок на варіантах із Ризолайном була дещо вищою (11,68–13,03 шт./рослину) порівняно з BiNitro (8,96–10,64 шт./рослину). До фази

наливу зерна спостерігалось різке зростання функціональних одиниць в обох варіативних рядах: Ризолайн забезпечив формування до 49,98 шт./рослину активних бульбочок, тоді як BiNitro – до 47,95 шт./рослину. Це свідчить про те, що сорт Скарб краще реагує на інокуляцію, ніж сорт Іордан, а різниця між ефективністю самих препаратів на цьому генотипі є менш істотною (близько 4,2 % на користь Ризолайну).

Аналіз фунгіцидного захисту порівняно з контролем за цим фактором виявив помірну пригнічувальну дію протруйників, разом з тим сорт Скарб виявився більш толерантним до хімічного навантаження. Найкращу технологічну сумісність зафіксовано з препаратом Февер, де кількість активних бульбочок у фазу наливу зерна (49,21 шт. із Ризолайном та 47,01 шт. із BiNitro) була максимально наближеною до варіантів без хімічного захисту. Отже, для сорту Скарб найбільш продуктивною є система, що базується на використанні Ризолайну в поєднанні з фунгіцидом Февер, що дозволяє реалізувати високий потенціал симбіозу.

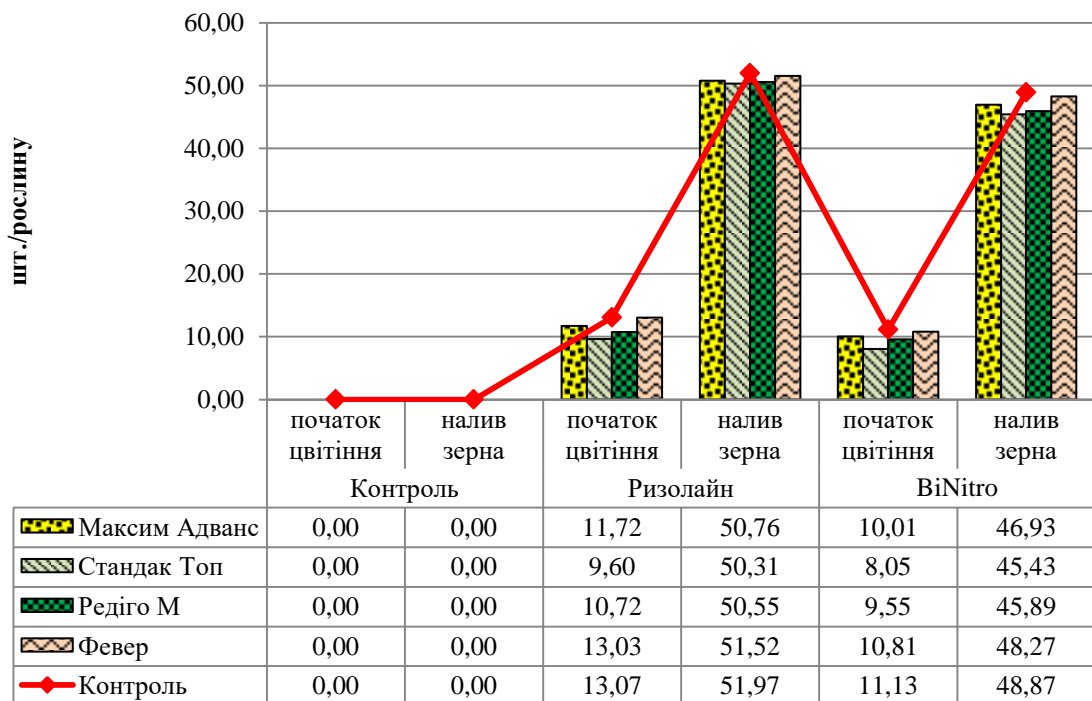


Рис. 3.17. Динаміка кількості активних бульбочок на рослинах нуту сорту Одисей залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), шт./рослину

Аналіз якісного стану симбіотичного апарату нуту сорту Одисей (середнє за 2020–2022 рр.) свідчить про найвищу інтенсивність формування функціонально активних бульбочок серед усіх досліджуваних сортів. Для цього сорту збереглась виявлена тенденція щодо відсутності активних бульбочок на варіантах без передпосівного інокулювання насіння.

Інокуляція показала, що сорт Одисей демонструє відмінну реактивність на обидва біопрепарати. У фазі початку цвітіння кількість активних бульбочок на фоні Ризолайну (9,60–13,07 шт./рослину) дещо випереджала показники препарату BiNitro (8,05–11,13 шт./рослину). До фази наливу зерна кількість функціональних центрів зростає в 4,0–5,3 рази, досягнувши свого максимуму. Препарат Ризолайн забезпечив формування до 51,97 шт. активних бульбочок, тоді як за використання BiNitro цей показник становив до 48,87 шт. Отже, перевага Ризолайну на цьому сорті становить 6,3 %, що свідчить про високу синергію штаму бактерій із сортом Одисей.

Варіанти фунгіцидного захисту порівняно з контролем виявили в сорту Одисей унікальну толерантність до хімічного навантаження. Найвищу сумісність продемонстрував протруйник Февер, використання якого дозволило сформувати 51,52 шт. активних бульбочок (із Ризолайном), що практично відповідає рівню чистої інокуляції (зниження лише на 0,8 %). Навіть найбільш агресивний препарат Стандак Топ на цьому сорті спричинив мінімальне інгібування, оскільки кількість активних бульбочок знизилася лише на 3,2 % щодо контролю за Ризолайном (до 50,31 шт.) та на 7,0 % щодо контролю за BiNitro (до 45,43 шт.). Отже, сорт Одисей є найбільш стійким до зовнішніх чинників, а оптимальною технологічною схемою для нього є поєднання інокулянта Ризолайн із фунгіцидом Февер.

Функціональна ефективність симбіозу визначається не лише кількістю активних бульбочок, а й обсягом їх сирової маси, що характеризує тривалість та інтенсивність процесу азотфіксації. Порівняльна оцінка динаміки накопичення маси активних бульбочок на рослинах досліджуваних сортів нуту залежно від факторів інокуляції та фунгіцидного захисту подана в табл. 3.9, де відображено середні дані за трирічний період спостережень.

Сортові особливості динаміки накопичення сирової маси активних бульбочок на рослинах нуту залежно від комплексної передпосівної обробки насіння (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)						Середнє			
		контроль		Ризолайн		BiNitro		фактор А		фактор С	
		початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна	початок цвітіння	налив зерна
Йордан	контроль	0,00	0,00	0,139	0,470	0,125	0,338	0,083	0,238	0,099	0,522
	Максим Адванс	0,00	0,00	0,130	0,419	0,117	0,288			0,091	0,458
	Стандак Топ	0,00	0,00	0,124	0,357	0,113	0,252			0,085	0,413
	Редіго М	0,00	0,00	0,128	0,392	0,115	0,274			0,087	0,429
	Февер	0,00	0,00	0,135	0,460	0,120	0,316			0,097	0,491
Скарб	контроль	0,00	0,00	0,167	0,942	0,147	0,800	0,095	0,538		
	Максим Адванс	0,00	0,00	0,155	0,874	0,126	0,708				
	Стандак Топ	0,00	0,00	0,149	0,869	0,116	0,666				
	Редіго М	0,00	0,00	0,153	0,836	0,112	0,693				
	Февер	0,00	0,00	0,166	0,906	0,134	0,773				
Одисей	контроль	0,00	0,00	0,173	1,165	0,143	0,985	0,097	0,612		
	Максим Адванс	0,00	0,00	0,156	1,019	0,131	0,815				
	Стандак Топ	0,00	0,00	0,131	0,870	0,128	0,706				
	Редіго М	0,00	0,00	0,141	0,891	0,132	0,772				
	Февер	0,00	0,00	0,172	1,083	0,142	0,882				
Середнє за фактором В		0,00	0,00	0,148	0,770	0,127	0,618				

Аналіз сортових особливостей (фактор А) продемонстрував, що серед досліджуваних генотипів найвищу здатність до формування активних бульбочок виявив сорт Одисей. У середньому за фактором А цей сорт забезпечив 0,097 г/рослину маси активних бульбочок у фазі цвітіння та 0,612 г/рослину у фазі наливу зерна. Сорт Скарб посів проміжне місце (0,095 г та 0,538 г відповідно), а сорт Іордан характеризувався найменшим функціональним потенціалом, сформувавши у фазу наливу зерна в середньому 0,522 г активної маси, що на 14,7 % менше порівняно з сортом Одисей.

Вплив інокуляції (фактор В). На варіантах без застосування біопрепаратів (абсолютний контроль) накопичення маси активних бульбочок не відбувалося, що підтверджує критичну потребу культури в інокуляції. Аналіз середніх даних за фактором В засвідчив перевагу препарату Ризолайн, який забезпечив формування 0,14 г/рослину у фазу початку цвітіння та 0,770 г/рослину у фазу наливу зерна. Препарат ViNitro за ефективністю поступався Ризолайну на 14,2 % у першу фазу обліку та на 19,7 % у другу, сформувавши в середньому 0,618 г/рослину активної маси бульбочок. Максимальний абсолютний показник зафіксовано в сорту Одисей за інокуляції Ризолайном на безфунгіцидному фоні 1,165 г/рослину.

Вивчення хімічного навантаження (фактор С) на бактеріальні штами показало, що найбільш технологічно сумісним є фунгіцид Февер. У разі його застосування середні показники активної маси бульбочок (0,097 г/рослину у фазу цвітіння та 0,491 г/рослину у фазу наливу зерна) були максимально наближеними до варіантів без хімічної обробки (контроль за фактором С). Найбільш токсичний вплив на функціонування нітрогеназної системи мав Стандак Топ, який спричинив інгібування росту активної маси вузликів до мінімальних середніх значень 0,085 г/рослину та 0,413 г/рослину відповідно за фазами обліку.

Отже, для формування максимальної маси активних симбіотичних утворень найбільш продуктивним є поєднання сорту Одисей із препаратом Ризолайн на фоні використання фунгіциду Февер. Це забезпечує інтенсивне наростання маси активних бульбочок від початку цвітіння до наливу зерна у 6,3 рази, створюючи передумови для реалізації високої врожайності культури.

Для цілісної кількісної оцінки функціонування симбіотичного апарату впродовж вегетації недостатньо використовувати лише точкові заміри маси. Найбільш інформативним і ключовим критерієм є активний симбіотичний потенціал (АСП), який враховує не тільки масу активних бульбочок, а й тривалість їх життя. Розраховані значення АСП за досліджувані роки (2020–2022 рр.) залежно від генотипу нуту та варіантів передпосівної підготовки насіння систематизовано в табл. 3.10.

Проаналізувавши таблицю з показниками АСП, можна констатувати, що на контрольних варіантах без інокуляції його значення в усіх сортів дорівнювало нулю, що підтверджує неможливість формування ефективного симбіозу без передпосівної обробки насіння специфічними бактеріальними штамми.

Аналіз сортових особливостей (фактор А) свідчить, що найвищий потенціал зафіксовано в сорту Одисей, середній показник якого становив 6,53 тис. кг×діб/га. Сорт Скарб сформував АСП на рівні 5,64 тис. кг×діб/га, тоді як сорт Іордан характеризувався найнижчою інтенсивністю роботи симбіотичного апарату 3,04 тис. кг×діб/га.

Аналіз середніх за фактором В підтвердив стабільну перевагу препарату Ризолайн, який забезпечив формування АСП на рівні 8,67 тис. кг×діб/га, що істотно перевищує показник комплексу BiNitro (6,53 тис. кг×діб/га). Це свідчить про здатність Ризолайну забезпечувати не лише більшу масу бульбочок, а й довший період їх функціональної активності.

Результати взаємодії з протруйниками (фактор С) підтвердили високу технологічну сумісність інокулянтів із фунгіцидом Февер, де середній АСП становив 5,60 тис. кг×діб/га, що виявилось вищим за середній показник за фактором загалом. Найбільш негативний вплив на тривалість роботи активного симбіозу мав Стандак Топ, який знизив АСП до мінімальних значень, що математично доведено порівняно з кращими варіантами досліду.

Максимальні значення АСП зафіксовано в сорту Одисей за використання Ризолайну на фоні протруйника Февер до 13,05 тис. кг×діб/га у вегетаційному періоді 2021 року, що свідчить про найсприятливіші умови року.

Таблиця 3.10

Сортові особливості формування АСП нуту залежно від комплексної передпосівної обробки насіння, тис.кг×діб/га

Сорт (фактор А)	Інокуляція (фактор Б)	Протруйник (фактор С)	АСП тис.кг×діб/га			Середнє		
			2020	2021	2022	фактор А	фактор В	фактор С
Гордан	Контроль	контроль	0,00	0,00	0,00	3,04	0,00	5,31
		Максим Адванс	0,00	0,00	0,00			5,09
		Стандак Топ	0,00	0,00	0,00			4,58
		Редіго М	0,00	0,00	0,00			4,76
		Февер	0,00	0,00	0,00			5,60
	Ризолайн	контроль	5,19	6,02	6,24		8,67	
		Максим Адванс	5,01	5,75	5,70			
		Стандак Топ	4,20	5,16	4,97			
		Редіго М	4,58	5,57	5,38			
		Февер	5,40	6,27	6,07			
	BiNitro	контроль	3,60	4,13	4,42		6,53	
		Максим Адванс	3,41	3,62	3,93			
		Стандак Топ	2,94	3,24	3,64			
		Редіго М	3,27	3,47	3,75			
		Февер	3,49	4,04	4,27			
Скарб	Контроль	контроль	0,00	0,00	0,00	5,64		
		Максим Адванс	0,00	0,00	0,00			
		Стандак Топ	0,00	0,00	0,00			
		Редіго М	0,00	0,00	0,00			
		Февер	0,00	0,00	0,00			
	Ризолайн	контроль	10,04	10,12	10,18			
		Максим Адванс	9,51	9,66	9,57			
		Стандак Топ	9,80	8,94	9,61			
		Редіго М	8,68	9,36	9,49			
		Февер	9,87	10,01	10,11			
	BiNitro	контроль	7,35	7,72	8,24			
		Максим Адванс	6,80	7,68	6,90			
		Стандак Топ	6,41	6,96	6,62			
		Редіго М	6,53	7,39	6,71			
		Февер	7,20	8,18	7,98			
Одисей	Контроль	контроль	0,00	0,00	0,00	6,53		
		Максим Адванс	0,00	0,00	0,00			
		Стандак Топ	0,00	0,00	0,00			
		Редіго М	0,00	0,00	0,00			
		Февер	0,00	0,00	0,00			
	Ризолайн	контроль	10,81	11,28	11,24			
		Максим Адванс	10,36	11,55	11,90			
		Стандак Топ	9,61	9,39	9,53			
		Редіго М	9,76	9,93	9,91			
		Февер	12,71	13,05	12,69			
	BiNitro	контроль	8,59	9,15	9,07			
		Максим Адванс	8,19	8,92	8,88			
		Стандак Топ	6,64	8,29	7,73			
		Редіго М	7,89	8,56	8,28			
		Февер	9,78	10,12	10,10			

НІР₀₅ для фактора АВС = 3,13

Отримані нами показники активного симбіотичного потенціалу (АСП) нуту сорту Одисей, що сягали 12,71–13,05 тис. кг×діб/га, узгоджуються з науковими підходами В. Мазура та ін. [2], які доводять визначальний вплив технологічних прийомів на активізацію азотфіксувальних процесів. Висока ефективність інокуляції препаратом Ризолайн у наших дослідях підтверджує висновки дослідників про те, що правильний вибір мікробних препаратів є базовим чинником формування потужного симбіотичного апарату.

Нульові значення АСП на контрольних варіантах без обробки насіння корелюють із положеннями С. В. Дідович [9], згідно з якими ефективність азотфіксації в агроценозах України обмежена дефіцитом специфічних штамів *Mesorhizobium ciceri* у ґрунті. Це обґрунтовує безальтернативність штучної інокуляції для створення продуктивних бобово-ризобіальних систем.

Важливість чинника сортової специфічності, яку ми спостерігали на прикладі сортів Одисей, Скарб та Іордан, узгоджується з роботами Г. М. Господаренка та ін. [21]. Автори зазначають, що симбіотична здатність нуту істотно варіює залежно від генотипу, що підтверджується нашими результатами: сорт Одисей сформував у середньому 0,612 г/рослину маси активних бульбочок, тоді як сорт Іордан лише 0,522 г/рослину.

Виявлена нами динаміка активного симбіотичного потенціалу, що досягала максимуму у фазу наливу зерна, збігається з результатами досліджень І. Дідюра та М. Мордованюк [11]. Вчені доводять, що інокуляція насіння у поєднанні з оптимізацією технологічних заходів забезпечує пролонгацію роботи симбіотичного апарату до пізніх етапів вегетації. Це підтверджується нашими даними, де середній показник АСП за використання Ризолайну становив 8,67 тис. кг×діб/га, що істотно перевищує результати інших варіантів. Отже, отримані результати доповнюють відомі наукові дані про механізми керування симбіозом нуту в сучасних системах землеробства.

З метою об'єктивної оцінки ролі кожного з вивчених чинників у формуванні симбіотичного апарату нуту нами було проведено дисперсійний аналіз отриманих даних. Частку впливу сортових особливостей, інокулянтів та фунгіцидних

протруйників, а також їх взаємодії на формування активного симбіотичного потенціалу відображено на рис. 3.17.

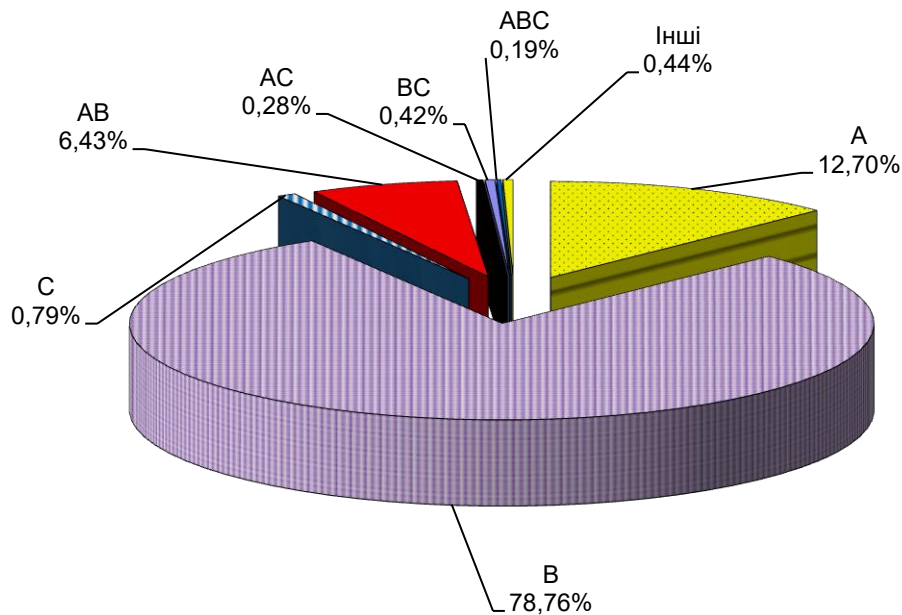


Рис. 3.18. Структура впливу агротехнічних чинників на формування АСП нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Математична обробка результатів досліджень дозволила встановити ієрархію впливу досліджуваних чинників на формування активного симбіотичного потенціалу нуту.

Визначальну роль у варіабельності показника відіграє фактор В (інокуляція), частка впливу якого складає 78,76 %. Це підтверджує, що наявність специфічного штаму ризобій є головною умовою функціонування симбіозу.

Значний внесок також належить фактору А (сортіві особливості), його частка становить 12,70 %, що свідчить про генетично зумовлену здатність генотипів до взаємодії з бактеріями. Важливим є вплив взаємодії факторів АВ (сорт × інокулянт), що становить 6,43 % і підтверджує необхідність підбору комплементарних пар «сорт – штам» для максимізації азотфіксації. Частка впливу інших чинників та їх комбінацій (С, АС, ВС, АВС) є мінімальною (менше 1 %), що свідчить про їх другорядну роль у формуванні АСП порівняно з базовими елементами технології.

Для оцінки біологічних особливостей формування продуктивності посівів нуту було проаналізовано характер взаємозв'язку між розвитком вегетативної маси та активністю азотфіксації. Статистичне підтвердження цієї залежності наведено на графіку регресії (рис. 3.19)

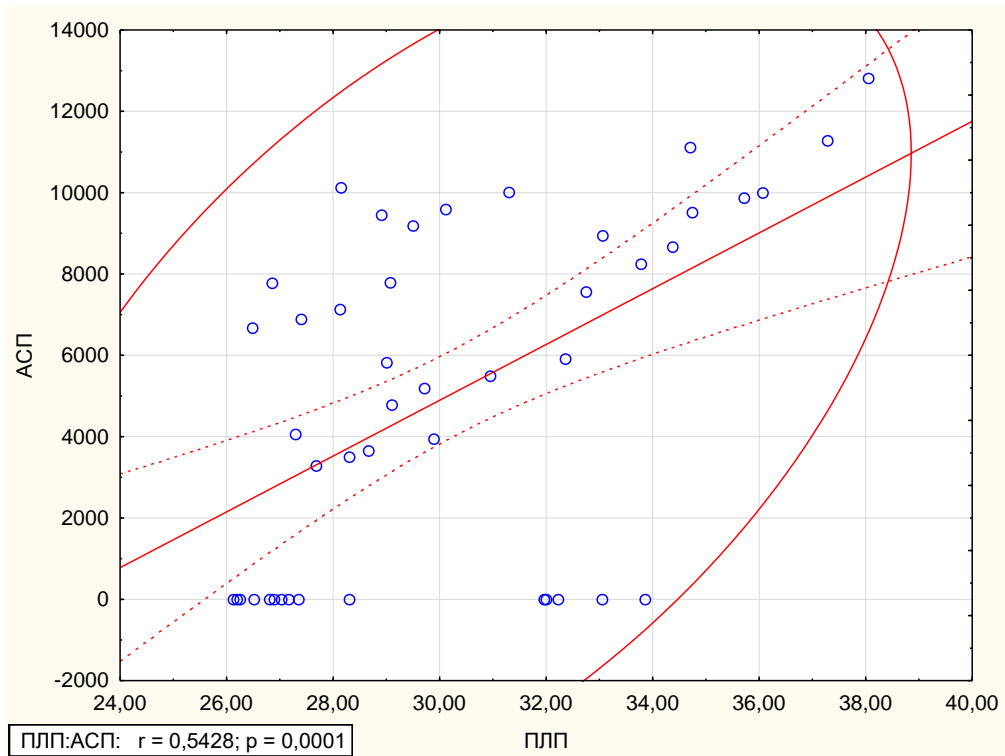


Рис. 3.19. Кореляційно-регресійний аналіз взаємозв'язку площі листкової поверхні та активного симбіотичного потенціалу нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання

Результати аналізу свідчать про наявність прямого позитивного зв'язку між площею листкової поверхні та активним симбіотичним потенціалом рослин нуту. Коефіцієнт кореляції підтверджує помірний тісний зв'язок, а значення рівня значущості показує високу статистичну достовірність отриманих результатів.

Побудована модель чітко диференціює дослідні варіанти: група значень із нульовим показником АСП відповідає контрольним варіантам без інокуляції насіння. Це пояснюється відсутністю в ґрунті специфічних для нуту штамів бактерій, через що симбіотичний апарат не формується навіть за достатнього розвитку листкової поверхні. Водночас у варіантах із застосуванням інокулянтів

спостерігається лінійна залежність, де розширення площі листків забезпечує краще постачання вуглеводів до вузликів, що закономірно підвищує активний симбіотичний потенціал. Отже, інокуляція є обов'язковою умовою для реалізації симбіотичного потенціалу культури та створення функціонального зв'язку між фотосинтезом і азотфіксацією.

Висновки до Розділу 3

1. Максимальну площу листової поверхні сої забезпечив сорт Кордоба (34,5 тис. м²/га), мінімальну – Діадема Поділля (31,8 тис. м²/га), разом з тим бактеризація інокулянтном ХіСтік підвищила цей показник на 5,0–7,2 тис. м²/га. Застосування фунгіциду Февер дало змогу збільшити поверхню сорту Кордоба до 37,7 тис. м²/га, а найкращий результат (38,11 тис. м²/га) отримано за комбінації Кордоба + Максим Адванс + ХіСтік.

2. Дослідження пігментного комплексу сої показало, що найвищим вмістом хлорофілів (a+b) характеризуються сорти Діадема Поділля (3,47 мг/г) та Тенор (3,44 мг/г), а інокуляція препаратом ХіСтік підвищила цей показник до 3,47 мг/г порівняно з 3,25 мг/г у контролі. Найвищу позитивну реакцію (4,05 мг/г) продемонструвала комбінація сорту Кордоба з інокуляцією ХіСтіком за відсутності хімічного протруювання.

3. Сорт нуту Одисей продемонстрував найвищий розвиток фотосинтетичної поверхні (34,2 тис. м²/га), перевищуючи сорти Іордан та Скарб на 17–20 %. Застосування біопрепарату Ризолайн підвищило середню площу листової поверхні до 31,98 тис. м²/га, а у поєднанні з фунгіцидом Февер забезпечило максимальний показник у 38,00 тис. м²/га для сорту Одисей.

4. Найвищу інтенсивність накопичення хлорофілів (a + b) виявлено в сорту Іордан (2,65 мг/г). Визначальну роль відіграла інокуляція Ризолайном, що підвищила вміст пігментів на 10,5 %. Найбільшу ефективність продемонстрували протруйники Февер та Максим Адванс: у поєднанні з Ризолайном вони забезпечили максимальні показники – 2,67–2,89 мг/г.

5. Максимальний розвиток симбіотичного апарату сої зафіксовано у фазу наливу зерна в сорту Кордоба, причому інокуляція препаратом ХіСтік забезпечила зростання кількості бульбочок у 1,7–3,7 рази. Найбільш технологічно сумісною виявилася комбінація «Кордоба + ХіСтік + Февер» (43,3 шт. бульбочок на рослину), тоді як протруйник Стандак Топ пригнічував симбіоз, скорочуючи кількість активних центрів на 24–31 %.

6. Активний симбіотичний потенціал (АСП) сої найбільшою мірою залежав від інокуляції (31,15 %) та сорту. Сорт Кордоба виявився найбільш адаптованим (18,7 тис. кг×діб/га), випередивши інші генотипи на 26,3–31,7 %. Максимальний АСП (34,6 тис. кг×діб/га) забезпечило поєднання Кордоба + ХіСтік + Февер. За такої комбінації фунгіцид Февер стимулював показник, а Стандак Топ – знижував його до 13,1 тис. кг×діб/га.

7. Формування симбіозу нуту критично залежить від інокуляції через відсутність специфічних ризобій у ґрунті. Сорт Одисей виявив найвищу чутливість до препарату Ризолайн: у поєднанні з Февером кількість бульбочок сягнула 60,75 шт./рос. (85 % – активні). Цей сорт також продемонстрував найвищу толерантність до протруйників, тоді як у сортів Іордан та Скарб маса активних бульбочок знизилася на 14,7–20,8 %.

8. Ефективність азотфіксації нуту повністю залежала від інокуляції, до того ж найвищу здатність до формування активного симбіотичного потенціалу (АСП) виявив сорт Одисей (6,53 тис. кг×діб/га). Максимальний рівень АСП (12,82 тис. кг×діб/га) забезпечило поєднання сорту Одисей з інокулянтом Ризолайн та фунгіцидом Февер, тоді як застосування протруйника Стандак Топ істотно обмежувало симбіотичну продуктивність.

9. Кореляційно-регресійний аналіз підтвердив прямий позитивний зв'язок між площею листків (ПЛП) та активним симбіотичним потенціалом (АСП) нуту. Статистично достовірна залежність доводить, що розвиток асиміляційного апарату під впливом сорту, інокуляції та протруювання безпосередньо стимулює функціонування симбіотичної системи.

Список використаних джерел до Розділу 3

1. Lamichhane J. R., You M. P., Laudinot V., Barbetti M. J., Aubertot J. N. Revisiting sustainability of fungicide seed treatments for field crops. *Plant Disease*. 2020. 104, N 3. P. 610–623. URL: <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1157-FE>.
2. Symbiotic activity of chickpea plants depending on the technological methods of cultivation / V. Mazur et al. *Feeds and Feed Production*. 2021. No. 92. P. 62–71. URL: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202192-06>.
3. Воробей Н. А., Кукол К. П., Коць С. Я. Оцінка токсичності впливу фунгіцидів на бульбочкові бактерії *Bradyrhizobium japonicum* у чистій культурі. *Мікробіологічний журнал*. 2020. 82, № 3. С. 45–54. URL: <https://doi.org/10.15407/microbiolj82.03.045>.
4. Гавій В. М., Приплавко С. О. Формування асиміляційного апарату озимої пшениці сорту Ювівата за дії синтетичних регуляторів росту. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія. Біологія*. 2019. 1. С. 116–120.
5. Гадзовський Г. Л., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Фотосинтетична діяльність посівів сої на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. *Plant and soil science*. 2020. Vol. 11. № 1. С. 5–12. URL: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2020.01.005>.
6. Гангур В. В., Єременко Л. В., Сокирко Д. П. Формування продуктивності нуту залежно від технологічних факторів в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. Т. 1, № 2. С. 262–269.
7. Гарбар Л. А., Довбаш Н. І., Венгер В. В. Формування листкового апарату гібридів соняшника та ефективність його функціонування за впливу удобрення. *Аграрні інновації*. 2022. No 13. С. 24–29. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.3>.
8. Гарбар Л. А., Довбаш Н. І., Венгер В. В. Формування продуктивності сої за впливу дії інокуляції, удобрення, стимуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 12–17. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.2>.

9. Дідович С. В. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах України. Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. наук. зб. Чернігів. 2008. Вип. 8. С. 117–125.
10. Дідора В. Г. Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції насіння та удобрення. *Наукові горизонти*. 2018. № 1 (64). С. 23–28.
11. Дідур І, Мордованюк М. Вплив позакореневих підживлень та інокуляції насіння на симбіотичну та зернову продуктивність нуту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 14. С. 13–22. URL: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2019-3-2>.
12. Каленська С. М., Новицька Н. В., Джемесюк О. В. Формування площі листової поверхні сої під впливом інокуляції та підживлення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 3. С. 6–10.
13. Коробко О. О., Білоножко В. Я., Кухнюк О. В. та ін. Оцінка дії гербіциду і біологічних препаратів на площу листової поверхні та урожайність нуту. *Вісник Черкаського університету*. 2022. №1. С. 22–33
14. Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Рибаченко Л. І., Якимчук Р. А. Вплив фунгіцидів на ефективність інокуляції сої стійкими до пестицидів бульбочковими бактеріями. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. 31. С. 26–35. URL: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.26-35>.
15. Німенко С. С., Грабовський М. Б. Формування симбіотичного апарату сортів сої за органічного вирощування. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 89–97. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.13>.
16. Німенко С. С., Грабовський М. В. Вплив елементів технології на формування площі листової поверхні рослин сої за органічного вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 130. С. 155–163. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.23>.
17. Павлице А. В., Кірізії Д. А., Коць С. Я. Реакція симбіотичних систем сої на дію фунгіцидів за різних способів обробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2017. 49, № 3. С. 237–247. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2017.03.237>.

18. Пида С. В., Тригуба О. В., Григорюк І. П. Дія бактеріальних препаратів та регуляторів росту рослин на фотосинтетичний апарат люпину білого (*Lupinus albus*). *Біоресурси і природокористування*. 2014. Том 6. № 1–2. С. 12–18.

19. Побережна Л. В., Бахмат О. М. Фотосинтетична продуктивність посівів нуту звичайного залежно від обробки насіння та позакореневого підживлення рослин. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*. 2024. № 42. С. 39–46. URL: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-1.6>.

20. Рудник-Іващенко О. І. Вміст хлоропластів у листках рослин проса та їх роль у процесі фотосинтезу. *Наукові доповіді НУБіП*. 2010. 3 (19). С. 1–7. <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-3/10roimpp.pdf>.

21. Симбіотична азотфіксувальна здатність нуту та продуктивність культури за різного удобрення / Г. М. Господаренко та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2017. Вип. 25. С. 25–30.

22. Функціонування симбіотичного і фотосинтетичного апаратів сої за впливу протруйників фунгіцидної дії та екзогенного лектину / А. В. Павлище та ін. *Фізіологія рослин і генетика*. 2019. Вип. 51, №. 6. С. 517–528. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2019.06.517>.

23. Фурман В. А., Фурман О. В., Свистунова І. В. Фотосинтетична та насіннєва продуктивність сої залежно від інокуляції та удобрення в умовах Правобережного Лісостепу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. № 6/100. С. 1–12. URL: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.06.002>.

РОЗДІЛ 4

СОРТОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ, УРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ НАСІННЯ СОЇ ТА НУТУ ЗАЛЕЖНО ВІД КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ

Ефективність сучасних технологій вирощування зернобобових культур значною мірою визначається ступенем реалізації генетичного потенціалу сорту та оптимізацією умов його розвитку на початкових етапах онтогенезу. Соя та нут як ключові культури у світовому балансі рослинного білка виявляють високу чутливість до агротехнічних заходів, що спрямовані на стимулювання симбіотичної діяльності та захист проростків від патогенної мікрофлори.

Комплексна передпосівна підготовка насіння, яка поєднує використання сучасних протруювачів та високоефективних штамів інокулянтів, є фундаментом формування потужної кореневої системи та оптимального фітосанітарного стану посівів. Це зі свого боку безпосередньо корелює з інтенсивністю накопичення сухої речовини та подальшою трансформацією пластичних ресурсів у елементи продуктивності.

4.1. Індивідуальна продуктивність рослин сої й нуту залежно від сортових особливостей та передпосівної обробки

Показники індивідуальної продуктивності є індикатором впливу досліджуваних чинників на ступінь виявлення генетичних можливостей сорту, що дає змогу оперативно корегувати процес формування майбутнього врожаю [4]. Формування врожайності зерна сої безпосередньо залежить від агротехнічних та кліматичних умов заключних етапів вегетації, коли відбуваються інтенсивний налив та виповнення насіння.

Головним індикатором цього процесу є маса 1 000 насінин, яка відображає ступінь розвитку зерна та його крупність. Наукові дані підтверджують наявність стійкої позитивної кореляції між показником маси 1 000 насінин та кінцевою продуктивністю посівів. Будь-яке відхилення від оптимальних параметрів наливу

насіння внаслідок несприятливих факторів призводить до зниження його маси, що також негативно позначається на загальному врожаї [7].

4.1.1. Показники індивідуальної продуктивності сої залежно від сорту та передпосівної обробки насіння

Важливим критерієм оцінки ефективності технологічних заходів у посівах сої є показник маси зерна з однієї рослини, що безпосередньо відображає рівень адаптації конкретного сорту до умов вирощування. Цей параметр акумулює в собі вплив усіх чинників вегетаційного періоду та дає змогу визначити реальний продуктивний потенціал кожної особини в агрофітоценозі.

Під час проведення досліджень було встановлено, що інтенсивність накопичення маси насіння однією рослиною сої істотно залежала від сортових особливостей та комплексної передпосівної обробки (рис. 4.1–4.3).

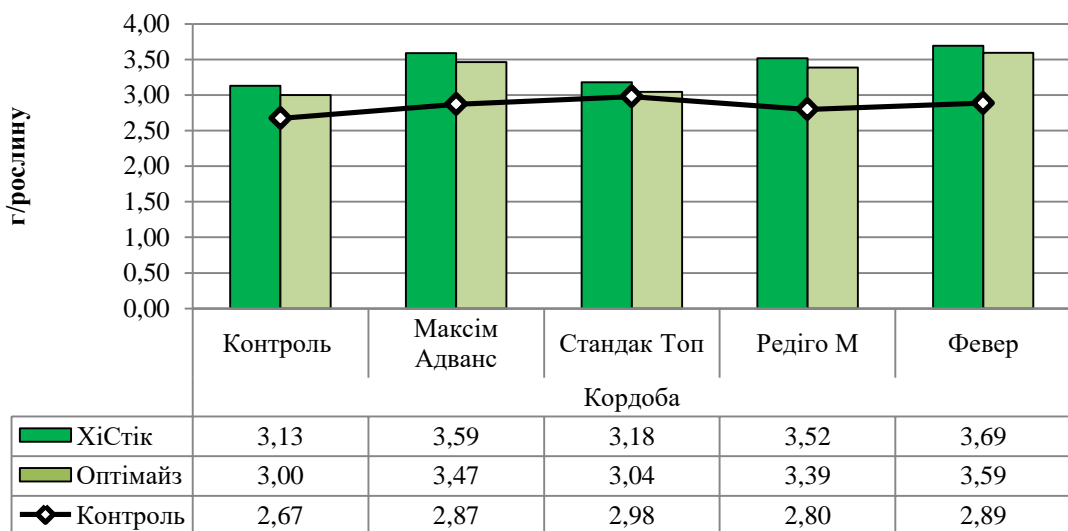


Рис. 4.1. Індивідуальна продуктивність рослин сої сорту Кордоба залежно від інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Дослідження показало, що поєднання протруювачів з інокулянтами значно підвищує індивідуальну продуктивність рослин порівняно з варіантами без інокуляції. Найвищу масу насіння з однієї рослини (3,69 г) забезпечило застосування препарату Февер разом із інокулянтом ХіСтік, тоді як на абсолютному контролі цей показник становив лише 2,67 г.

У всіх варіантах досліду інокулянт ХіСтік демонстрував стабільно вищу ефективність, ніж Оптімайз. Зокрема, у комбінації з Максим Адванс маса насіння становила 3,59 г та 3,47 г відповідно, із Редіго М – 3,52 г та 3,39 г, а зі Стандак Топ – 3,18 г та 3,04 г. Важливо, що використання інокулянтів дозволило істотно перевищити показники контрольної лінії навіть у тих варіантах, де насіння оброблялося лише протруювачем.

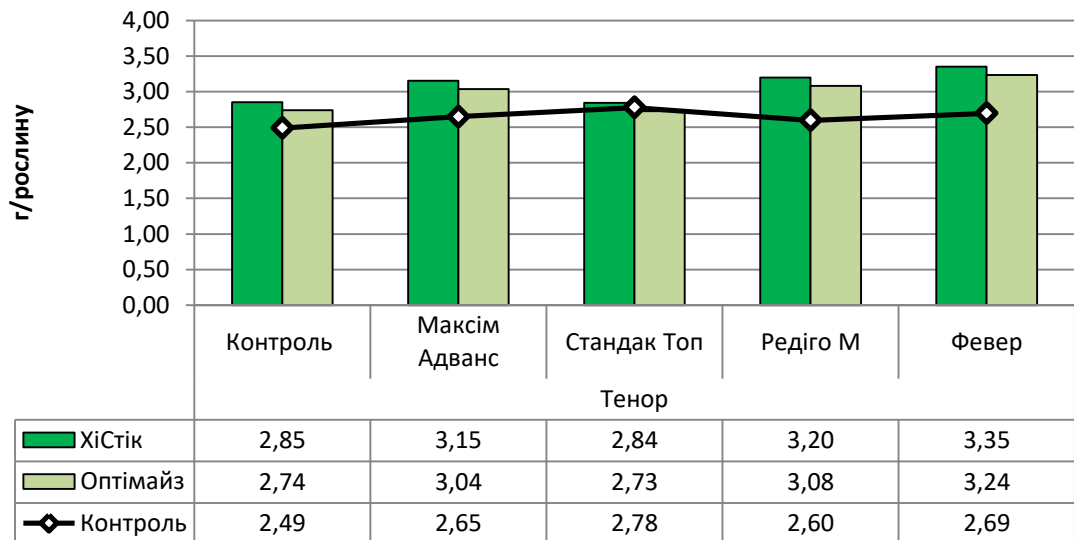


Рис. 4.2. Індивідуальна продуктивність рослин сої сорту Тенор залежно від інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Аналіз отриманих даних свідчить, що комплексне застосування засобів захисту та інокуляції значною мірою стимулює накопичення маси насіння однією рослиною сорту Тенор. Найбільш ефективною виявилася комбінація протруювача Февер з інокулянтом ХіСтік, що дало змогу досягти показника 3,35 г, який значно перевищує результати варіантів без бактеризації.

Після порівняння біопрепаратів виявлено стійку тенденцію до вищої результативності препарату ХіСтік порівняно з Оптімайзом. Зокрема, за використання Редіго М ці значення становили 3,20 г та 3,08 г, а з Максим Адванс – 3,15 г та 3,04 г відповідно. Необхідно зауважити, що варіант із препаратом Стандак Топ продемонстрував найменший відгук на інокуляцію серед усіх досліджуваних фунгіцидів, показавши цифри, що лише незначно відхиляються від значень контрольної групи. Загалом лінія контролю (без інокулянтів) чітко

ілюструє, що відсутність інокуляції насіння істотно обмежує реалізацію продуктивного потенціалу рослин незалежно від вибраної схеми захисту.

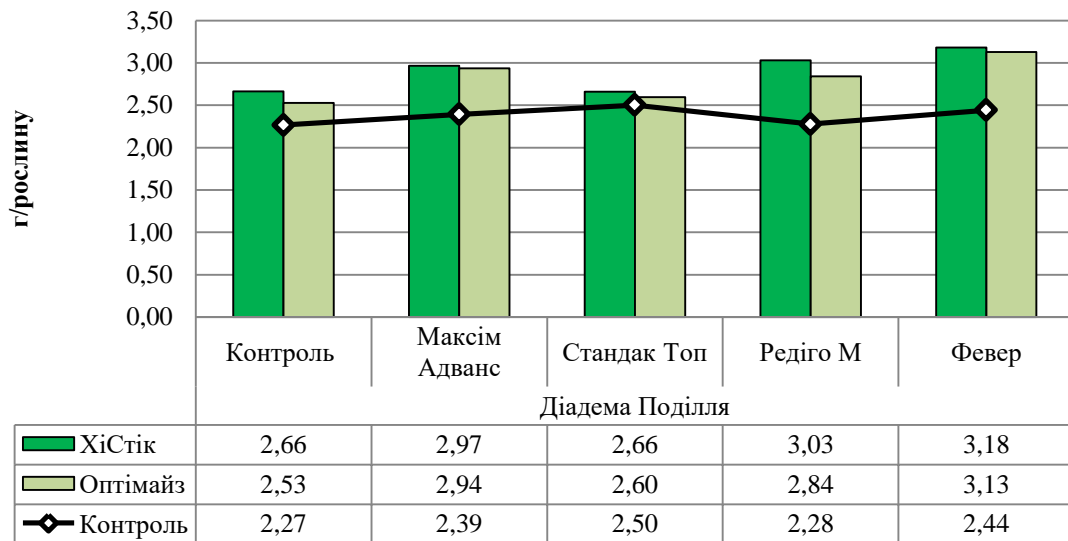


Рис. 4.3. Індивідуальна продуктивність рослин сої сорту Діадема Поділля залежно від інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Тенденція, виявлена на попередніх сортах, зберігається, оскільки комплексне застосування протруювачів та інокулянтів забезпечує стабільний приріст маси насіння з однієї рослини. Першість за цим показником знову належить комбінації препарату Февер з інокулянтом XiСтік, що дозволило отримати 3,18 г насіння з рослини за 2,27 г на абсолютному контролі.

Як і в попередніх випадках, використання XiСтік виявилось результативнішим порівняно з Оптімайз у всіх досліджуваних схемах. Зокрема, у поєднанні з Редіго М маса насіння становила 3,03 г проти 2,84 г, а з Максим Адванс – 2,97 г проти 2,94 г. Слід зазначити, що варіант зі Стандак Топ і тут продемонстрував найменш виражений відгук на інокуляцію, показавши результати (2,60–2,66 г), які лише помірно перевищують значення контрольної лінії. Загалом динаміка графіка підтверджує ключову роль бактеризації, оскільки навіть за використання ефективних протруювачів відсутність інокулянта (чорна лінія) не дає змоги сорту повною мірою реалізувати свій продуктивний потенціал.

Комплексний аналіз факторів впливу на формування індивідуальної продуктивності рослин свідчить, що найбільш потенційним серед досліджуваних генотипів є сорт Кордоба, який забезпечив максимальні показники маси насіння, тоді як Тенор та Діадема Поділля продемонстрували дещо нижчу, проте стабільну реакцію на елементи технології. У розрізі застосування біопрепаратів беззаперечну перевагу на всіх сортах мав інокулянт ХіСтік, що виявився ефективнішим за Оптімайз незалежно від вибраної схеми захисту. Серед фунгіцидних протруювачів найкращу синергію з бактеріальними препаратами продемонстрував Февер, тоді як використання Стандак Топ призвело до найменшого відгуку рослин на інокуляцію, залишаючи показники близькими до значень контрольної лінії. Отже, для досягнення максимального результату оптимальним є поєднання сорту Кордоба з передпосівною обробкою насіння тандемом препаратів Февер та ХіСтік.

Для кількісної оцінки внеску кожного з досліджуваних чинників у формування продуктивності посівів було проведено трифакторний дисперсійний аналіз. Результати розрахунку частки впливу сорту, протруювача та інокулянта на масу насіння з однієї рослини подано на діаграмі (рис. 4.4).

Аналіз структури впливу досліджуваних чинників на формування маси насіння з однієї рослини засвідчив, що найбільша частка варіативності показника зумовлена фактором В (інокулянт), вплив якого становить 27,58 %. Важливу роль відіграє також фактор А (сорт), що визначає 21,23 % загального результату, тоді як внесок фактора С (протруювач) є менш значним і становить 12,02 %.

Серед взаємодій факторів найбільш вагомим є поєднання інокулянта та протруювача (фактор ВС), частка якого досягає 4,88 %, тоді як інші варіанти взаємодії (АВ, АС, АВС) мають мінімальний вплив, що сумарно не перевищує 1 %. Необхідно зауважити, що значна частка впливу (33,50 %) припадає на інші чинники (зокрема, нерегульовані умови зовнішнього середовища), проте сумарна дія досліджуваних антропогенних факторів залишається визначальною у формуванні індивідуальної продуктивності культури.

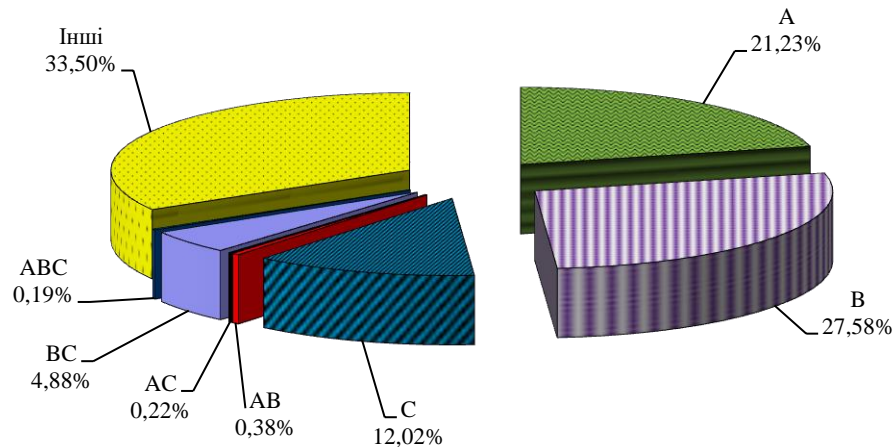


Рис. 4.4. Структура впливу агротехнічних чинників на формування індивідуальної продуктивності рослин сої залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

4.1.2. Формування маси зерна з рослини нуту за впливу факторів дослідження

Формування індивідуальної продуктивності нуту значною мірою залежить від ефективності симбіозу, оскільки ця культура є надзвичайно чутливою до наявності специфічних штамів бактерій у ризосфері. Для оцінки того, як різні схеми передпосівної обробки насіння впливають на реалізацію генетичного потенціалу рослин, було проаналізовано показник маси насіння з однієї рослини. Отримані результати, що відображають реакцію культури на комбіновану дію інокулянтів та фунгіцидних протруювачів, показані на рисунках 4.5–4.6.

Дослідження маси насіння з однієї рослини нуту підтвердило тенденцію, виявлену на попередній культурі: максимальна продуктивність досягається за комплексного поєднання фунгіцидного захисту та інокуляції. Найвищий показник у досліді – 6,29 г – забезпечила комбінація протруювача Февер із інокулянтом Ризолайн, що значно перевищує результат варіанта без обробки (5,24 г).

У розрізі порівняння інокулянтів, то з препаратом Максим Адванс маса насіння становила 5,99 г та 5,47 г відповідно, а з Редіго М – 5,78 г та 5,47 г. Без інокуляції врожайність нуту значно нижча, що доводить критичну важливість активних штамів бактерій.

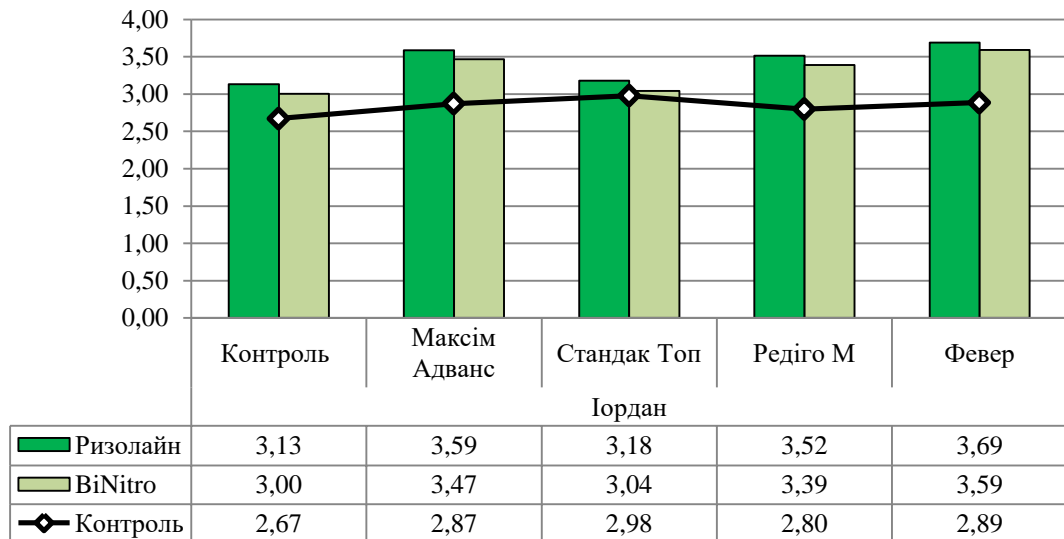


Рис. 4.5. Індивідуальна продуктивність рослин нуту сорту Йордан залежно від інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Для сорту Скарб характерна та сама позитивна динаміка, що була виявлена на попередньому сорті, де поєднання фунгіцидного захисту з інокуляцією істотно підвищує масу насіння з однієї рослини.

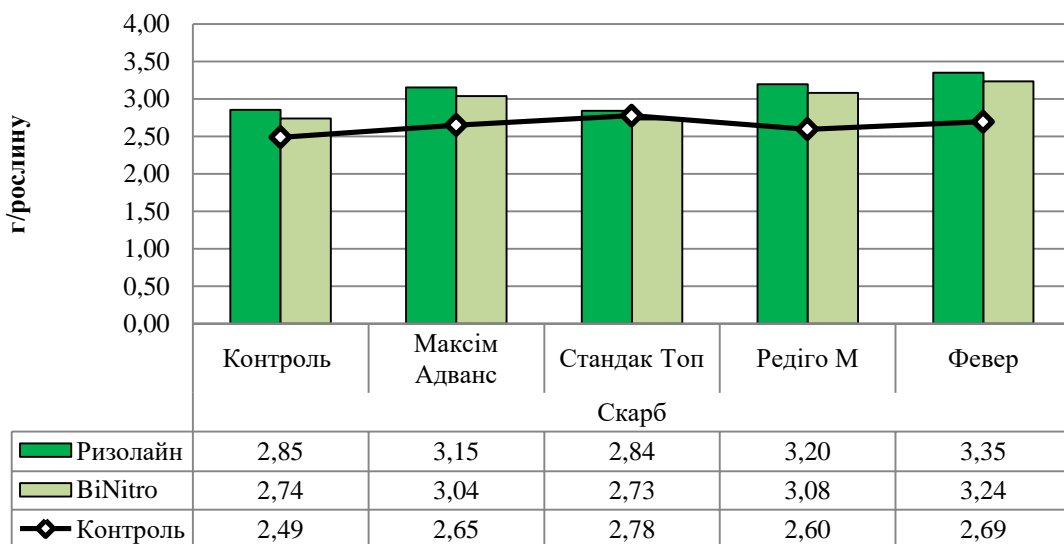


Рис. 4.6. Індивідуальна продуктивність рослин нуту сорту Скарб залежно від інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Максимальний показник індивідуальної продуктивності в досліді досягнуто за використання протруювача Февер у комбінації з інокулянтном Ризолайн – він становив 6,13 г, що на 0,86 г більше за абсолютний контроль (без обробки).

У розрізі порівняння біопрепаратів інокулянт Ризолайн стабільно демонструє кращі результати порівняно з BiNitro у всіх варіантах захисту. Зокрема, із препаратом Редіго М маса насіння становила 5,67 г проти 5,34 г, а з Максим Адванс – 5,91 г проти 5,47 г відповідно. Варто зазначити, що використання Стандак Топ і на цьому сорті виявилось найменш ефективним у поєднанні з інокуляцією, показуючи результати (5,16–5,55 г), що є найближчими до значень контрольної лінії. Загальна тенденція підтверджує, що для сорту Скарб саме бактеризація є ключовим важелем впливу, оскільки без неї навіть застосування сучасних протруювачів не дає змоги підвищити масу насіння з однієї рослини.

Тенденція, виявлена на попередніх сортах, чітко простежується й для сорту Одисей. Найвищий показник маси насіння на одну рослину сорту Одисей зафіксовано у варіанті з використанням протруювача Февер та інокулянта Ризолайн – 6,64 г, що на 1,04 г перевищує показник абсолютного контролю.

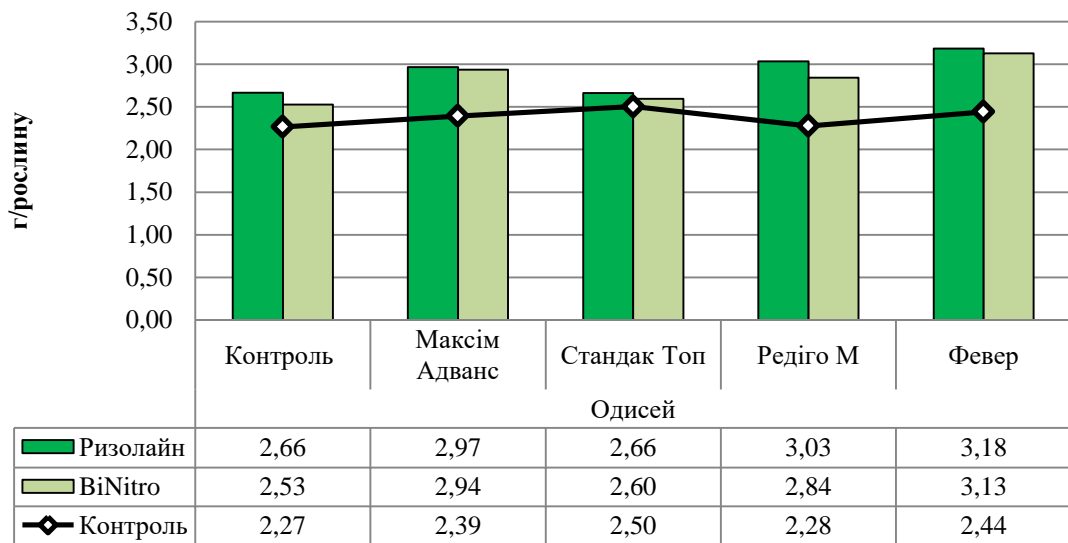


Рис. 4.7. Індивідуальна продуктивність рослин нуту сорту Скарб залежно від інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.), г/рослину

Аналіз впливу інокулянтів показує, що Ризолайн стабільно випереджає BiNitro в усіх комбінаціях із фунгіцидами. Наприклад, у парі з Редіго М маса насіння становила 6,33 г проти 5,95 г, а з Максим Адванс – 6,50 г проти 6,07 г відповідно. Слід звернути увагу на варіант Стандак Топ, де спостерігається

найменший розрив між інокуляцією та контрольною лінією: показники тут коливаються в межах 5,85–6,03 г. Загальна конфігурація графіка підтверджує, що без передпосівної бактеризації (чорна лінія) потенціал сорту Одисей залишається нереалізованим навіть за умови якісного фунгіцидного захисту насіння.

Комплексний аналіз показників нуту засвідчив, що найвищу індивідуальну продуктивність забезпечує сорт Одисей, тоді як Скарб та Іордан демонструють дещо нижчу, проте стабільну реакцію на елементи технології. Визначальним фактором успіху на всіх сортах став інокулянт Ризолайн, який за ефективністю стабільно випереджав BiNitro. Серед протруювачів найкращу синергію з бактеризацією продемонстрував Февер, тоді як використання Стандак Топ призвело до мінімальних надбавок порівняно з контролем. Тож оптимальною для культури є комбінація сорту Одисей із передпосівною обробкою насіння Февер + Ризолайн.

Для визначення ролі кожного досліджуваного чинника у формуванні врожаю було проведено трифакторний дисперсійний аналіз. Кількісний розподіл внеску сорту, інокулянта та протруювача в індивідуальну продуктивність нуту показано на діаграмі 4.8.

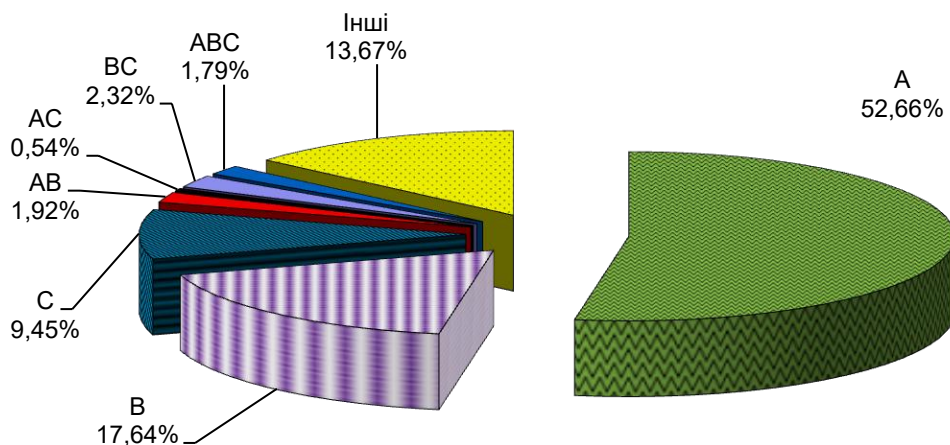


Рис. 4.8. Структура впливу агротехнічних чинників на формування індивідуальної продуктивності рослин нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Згідно з результатами аналізу основним чинником впливу на масу насіння з однієї рослини нуту є фактор А (сорт), частка якого становить 52,66 %. Це свідчить про те, що індивідуальна продуктивність культури більшою мірою визначається її генетичним потенціалом. Вагомим залишається також внесок фактора В (інокулянт) на рівні 17,64 %, тоді як вплив фактора С (протруювач) є менш вираженим і становить 9,45 %.

Частки взаємодії факторів (АВ, АС, ВС та АВС) є незначними й варіюють у межах 0,54–2,32 %, що підтверджує відносну автономність дії основних чинників. Показник впливу умов року становить 13,67 %, що підтверджує високу математичну достовірність дослідів та визначальну роль саме антропогенних факторів (сортів та технологій) у формуванні продуктивності нуту.

4.2. Формування врожайності насіння сої та нуту залежно від елементів технології вирощування

Ключовою метою вирощування сільськогосподарських культур є стабільне забезпечення людства якісною продукцією, а рівень урожайності є головним індикатором ефективності аграрного виробництва [3]. Формування високої продуктивності сої та нуту базується на складній взаємодії генетичного потенціалу сорту, вибраної технології та мінливих гідротермічних умов [6]. Провідна роль у цьому процесі належить оптимізації передпосівної підготовки насіння, зокрема поєднанню інокуляції та фунгіцидного захисту, що ініціює симбіотичну активність на ранніх етапах розвитку [1]. Оскільки реакція бобових культур на ці заходи має специфічний характер у різних ґрунтово-кліматичних зонах, детальне вивчення синергії сортових особливостей та засобів обробки насіння є дуже важливим для розроблення адаптивних регіональних технологій.

4.2.1. Продуктивність сортів сої за передпосівної інокуляції та протруювання насіння

Для узагальнення отриманих даних та проведення комплексної оцінки ефективності досліджуваних чинників було проаналізовано рівень урожайності

насіння. Оскільки індивідуальна продуктивність окремої рослини є базовим складником формування загального збору культури, важливо простежити, як виявлені закономірності впливу сорту, інокулянта та протруювача трансформуються у кінцеву врожайність з одиниці площі. Оцінка цього показника дає змогу не лише встановити фактичну результативність кожної з досліджуваних комбінацій, а й математично обґрунтувати доцільність їх впровадження у виробничий процес. Визначення кількісних параметрів врожайності є фінальним етапом аналізу, що підтверджує стійкість виявлених фізіологічних тенденцій у конкретних агрокліматичних умовах (табл. 4.1.)

На основі наведених даних (табл. 4.1) проведено аналіз урожайності сої, який підтвердив високу ефективність комплексного підходу до передпосівної підготовки насіння. Установлено, що серед досліджуваних сортів найбільш продуктивним виявився сорт Кордоба, середній показник урожайності якого за фактором А становив 2,77 т/га, що на 0,25–0,43 т/га вище порівняно з сортами Тенор (2,52 т/га) та Діадема Поділля (2,34 т/га).

Аналіз фактора В (інокуляція) засвідчив беззаперечну перевагу препарату ХіСтік, застосування якого дало змогу отримати середню врожайність на рівні 2,72 т/га. Інокулянт Оптімайз показав дещо нижчу результативність (2,63 т/га), проте обидва біопрепарати забезпечили значну прибавку порівняно з безінокуляційним контролем (2,28 т/га).

Результати дисперсійного аналізу свідчать, що провідна роль у формуванні врожайності насіння сої належить фактору В (інокулянт), частка впливу якого становить 25,71 %. Це підтверджує високу залежність культури від ефективності симбіотичного апарату. Істотний внесок у загальну варіабельність показника має також фактор А (сорт) – 21,57 %, що свідчить про важливість генетичного потенціалу вибраних генотипів. Вплив фактора С (протруювач) становить 11,99 %.

У розрізі фунгіцидного захисту (фактор С) лідером став протруювач Февер, використання якого забезпечило середній показник 2,72 т/га.

Таблиця 4.1.

Сортові особливості формування врожайності сої залежно від комплексної передпосівної обробки насіння, т/га

Сорт (фактор А)	Інокуляція (фактор Б)	Протруйник (фактор С)	Урожайність, т/га			Середнє		
			2020	2021	2022	фактор А	фактор В	фактор С
Кордоба	Контроль	контроль	2,38	2,14	2,45	2,77	2,28	2,35
		Максим Адванс	2,51	2,25	2,73			2,61
		Стандак Топ	2,62	2,31	2,84			2,44
		Редіго М	2,47	2,29	2,54			2,58
		Февер	2,58	2,21	2,74			2,72
	ХіСтік	контроль	2,86	2,48	2,83		2,72	
		Максим Адванс	3,43	2,69	3,24			
		Стандак Топ	2,87	2,45	2,97			
		Редіго М	3,35	2,66	3,16			
		Февер	3,49	2,80	3,34			
	Оптімайз	контроль	2,74	2,38	2,71		2,63	
		Максим Адванс	3,32	2,61	3,11			
		Стандак Топ	2,71	2,43	2,80			
		Редіго М	3,26	2,57	3,01			
		Февер	3,38	2,74	3,25			
Тенор	Контроль	контроль	2,23	1,99	2,27	2,52		
		Максим Адванс	2,31	2,09	2,51			
		Стандак Топ	2,46	2,15	2,63			
		Редіго М	2,33	2,11	2,33			
		Февер	2,41	2,05	2,57			
	ХіСтік	контроль	2,58	2,23	2,63			
		Максим Адванс	2,93	2,36	2,93			
		Стандак Топ	2,54	2,19	2,68			
		Редіго М	3,04	2,39	2,91			
		Февер	3,16	2,54	3,04			
	Оптімайз	контроль	2,48	2,13	2,53			
		Максим Адванс	2,83	2,26	2,83			
		Стандак Топ	2,44	2,09	2,58			
		Редіго М	2,94	2,29	2,81			
		Февер	3,06	2,44	2,94			
Діадема Поділля	Контроль	контроль	2,03	1,84	2,04	2,34		
		Максим Адванс	2,11	1,87	2,26			
		Стандак Топ	2,26	1,88	2,39			
		Редіго М	2,08	1,72	2,14			
		Февер	2,14	1,86	2,37			
	ХіСтік	контроль	2,40	2,06	2,49			
		Максим Адванс	2,76	2,20	2,78			
		Стандак Топ	2,37	2,03	2,54			
		Редіго М	2,90	2,25	2,76			
		Февер	3,00	2,41	2,89			
	Оптімайз	контроль	2,31	2,03	2,25			
		Максим Адванс	2,84	2,18	2,64			
		Стандак Топ	2,32	2,09	2,36			
		Редіго М	2,77	2,14	2,50			
		Февер	2,94	2,43	2,79			

НІР₀₅ для фактора АВС = 0,12

Найвищий рівень урожайності в експерименті зафіксовано у варіанті поєднання сорту Кордоба з інокулянтом ХіСтік та протруювачем Февер, де показник у 2020 році сягнув 3,49 т/га, а середній за три роки становив 3,21 т/га. Натомість використання Стандак Топ стабільно демонструвало нижчу синергію з інокулянтами, що підтверджується результатами, близькими до контрольних значень. Розраховане значення HP_{05} (0,12) показує статистичну достовірність різниці між варіантами дослідів.

Для глибшого розуміння закономірностей формування врожайності насіння сої та визначення ступеня впливу кожного з досліджуваних чинників було проведено математично-статистичну обробку даних. Оскільки отримані показники продуктивності (табл. 4.1) демонструють значну варіабельність залежно від поєднання сорту, препарату для інокуляції та фунгіцидного захисту, виникла необхідність чітко розмежувати частку участі кожного фактора в загальному результаті. Такий підхід дає змогу виявити найбільш вагомі важелі впливу на врожайність та обґрунтувати доцільність вибору конкретних елементів технології. Результати дисперсійного аналізу, що відображають кількісний розподіл впливу досліджуваних факторів та їх взаємодії, наведено на рисунку 4.9.

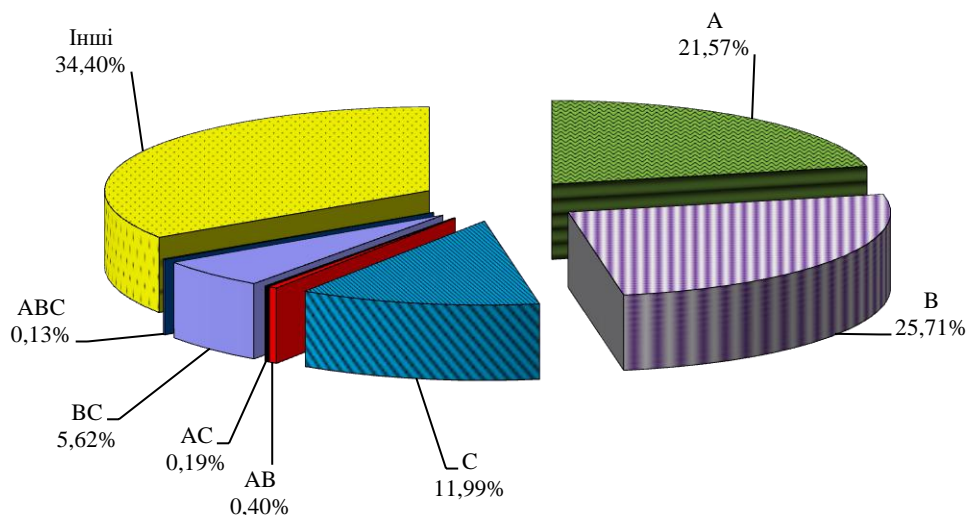


Рис. 4.9. Структура впливу агротехнічних чинників на формування врожаю зерна сої залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

З огляду на взаємодію чинників найбільш вагомим виявилось поєднання інокулянта та протруювача (фактор ВС) з часткою впливу 5,62 %, що підкреслює позитивну синергію між захистом насіння та бактеризацією. Внесок інших варіантів взаємодії (АВ, АС, АВС) є мінімальним і не перевищує 1 %. Понад 65 % варіабельності врожайності зумовлено досліджуваними антропогенними чинниками, що підтверджує високу ефективність вибраних елементів технології навіть за значного впливу нерегульованих факторів (34,40 %).

4.2.2. Урожайність сортів нуту залежно від комплексної передпосівної обробки

Аналіз отриманих результатів дає можливість простежити трансформацію біометричних показників у кінцеву продуктивність та визначити ступінь адаптивності кожного сорту до комбінованої дії препаратів. Такий комплексний підхід є необхідним для формування обґрунтованих рекомендацій щодо вибору найбільш ефективних поєднань інокулянтів та протруювачів у сучасних сівозмінах. Результати обліку врожайності насіння сортів нуту залежно від варіантів обробки наведено в таблиці 4.2.

Проведений аналіз урожайності насіння нуту підтвердив значну залежність продуктивності культури від генетичних особливостей та якості передпосівної обробки. Серед досліджуваних генотипів найбільш урожайним виявився сорт Одисей, середній показник якого за фактором А становив 2,36 т/га, що перевищує результати сортів Йордан (2,17 т/га) та Скарб (2,12 т/га).

Оцінка фактора Б (інокуляція) продемонструвала високу ефективність препарату Ризолайн, застосування якого забезпечило середню врожайність на рівні 2,34 т/га. Інокулянт ViNitro показав нижчі результати (2,19 т/га), проте обидва біопрепарати значно випередили безінокуляційний контроль (2,11 т/га), де відсутність специфічних бактерій лімітувала розвиток рослин. У розрізі фунгіцидного захисту (фактор С) лідером став протруювач Февер, використання якого забезпечило середній показник 2,33 т/га.

Таблиця 4.2

Сортові особливості формування врожайності нуту залежно від комплексної передпосівної обробки насіння, т/га

Сорт (фактор А)	Інокуляція (фактор Б)	Протруйник (фактор С)	Урожайність, т/га			Середнє		
			2020	2021	2022	фактор А	фактор В	фактор С
Йордан	Контроль	контроль	2,01	2,14	1,99	2,17	2,11	2,15
		Максим Адванс	2,03	2,12	1,96			2,23
		Стандак Топ	2,06	2,18	2,02			2,17
		Редіго М	2,03	2,07	1,99			2,19
		Февер	2,11	2,22	2,10			2,33
	Ризолайн	контроль	2,15	2,33	2,11		2,34	
		Максим Адванс	2,33	2,46	2,24			
		Стандак Топ	2,16	2,31	2,14			
		Редіго М	2,24	2,33	2,18			
		Февер	2,46	2,58	2,31			
	BiNitro	контроль	2,04	2,22	1,94		2,19	
		Максим Адванс	2,18	2,29	2,04			
		Стандак Топ	2,02	2,18	2,09			
		Редіго М	2,17	2,23	2,03			
		Февер	2,27	2,34	2,18			
Скарб	Контроль	контроль	1,97	2,12	1,88	2,12		
		Максим Адванс	1,98	2,09	1,91			
		Стандак Топ	2,04	2,18	1,97			
		Редіго М	1,95	2,07	1,93			
		Февер	2,07	2,17	1,99			
	Ризолайн	контроль	2,10	2,24	2,07			
		Максим Адванс	2,31	2,36	2,19			
		Стандак Топ	2,11	2,29	2,11			
		Редіго М	2,26	2,31	2,15			
		Февер	2,39	2,47	2,27			
	BiNitro	контроль	2,04	2,14	1,94			
		Максим Адванс	2,15	2,23	2,03			
		Стандак Топ	1,98	2,07	1,98			
		Редіго М	2,06	2,17	2,01			
		Февер	2,20	2,28	2,14			
Одисей	Контроль	контроль	2,19	2,31	2,10	2,36		
		Максим Адванс	2,21	2,29	2,15			
		Стандак Топ	2,25	2,37	2,20			
		Редіго М	2,20	2,24	2,16			
		Февер	2,29	2,41	2,29			
	Ризолайн	контроль	2,34	2,53	2,29			
		Максим Адванс	2,58	2,68	2,43			
		Стандак Топ	2,33	2,51	2,33			
		Редіго М	2,47	2,53	2,37			
		Февер	2,63	2,72	2,50			
	BiNitro	контроль	2,24	2,41	2,17			
		Максим Адванс	2,37	2,47	2,25			
		Стандак Топ	2,20	2,35	2,21			
		Редіго М	2,34	2,41	2,22			
		Февер	2,49	2,58	2,37			

НІР₀₅ для фактора АВС = 0,04

Максимальний рівень урожайності в експерименті зафіксовано у варіанті поєднання сорту Одисей з інокулянтном Ризолайн та протруювачем Февер, де показник у 2021 році сягнув 2,72 т/га, а середній за роки досліджень становив 2,62 т/га. Як і у випадку із соєю, поєднання зі Стандак Топ виявилось найменш продуктивним серед усіх схем із бактеризацією. Отримане значення HP_{05} (0,04) підтверджує високу статистичну достовірність різниці між варіантами, що є підставою рекомендувати комбінацію «Февер + Ризолайн» як найбільш ефективну для сучасних сортів нуту.

Для оцінки впливу кожного чинника на формування врожаю нуту було проведено дисперсійний аналіз. Математична обробка даних дозволила розмежувати генетичний внесок сорту та технологічний ефект від застосування препаратів. Це необхідно для виділення найбільш вагомих елементів технології, що забезпечують стабільну продуктивність культури. Результати розподілу часток впливу факторів на врожайність нуту наведено на рисунку 4.10.

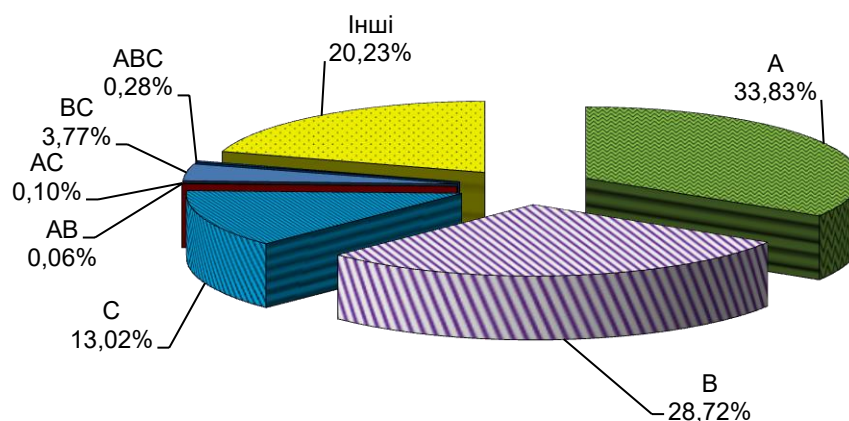


Рис. 4.10. Структура впливу агротехнічних чинників на формування врожаю зерна нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Визначальну роль у формуванні врожайності насіння нуту відіграє фактор А (сорт), частка впливу якого становить 33,83 %. Це свідчить про те, що генетичний потенціал вибраного генотипу є базовою умовою отримання високого збору продукції. Значний внесок у загальний результат забезпечує також фактор В

(інокулянт), його частка становить 28,72 %, що підтверджує високу чутливість культури до ефективності симбіотичної азотфіксації. Частка впливу фактора С (протруювач) становить 13,02 %, підкреслюючи важливість фунгіцидного захисту на початкових етапах розвитку рослин.

З огляду на взаємодію чинників найбільш значущим є поєднання інокулянта та протруювача (3,77 %). Майже 80 % варіабельності врожаю зумовлено керованими антропогенними факторами, що показує високу ефективність оптимізації технології вирощування навіть за значного впливу умов року (20,23 %).

4.3. Показники якості та технологічні властивості насіння сої й нуту залежно від сортових особливостей та комплексної передпосівної обробки

Якість отриманої продукції оцінюється через комплекс показників, до яких входять фізичні параметри зерна та його біохімічний склад, де визначальну роль відіграє вміст білка та олії. У сучасних наукових дослідженнях маса 1 000 насінин розглядається як фундаментальний індикатор кондиційності посівного матеріалу [5]. Цей показник є прямим свідченням біологічної повноцінності насіння: висока маса підтверджує його зрілість та виповненість, що забезпечує кращу життєздатність зародка та вищу енергію проростання в майбутніх циклах відтворення [6].

Особливе значення для бобових культур має рівень накопичення сирого протеїну та жиру, оскільки саме ці компоненти визначають поживну цінність врожаю як харчового та кормового ресурсу. Вміст білка є ключовим показником успішної азотфіксації, тоді як рівень олійності характеризує енергетичну цінність насіння та особливості сортового метаболізму. Аналіз цих параметрів дає змогу оцінити технологічну придатність зерна для переробної промисловості, де баланс між протеїновою продуктивністю та вмістом жиру є пріоритетним критерієм якості сировини.

4.3.1. Фізичні та біохімічні показники якості насіння сої за дії досліджуваних чинників

Для оцінки насінневої цінності та фізичного стану врожаю було проаналізовано масу 1 000 насінин. Цей показник є ключовим індикатором виповненості та біологічної зрілості зерна, що безпосередньо залежить від умов живлення рослин у період наливу. Порівняння маси насіння за різних схем обробки дає змогу визначити вплив інокуляції та захисних засобів на формування якісного посівного матеріалу з високим запасом поживних речовин. Результати вимірювання маси 1 000 насінин сортів сої наведені в таблиці 4.3.

Аналіз маси 1 000 насінин сої підтвердив істотний вплив передпосівної обробки на фізичні показники зерна. Установлено, що найбільш крупнонасінним серед досліджуваних генотипів є сорт Тенор, середній показник якого за фактором А становив 219,57 г, що значно перевищує результати сортів Діадема Поділля (199,68 г) та Кордоба (194,38 г).

Оцінення фактора Б (інокуляція) виявило, що застосування препарату ХіСтік забезпечує формування найбільшої маси 1 000 насінин, що у середньому 216,06 г. Інокулянт Оптімайз також сприяв поліпшенню виповненості зерна (210,65 г) порівняно з безінокуляційним контролем (186,91 г). У розрізі фунгіцидного захисту (фактор С) максимальні значення зафіксовано за використання протруювача Февер (середнє – 212,04 г) та препарату Максим Адванс (209,22 г).

Найвищий показник маси 1 000 насінин у досліді зафіксовано у варіанті сорту Тенор за поєднання інокулянта ХіСтік та протруювача Февер, у 2020 році він сягнув 259,21 г. Натомість найменш виражений вплив на масу насіння на всіх сортах продемонстрував Стандак Топ. Значення HR_{05} (7,83) підтверджує достовірність отриманих результатів.

Для глибшого аналізу отриманих результатів було проведено математичне оцінювання внеску кожного з факторів у варіабельність маси 1 000 насінин. Це дало змогу встановити ступінь залежності крупності зерна від генетичних особливостей сорту та технологічного впливу препаратів (рис. 4.11).

Таблиця 4.3.

Сортові особливості формування маси 1 000 насінин сої залежно від комплексної передпосівної обробки, г

Сорт (фактор А)	Інокуляція (фактор Б)	Протруйник (фактор С)	Маса 1 000, г			Середнє		
			2020	2021	2022	фактор А	фактор В	фактор С
Кордоба	Контроль	контроль	180,50	165,90	170,50	194,38	186,91	195,47
		Максим Адванс	189,53	167,56	175,62			209,22
		Стандак Топ	191,33	172,54	179,03			198,65
		Редіго М	180,50	164,24	170,50			207,32
		Февер	187,72	164,24	184,14			212,04
	ХіСтік	контроль	207,58	179,17	189,26		216,06	
		Максим Адванс	232,85	200,74	213,13			
		Стандак Топ	231,04	180,83	197,78			
		Редіго М	231,04	197,42	209,72			
		Февер	236,46	194,10	209,72			
	Оптімайз	контроль	198,55	177,51	182,44		210,65	
		Максим Адванс	225,63	194,10	201,19			
		Стандак Топ	196,75	174,20	182,44			
		Редіго М	229,24	190,79	201,19			
		Февер	231,04	194,10	213,13			
	Тенор	Контроль	контроль	204,10	190,10		196,80	219,57
			Максим Адванс	204,90	192,00		210,58	
			Стандак Топ	216,35	197,70		218,45	
Редіго М			210,22	192,00	194,83			
Февер			212,26	188,20	212,54			
ХіСтік		контроль	226,55	205,31	218,45			
		Максим Адванс	257,17	216,71	244,03			
		Стандак Топ	222,47	201,51	222,38			
		Редіго М	255,13	218,62	242,06			
		Февер	259,21	228,12	253,87			
Оптімайз		контроль	218,39	195,80	210,58			
		Максим Адванс	249,00	207,21	236,16			
		Стандак Топ	214,31	192,00	214,51			
		Редіго М	259,21	209,11	234,19			
		Февер	257,17	224,32	246,00			
Діадема Поділля	Контроль	контроль	185,50	174,10	179,90	199,68		
		Максим Адванс	191,07	170,62	183,50			
		Стандак Топ	198,49	170,62	201,49			
		Редіго М	183,65	154,95	176,30			
		Февер	187,36	168,88	199,69			
	ХіСтік	Контроль	209,62	188,03	210,48			
		Максим Адванс	224,46	194,99	214,08			
		Стандак Топ	207,76	184,55	215,88			
		Редіго М	231,88	200,22	217,68			
		Февер	230,02	198,47	212,28			
	Оптімайз	контроль	237,44	184,55	190,69			
		Максим Адванс	239,30	193,25	219,48			
		Стандак Топ	202,20	182,81	194,29			
		Редіго М	237,44	193,25	212,28			
		Февер	231,88	193,25	206,89			

НІР₀₅ для фактора АВС = 7,83

Згідно з результатами математично-статистичної обробки даних встановлено, що основним чинником впливу на формування маси 1 000 насінин сої є фактор В (інокулянт), частка якого становить 30,18 %. Це підтверджує, що якість наливу зерна та його фізична виповненість насамперед залежать від ефективності функціонування симбіотичного апарату. Значний внесок у загальну варіабельність показника має також фактор А (сорт) – 22,94 %, що відображає генетичний потенціал вибраних генотипів щодо формування крупного насіння. Роль фактора С (протруювач) у забезпеченні маси зерна становить 7,66 %.

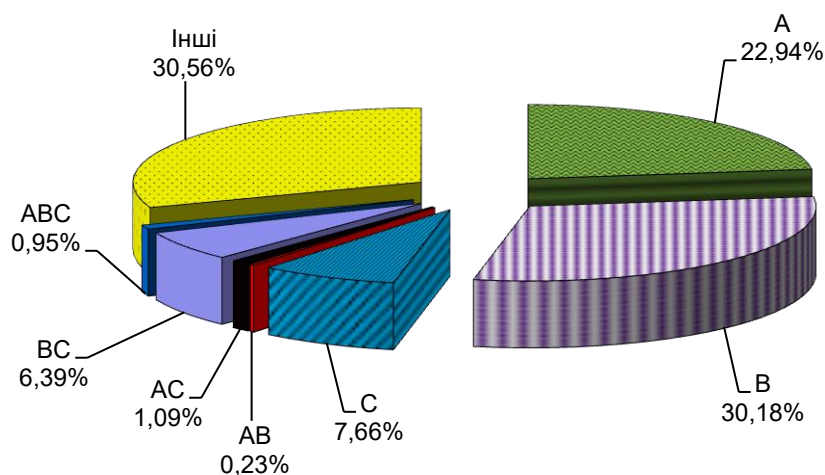


Рис. 4.11. Структура впливу агротехнічних чинників на формування маси 1 000 зернин сої залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

З огляду на взаємодію чинників найбільш значущим виявилось поєднання інокулянта та протруювача (фактор ВС) з часткою впливу 6,39 %, що свідчить про наявність позитивної синергії між засобами захисту та біопрепаратами. Інші варіанти взаємодії (АС, АВС, АВ) мають мінімальний внесок, що сумарно становить лише 2,27 %. Частка нерегульованих факторів («інші») у структурі дисперсії становить 30,56 %. Отже, майже 70 % варіабельності фізичних показників зерна сої визначається керованими технологічними заходами, де переважає поєднання сортових особливостей із передпосівною інокуляцією.

Аналіз вмісту сирого білка дає змогу оцінити поживну цінність урожаю та ефективність азотфіксації під впливом досліджуваних чинників (табл. 4.4).

Таблиця 4.4.

Вміст білка в насінні сортів сої залежно від передпосівної інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.)%

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)			Середнє	
		Контроль	ХіСтік	Оптімайз	фактор А	фактор С
Кордоба	контроль	38,64	39,85	41,08	39,83	40,42
	Максим Адванс	38,47	38,91	41,15		40,27
	Стандак Топ	40,04	39,41	40,42		40,66
	Редіго М	38,90	39,99	39,44		40,22
	Февер	39,70	40,86	40,60		40,59
Тенор	контроль	39,31	40,54	41,27	40,50	
	Максим Адванс	39,45	40,41	41,00		
	Стандак Топ	39,73	41,39	40,35		
	Редіго М	39,59	41,58	40,52		
	Февер	39,64	41,54	41,13		
Діадема Поділля	контроль	40,91	41,96	40,26	40,97	
	Максим Адванс	40,76	41,54	40,78		
	Стандак Топ	41,27	41,02	42,31		
	Редіго М	40,45	40,42	41,06		
	Февер	40,80	41,15	39,86		
	За фактором В	39,84	40,70	40,75		
HP ₀₅ ABC = 0,75						

Водночас накопичення сирого білка в насінні сої демонструє, що серед досліджуваних генотипів найбільшу білковість сформував сорт Діадема Поділля із середнім показником 40,97 %, що перевищує результати сортів Тенор (40,50 %) та Кордоба (39,83 %).

За фактором В (інокуляція) виявлена тенденція, що використання біопрепаратів сприяє зростанню вмісту протеїну порівняно з безінокуляційним контролем (39,84 %). Найвищу результативність продемонстрували інокулянти Оптімайз (40,75 %) та ХіСтік (40,70 %), показники яких перебувають у межах статистичної похибки один від одного. У розрізі фунгіцидного захисту (фактор С) найстабільніші результати зафіксовано за використання протруювачів Стандак Топ (40,66 %) та Февер (40,59 %).

Отже, найвищий вміст білка в експерименті зафіксовано в сорту Діадема Поділля за поєднання протруювача Стандак Топ та інокулянта Оптімайз, де показник сягнув 42,31 %. Значення NP_{05} (0,75) підтверджує достовірність отриманих результатів. Загальна тенденція свідчить про те, що бактеризація насіння є ефективним інструментом підвищення якості зерна сої, забезпечуючи стабільний приріст вмісту білка незалежно від вибраного фунгіциду.

Кількісний розподіл часток впливу факторів на вміст сирого білка в насінні сої наведено на рисунку 4.12.

Формування вмісту сирого протеїну в рослинах нуту значною мірою залежить від генетичних особливостей сорту (16,68 %) та ефективності інокуляції (13,26 %). Вплив протруювача як окремого фактора є мінімальним і становить лише 2,25 %.

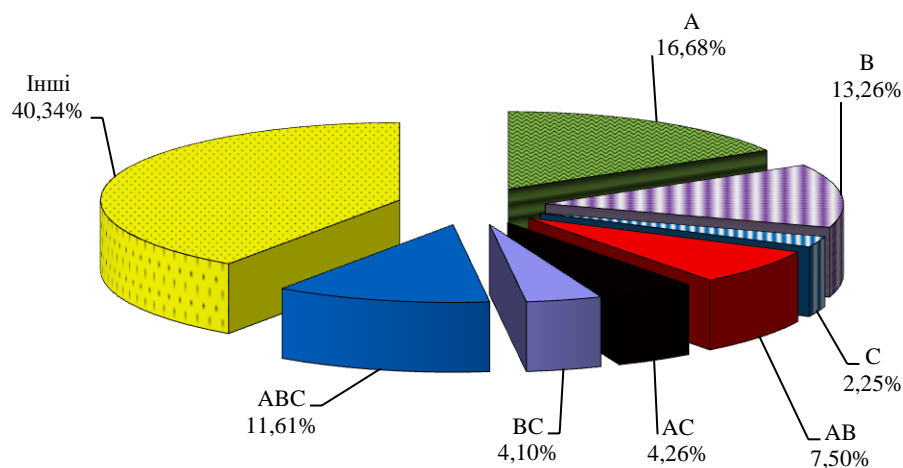


Рис. 4.12. Структура впливу агротехнічних чинників на формування вмісту білка залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Характерною особливістю цієї культури є вагомий внесок взаємодії чинників. Зокрема, поєднання сорту та інокулянта (фактор AB) визначає 7,50 % варіабельності, а комплексна взаємодія всіх трьох факторів (ABC) досягає 11,61 %. Це показує складну залежність біохімічних показників зерна від того, наскільки вдало підібрано інокулянт та захист під конкретний генотип. Частка нерегульованих факторів («інші») є досить високою й становить 40,34 %, проте

сумарний вплив технологічних заходів домінує у процесі формування вмісту сирого білка.

Аналіз вмісту жиру дає змогу оцінити енергетичну цінність насіння сої та особливості сортового метаболізму під впливом вибраних елементів технології (табл. 4.5). Вивчення цього показника є необхідним для визначення технологічної придатності врожаю та встановлення характеру його взаємозв'язку з іншими якісними параметрами зерна.

Таблиця 4.5

Вміст олії в насінні сортів сої залежно від передпосівної інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.)%

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)			Середнє	
		Контроль	ХіСтік	Оптімайз	фактор А	фактор С
Кордоба	контроль	19,08	20,03	19,29	19,61	19,12
	Максим Адванс	19,23	19,93	19,09		19,26
	Стандак Топ	19,48	20,06	19,45		19,42
	Редіго М	19,84	19,83	19,84		19,31
	Февер	19,46	19,90	19,63		19,38
Тенор	контроль	18,86	19,04	19,11	19,39	
	Максим Адванс	19,12	19,96	19,38		
	Стандак Топ	19,74	19,64	19,67		
	Редіго М	18,97	19,21	19,70		
	Февер	19,57	19,17	19,75		
Діадема Поділля	контроль	18,41	19,28	18,99	18,89	
	Максим Адванс	18,75	19,02	18,89		
	Стандак Топ	18,82	18,98	18,90		
	Редіго М	18,24	18,96	19,19		
	Февер	19,03	18,86	19,06		
	За фактором В	19,11	19,46	19,33		
НІР05 для фактора АВС= 0,35						

Аналіз таблиці дозволив зробити такі висновки, що вміст жиру в насінні сої найбільшою мірою залежав від генетичних особливостей культури. Лідером за цим показником виявився сорт Кордоба із середнім значенням 19,61 %, тоді як у

сортів Тенор та Діадема Поділля цей параметр становив 19,39 % та 18,89 % відповідно.

Аналіз фактора Б (інокуляція) засвідчив позитивний вплив передпосівної бактеризації на накопичення олії. Найкращий результат отримано за використання інокулянта ХіСтік, де середній вміст жиру становив 19,46 %, що перевищує показники інокулянта Оптімайз (19,33 %) та безінокуляційного контролю (19,11 %). Серед протруювачів (фактор С) відносно вищу стабільність олійності забезпечив Стандак Топ із середнім значенням 19,42 %.

Найвищий вміст жиру в досліді зафіксовано в сорту Кордоба за поєднання протруювача Стандак Топ та інокулянта ХіСтік, де показник сягнув 20,06 %. Загальна тенденція показує, що вміст жиру є більш стабільною ознакою порівняно з білком, проте грамотне поєднання сорту та інокуляції дає змогу досягати максимальних значень енергетичної цінності зерна.

Для визначення ступеня залежності олійності насіння від умов вирощування проведено математичну оцінку частки впливу кожного з досліджуваних чинників. Розподіл часток впливу факторів на вміст жиру показано на рисунку 4.13.

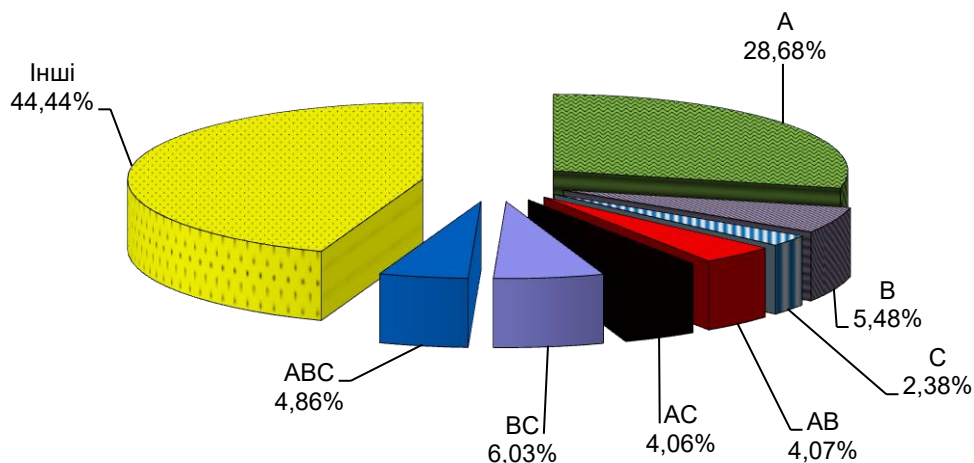


Рис. 4.13. Структура впливу агротехнічних чинників на формування вмісту білка залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Результати дисперсійного аналізу свідчать, що визначальним чинником у формуванні олійності насіння сої є фактор А (сорт), частка впливу якого

становить 28,68 %. Це підтверджує, що накопичення жиру є генетично зумовленою ознакою, яка значною мірою залежить від особливостей вибраного генотипу. Вплив фактора В (інокулянт) та фактора С (протруювач) як окремих чинників є менш вираженим і становить 5,48 % та 2,38 % відповідно.

Характерною особливістю для цього показника є значна роль взаємодії факторів. Зокрема, поєднання інокулянта та протруювача (фактор ВС) визначає 6,03 % варіабельності, а взаємодії сорту з іншими компонентами (АВ та АС) – близько 4 % кожна. Комплексна дія всіх трьох чинників (АВС) становить 4,86 %. Варто зауважити, що на показник вмісту жиру істотно впливають зовнішні умови («інші»), частка яких досягає 44,44 %. Проте сумарний внесок керованих факторів перевищує 55 %, що дозволяє коригувати якість врожаю через правильний підбір сорту та засобів передпосівної обробки.

Для візуалізації комплексного взаємозв'язку між фізичними та біохімічними параметрами якості насіння сої було побудовано тривимірну модель поверхні відгуку (рис. 4.14), що відображає залежність маси 1 000 насінин від вмісту білка та олії.

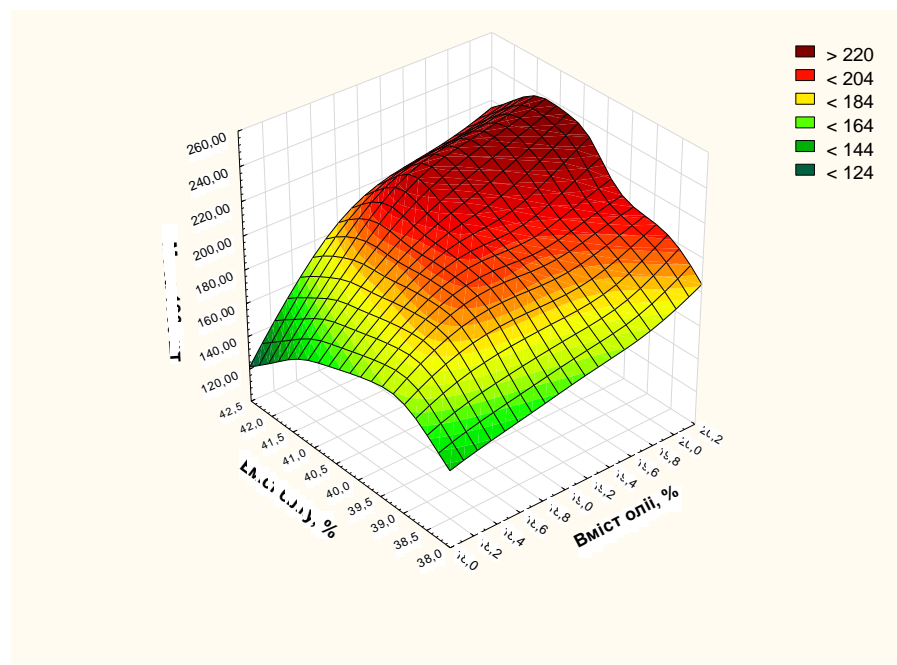


Рис. 4.14. Тривимірна модель поверхні відгуку взаємозв'язку фізичних та біохімічних показників якості насіння сої

Графічний аналіз продемонстрував нелінійний характер взаємодії цих показників, де найбільш виражена зона оптимуму (червоний сектор, маса понад 220 г) відповідає середнім значенням вмісту білка в межах 40,0–41,0 % та високим показникам олійності на рівні 19,4–20,0 %.

Характер вигину поверхні свідчить про наявність фізіологічного балансу в метаболізмі насіння: за надмірного зростання частки протеїну понад 41,5 % спостерігається тенденція до певного зниження маси 1 000 насінин, тоді як показник олійності демонструє вищу стабільність у широкому діапазоні виповненості зерна. Побудована модель підтверджує, що застосування інтенсивних технологічних заходів, зокрема інокуляції та ефективного фунгіцидного захисту, дає змогу досягти стабільного поєднання високих фізичних кондицій насіння з його біохімічною цінністю, що на графіку показано у вигляді розлогого плато максимальних значень.

4.3.2. Технологічні властивості та хімічний склад насіння нуту залежно від елементів технології вирощування

Фізичні характеристики зерна нуту є визначальними для його товарної класифікації та насінневої придатності. Маса 1 000 насінин у цієї культури є індикатором не лише виповненості, а й загальної адаптивності сорту до умов вирощування та ефективності споживання поживних речовин. Порівняльний аналіз цього показника дає змогу оцінити, як саме передпосівна обробка насіння впливає на процес формування маси зерна (табл. 4. 6).

Установлено, що маса 1 000 насінин нуту істотно варіювала під впливом усіх досліджуваних чинників. Серед генотипів найбільш крупнонасінним виявився сорт Скарб, середній показник якого за фактором А становив 355,18 г, що значно перевищує результати сортів Іордан (321,13 г) та Одисей (319,52 г).

Аналіз фактора Б (інокуляція) підтвердив ключову роль бактеризації у формуванні виповненого зерна. Найвищу ефективність продемонстрував інокулянт Ризолайн, його застосування забезпечило середню масу 350,78 г, тоді як використання ViNitro дало показник 329,08 г за 315,99 г на контролі.

Таблиця 4.6

Сортові особливості формування маси 1 000 насінин нуту залежно від комплексної передпосівної обробки насіння, г

Сорт (фактор А)	Інокуляція (фактор Б)	Протруйник (фактор С)	Маса 1 000, г			Середнє		
			2020	2021	2022	фактор А	фактор В	фактор С
Гордан	Контроль	контроль	302,90	312,60	295,98	321,13	315,99	322,27
		Максим Адванс	305,91	309,68	291,52			335,20
		Стандак Топ	295,55	306,86	291,58			324,58
		Редіго М	305,91	302,37	295,98			328,59
		Февер	317,97	324,29	312,34			349,09
	Ризолайн	контроль	324,00	340,35	313,83		350,78	
		Максим Адванс	351,12	359,34	333,16			
		Стандак Топ	325,50	337,43	318,29			
		Редіго М	337,56	340,35	324,24			
		Февер	370,71	376,87	343,57			
	BiNitro	контроль	307,42	324,29	288,54		329,08	
		Максим Адванс	328,52	334,51	303,42			
		Стандак Топ	304,41	318,44	310,85			
		Редіго М	327,01	325,75	301,93			
		Февер	342,08	341,81	324,24			
Скарб	Контроль	контроль	330,50	343,70	325,90	355,18		
		Максим Адванс	332,18	338,84	331,10			
		Стандак Топ	342,24	353,43	341,50			
		Редіго М	327,14	335,59	334,57			
		Февер	347,28	351,81	344,97			
	Ризолайн	контроль	352,31	363,15	358,84			
		Максим Адванс	387,54	382,61	379,64			
		Стандак Топ	353,99	371,26	365,77			
		Редіго М	379,15	374,50	372,70			
		Февер	400,96	400,44	393,51			
	BiNitro	контроль	342,24	346,94	336,30			
		Максим Адванс	360,70	361,53	351,90			
		Стандак Топ	332,18	335,59	343,24			
		Редіго М	345,60	351,81	348,44			
		Февер	369,09	369,64	370,97			
Одісей	Контроль	контроль	296,50	305,90	292,90	319,52		
		Максим Адванс	299,21	303,25	299,87			
		Стандак Топ	304,62	313,85	306,85			
		Редіго М	297,85	296,63	301,27			
		Февер	310,04	319,14	319,40			
	Ризолайн	контроль	316,81	335,03	319,40			
		Максим Адванс	349,30	354,90	338,93			
		Стандак Топ	315,45	332,38	324,98			
		Редіго М	334,41	335,03	330,56			
		Февер	356,07	360,19	348,69			
	BiNitro	контроль	303,27	319,14	302,66			
		Максим Адванс	320,87	327,09	313,82			
		Стандак Топ	297,85	311,20	308,24			
		Редіго М	316,81	319,14	309,64			
		Февер	337,12	341,65	330,56			

HP₀₅ для фактора ABC = 6,46

У розрізі фунгіцидного захисту (фактор С) лідером став протруювач Февер, використання якого забезпечило формування найбільшої маси насіння – у середньому 349,09 г.

Максимальне значення маси 1 000 насінин у досліді зафіксовано в сорту Скарб за поєднання інокулянта Ризолайн та протруювача Февер, де показник сягнув 400,96 г (2020 р.). Варіанти із застосуванням Стандак Топ стабільно демонстрували найменшу масу серед усіх схем із інокуляцією. Значення НІР₀₅ (6,46) підтверджує статистичну достовірність різниці між варіантами, що дає змогу рекомендувати комбінацію «Февер + Ризолайн» як найвигіднішу.

Математично-статистична обробка даних показала, що формування фізичних показників зерна нуту має складну структуру залежності, де домінують не лише окремі чинники, а й їх взаємодія (рис. 4.15).

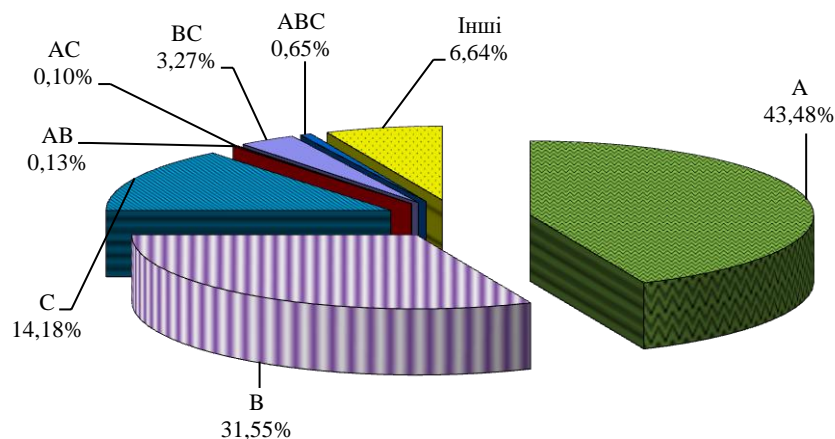


Рис. 4.15. Структура впливу агротехнічних чинників на формування маси 1 000 насінин нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Установлено, що формування маси 1 000 насінин нуту майже на половину визначається генетичним потенціалом сорту (фактор А), частка впливу якого становить 43,48 %. Другим за вагомістю чинником є інокулянт (фактор В), внесок якого становить 31,55 %, що підтверджує пряму залежність виповненості зерна від ефективності симбіотичного апарату. Роль протруювача (фактор С) у забезпеченні фізичних кондицій насіння становить 14,18 %.

Серед взаємодій чинників найбільш значущим виявилось поєднання інокулянта та протруювача (фактор ВС) з часткою впливу 3,27 %, що свідчить про наявність позитивного синергічного ефекту між захистом насіння та бактеризацією. Внесок інших варіантів взаємодії (АВ, АС, АВС) є мінімальним і сумарно не перевищує 1 %. Характерною особливістю цього показника є дуже низька частка нерегульованих чинників (інші – 6,64 %), що свідчить про високу керованість фізичними параметрами зерна нуту через вибір сорту та оптимізацію елементів технології вирощування.

Аналіз вмісту сирого протеїну дає змогу оцінити поживну цінність нуту та ступінь реалізації його симбіотичного потенціалу під впливом технологічних чинників. Порівняння результатів за різних варіантів обробки насіння дає змогу визначити найбільш ефективні комбінації для отримання високобілкової продукції. Дані щодо вмісту білка в насінні сортів нуту наведено в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7.

Вміст білка в насінні сортів нуту залежно від передпосівної інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.)%

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)			Середнє	
		Контроль	Ризолайн	BiNitro	фактор А	фактор С
Іордан	контроль	25,90	27,75	26,13	27,34	23,19
	Максим Адванс	26,36	29,35	27,46		24,01
	Стандак Топ	25,31	27,88	26,91		23,29
	Редіго М	25,51	28,47	27,14		23,69
	Февер	26,90	30,53	28,53		24,88
Скарб	контроль	19,27	20,26	19,77	20,42	
	Максим Адванс	19,32	21,65	20,71		
	Стандак Топ	19,99	20,65	19,32		
	Редіго М	19,33	21,53	20,17		
	Февер	20,13	22,60	21,59		
Одисей	контроль	22,37	24,14	23,10	23,68	
	Максим Адванс	22,49	25,08	23,70		
	Стандак Топ	23,08	23,59	22,92		
	Редіго М	22,40	25,00	23,63		
	Февер	23,37	25,53	24,73		
	За фактором В	22,78	24,93	23,72		
НІР ₀₅ для фактора АВС = 0,57						

Аналіз накопичення сирого білка в насінні нуту підтверджує високу чутливість культури до вибраної технології. Серед досліджуваних генотипів найбільш білковим виявився сорт Іордан із середнім показником 27,34 %, що істотно перевищує результати сортів Одисей (23,68 %) та Скарб (20,42 %).

Оцінка фактора Б (інокуляція) засвідчила визначальну роль бактеризації: використання інокулянта Ризолайн забезпечило середній вміст білка на рівні 24,93 %, що значно вище за показники препарату BiNitro (23,72 %) та безінокуляційного контролю (22,78 %). У розрізі фунгіцидного захисту (фактор С) найкращі результати зафіксовано за умови застосування протруювача Февер (середнє – 24,88 %). Найвищий вміст білка в експерименті отримано в сорту Іордан за поєднання інокулянта Ризолайн та протруювача Февер, де показник сягнув максимальних 30,53 %. Розраховане значення HP_{05} (0,57) підтверджує статистичну достовірність різниці між варіантами. Отримані дані свідчать про те, що для нуту саме інокуляція є критичним важелем управління якістю врожаю.

Результати дисперсійного аналізу підтверджують (рис. 4.16), що визначальну роль у формуванні білковості нуту відіграє фактор А (сорт), частка впливу якого домінує і становить 77,24 %. Це засвідчує, що здатність до накопичення протеїну в зерні цієї культури є глибоко детермінованою генетичною ознакою.

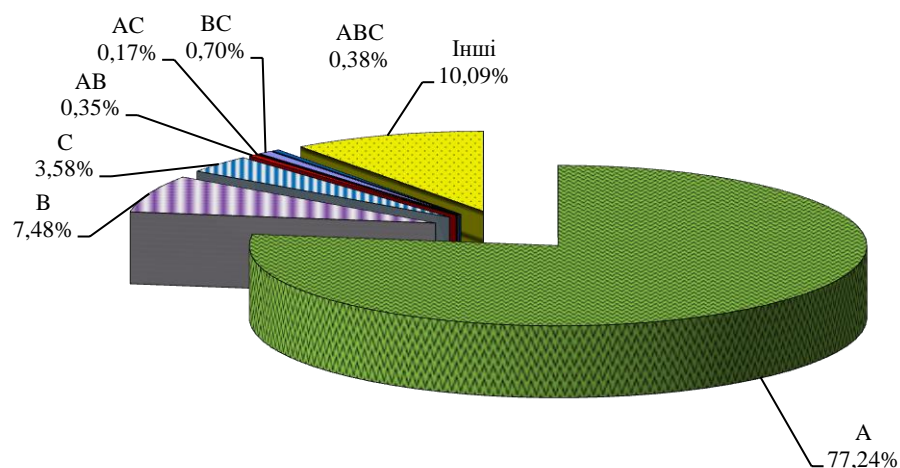


Рис. 4.16. Структура впливу агротехнічних чинників на формування вмісту білка в зерні нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Внесок інших чинників значно менший: вплив інокулянта (фактор В) становить 7,48 %, а протруювача (фактор С) – 3,58 %. Частки взаємодії факторів (АВ, ВС, АС, АВС) є мінімальними і сумарно не перевищують 1,6 %. Оскільки нерегульовані чинники становлять лише 10,09 %, можна стверджувати, що якість врожаю нуту за вмістом білка майже на 90 % контролюється через правильний підбір сорту та елементів технології.

Вміст жиру в насінні нуту є важливим показником його енергетичної цінності, хоча ця культура й не належить до олійних. На відміну від сої накопичення ліпідів у нуті є менш динамічним процесом, проте за допомогою аналізу цього параметра можна оцінити стабільність сортового метаболізму за різних умов вирощування (табл. 4.8).

Таблиця 4.8

Вміст олії в насінні сортів нуту залежно від передпосівної інокуляції та протруювання (середнє за 2020–2022 рр.)%

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)			Середнє	
		Контроль	Ризолайн	BiNitro	фактор А	фактор С
Йордан	контроль	17,33	16,38	16,96	16,46	18,53
	1. Максим Адванс	17,13	15,43	16,16		17,75
	2. Стандак Топ	17,02	16,32	17,24		18,22
	3. Редіго М	16,97	16,06	16,78		17,88
	4. Февер	16,43	14,59	16,13		17,17
Скарб	контроль	20,95	19,00	19,56	19,07	
	1. Максим Адванс	20,18	18,03	18,89		
	2. Стандак Топ	20,11	18,75	19,27		
	3. Редіго М	20,68	17,99	17,93		
	4. Февер	19,24	17,08	18,37		
Одисей	контроль	19,69	17,68	19,25	18,20	
	1. Максим Адванс	18,74	17,08	18,08		
	2. Стандак Топ	18,28	18,17	18,81		
	3. Редіго М	19,33	17,38	17,81		
	4. Февер	18,01	17,12	17,57		
	За фактором В	18,67	17,14	17,92		
НІР ₀₅ для фактора АВС = 0,30						

На основі аналізу таблиці встановлено, що вміст жиру в насінні нуту насамперед визначається генетичними особливостями, що характерно для культур неолійного напрямку. Серед досліджуваних генотипів найвищу олійність сформував сорт Скарб із середнім показником 19,07 %, тоді як у сортів Одисей та Йордан цей параметр був нижчим – 18,20 % та 16,46 % відповідно.

Оцінення фактора Б (інокуляція) виявило тенденцію до зниження вмісту ліпідів у разі застосування біопрепаратів: найменше значення зафіксовано у варіанті з інокулянтом Ризолайн (17,14 %) порівняно з контролем (18,67 %). Це підтверджує зворотну залежність між накопиченням білка та жиру. У розрізі фунгіцидного захисту (фактор С) відносно вищі показники забезпечив контроль без обробки (18,53 %), тоді як використання протруювача Февер призвело до найбільшого зниження олійності (17,17 %).

Максимальний вміст жиру зафіксовано в сорту Скарб на абсолютному контролі – 20,95 %. Статистична достовірність різниці між варіантами підтверджується значенням NP_{05} (0,30). Отримані результати демонструють, що фактори, які інтенсифікують азотфіксацію та білковий обмін, закономірно обмежують накопичення жиру в насінні нуту.

За результатами дисперсійного аналізу встановлено (рис. 4.17), що накопичення олії в насінні нуту понад наполовину визначається сортовими особливостями (фактор А), частка яких становить 52,66 %. Це підтверджує генетичну детермінованість показника для досліджуваної культури.

Вагомий внесок має інокуляція (17,64 %), що зумовлено впливом азотфіксації на біохімічний склад зерна, тоді як частка протруювача становить 9,45 %. Сумарний вплив взаємодії факторів (АВ, ВС, АС, АВС) становить близько 6,5 %. Оскільки на нерегульовані чинники припадає лише 13,67 %, показник олійності є висококерованим завдяки вибору сорту та засобів передпосівної обробки.

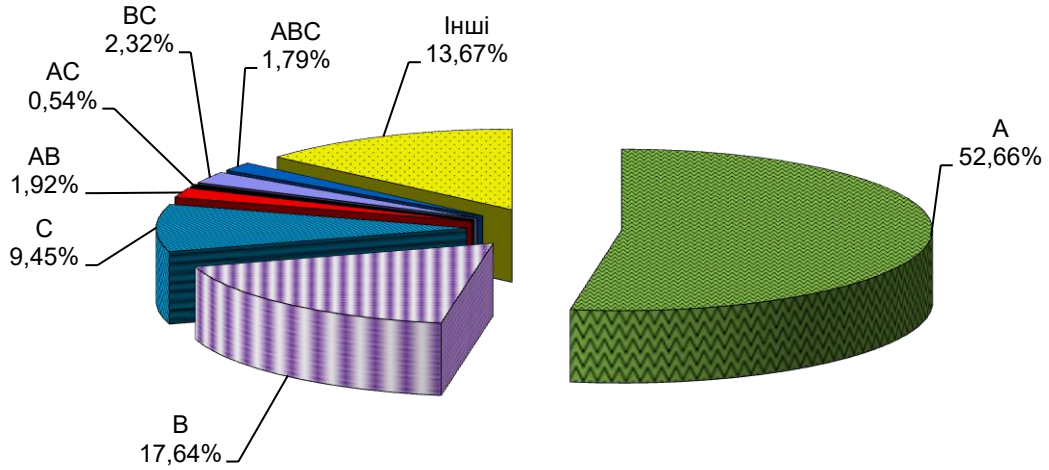


Рис. 4.17. Структура впливу агротехнічних чинників на формування вмісту олії в зерні нуту залежно від сорту, інокуляції та протруювання, %

Для візуалізації складного взаємозв'язку між морфологічними та біохімічними характеристиками насіння нуту було розроблено тривимірну модель поверхні відгуку (рис. 4.18), яка демонструє характер залежності маси 1 000 насінин від концентрації протеїну та олії.

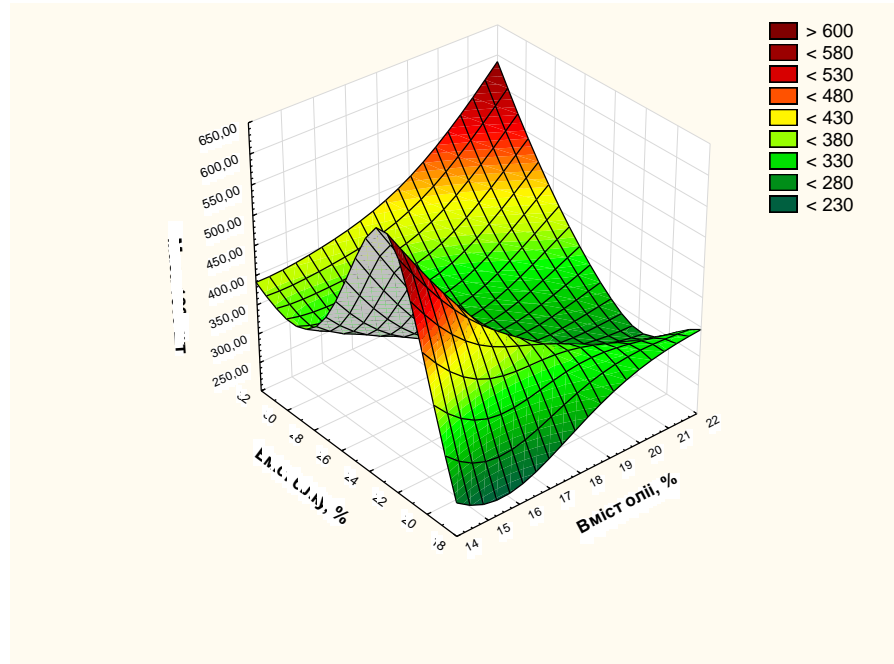


Рис. 4.18. Тривимірна модель поверхні відгуку взаємозв'язку фізичних та біохімічних показників якості насіння нуту

Побудована 3D-модель поверхні відгуку візуалізує складний характер взаємодії між фізичними та біохімічними показниками якості насіння нуту, де форма «сідла» на графіку показує наявність конкурентних зв'язків у метаболізмі культури. Характерний вигин поверхні підтверджує існування зворотної кореляції між вмістом білка та олії: зони максимальної маси насіння (понад 430–480 г) локалізовані у протилежних кутах діаграми, що пояснюється фізіологічною конкуренцією за продукти фотосинтезу під час синтезу протеїнів та ліпідів.

Така конфігурація даних обґрунтовується високою пластичністю нуту та його чутливістю до елементів технології. Стрімкі підйоми поверхні у крайових зонах свідчать про те, що через керовані чинники – інокуляцію та протруювання – можна цілеспрямовано зміщувати якісні характеристики врожаю. Зокрема, інтенсифікація азотфіксації стимулює накопичення білка, що за умови вдалого поєднання з генетичним потенціалом сорту забезпечує формування максимальної маси 1 000 насінин. Водночас центральна частина графіка, що відповідає середнім показникам, ілюструє ефект компенсації, характерний для варіантів без інтенсивної стимуляції, де рослина не виходить на межу своїх біологічних можливостей. Отже, отримані результати доводять, що стратегія передпосівної обробки насіння дає змогу не лише підвищити виповненість зерна, а й збалансувати його хімічний склад відповідно до цільового призначення продукції.

Висновки до Розділу 4

1. Установлено, що формування врожайності та якості насіння сої й нуту є результатом складної взаємодії генетичного потенціалу сорту та елементів технології вирощування. Важлива роль належить передпосівній інокуляції та фунгіцидному захисту, які забезпечують реалізацію симбіотичного потенціалу культур.

2. За результатами досліджень сої, максимальну врожайність (до 3,49 т/га) та індивідуальну продуктивність рослин (3,69 г) забезпечив сорт Кордоба за поєднання протруювача Февер та інокулянта ХіСтік. Дисперсійний

аналіз підтвердив, що врожайність сої на 33,8 % визначається сортом та на 28,7 % – інокуляцією, що свідчить про високу керованість цим показником.

3. У посівах нуту основним чинником врожайності виявився генетичний потенціал сорту (частка впливу 52,7 %). Найвищу продуктивність (2,72 т/га) продемонстрував сорт Одисей у комбінації з препаратами Февер та Ризолайн.

4. Аналіз показників якості засвідчив, що інокуляція є визначальним інструментом підвищення білковості насіння (до 42,3 % у сої та 30,5 % у нуту). Установлено зворотну кореляцію між вмістом білка та олії, де інтенсифікація азотфіксації стимулює накопичення протеїну за незначного зниження частки ліпідів. Найкращі фізичні кондиції зерна (маса 1 000 насінин) отримано в сортів Тенор (соя) та Скарб (нут) за використання інокулянта ХіСтік / Ризолайн.

5. Побудовані 3D-моделі поверхонь відгуку підтвердили наявність зон технологічного оптимуму, де поєднання фунгіцидного захисту та бактеризації дає змогу одночасно досягати високої виповненості насіння та його біохімічної цінності. Це доводить доцільність застосування комплексних схем передпосівної обробки насіння як обов'язкового елемента сучасних технологій вирощування зернобобових культур.

Список використаних джерел до Розділу 4

1. Drobitko A. V., Kokovikhin S. V. Effect of pre-sowing seed inoculation on the productivity of soybean varieties in the Steppe of Ukraine. *Agrarian innovations*. 2020. № 1. С. 40. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.1.6>.
2. Flakei V. V. Dependence of indicators of protein content, oil and yield of soybeans on biological preparations and tillage systems. *Taurian Scientific Herald*. 2024. No. 138. P. 208–214. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.26>.
3. Soybean Amino Acids in Health, Genetics, and Evaluation / W. Monte Singer et al. *Soybean for Human Consumption and Animal Feed*. 2020. URL: <https://doi.org/10.5772/intechopen.89497>.
4. Zabarna, T. A. "The formation of soybean phytocenosis and seeds quality depending on the intensification factors." *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця : ВНАУ, 2020. № 19. С. 98–109. (2021), URL: 10.37128/2707-5826-2020-4-9.
5. Козючко А. Г., Гавій В. М. Біохімічні показники зерна сої за передпосівної обробки насіння комбінаціями метаболічно активних речовин. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2022. Випуск 2 (48). С. 90–95. URL: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.2.13>.
6. 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. 2021. 180 с.
7. Нагорний В. І. Залежність продуктивності сої від способу сівби і густоти посіву в умовах північно-східного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2008. Вип. 62. С. 173–177.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІКО-ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ Й НУТУ ЗА КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

5.1. Економічна оцінка вирощування сої й нуту за комплексної передпосівної обробки насіння

Вирощування сільськогосподарської продукції є складником матеріальної сфери, що базується на раціональному використанні ресурсів. Саме тому технологія вирощування сільськогосподарських культур вимагає всебічного аналізу в розрізі економічної доцільності. Економічну ефективність у рослинництві формує результативність використання земельних, трудових і фінансових ресурсів, визначаючи співвідношення між отриманим валовим збором та загальними витратами на його виробництво [2, 4].

Під час культивування зернобобових культур, зокрема сої та нуту, економічна вигідність конкретного сорту чи агроприйому визначається як забезпечення максимального виходу продукції з одиниці площі за умови зменшення собівартості. Основними критеріями оцінки є вартісні показники: собівартість центнера продукції, чистий дохід (умовно чистий прибуток) та рівень рентабельності [5].

Є пряма залежність, де зростання врожайності сої та нуту сприяє зниженню питомих витрат на одиницю продукції, що веде до зростання валової виручки. Проте, аналізуючи ефективність технологічних факторів, важливо оцінювати не лише відносний показник рентабельності, а й абсолютне значення маси прибутку з одного гектара. Це пояснюється тим, що ідентичний рівень рентабельності може супроводжуватися різною сумою фактичного прибутку залежно від обсягу капіталовкладень [1, 4]. Для сучасного сільськогосподарського підприємства саме висока маса прибутку з одиниці площі є ключовим індикатором фінансової стійкості. Збільшення чистого доходу від реалізації сої чи нуту не тільки підвищує інвестиційну привабливість господарства, а й створює ресурси для

подальшої модернізації виробництва та зміцнення конкурентних позицій на ринку зернобобових культур [5, 6].

5.1.1. Економічна оцінка вирощування сої за комплексної передпосівної обробки насіння

Оцінку економічних показників вирощування сортів сої в Лівобережному Лісостепу здійснювали згідно з технологічними картами. У розрахунках враховували вартість засобів виробництва та рівень оплати праці, що були актуальними в 2022 році. Ринкову вартість соєвого зерна для обчислень брали на рівні жовтня 2022 року, вона становила 15 800 грн/т. Усі економічні показники, що характеризують ефективність вирощування досліджуваних сортів сої за комплексної передпосівної обробки насіння, винесено в додатки В 1–3.

Рентабельність вирощування сортів сої за комплексної передпосівної обробки насіння наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Рентабельність вирощування сортів сої за комплексної передпосівної обробки насіння (за цінами на жовтень 2022 рр.), %

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)		
		контроль	ХіСтік	Оптімайз
Кордоба	контроль	124	160	150
	Максим Адванс	136	179	175
	Стандак Топ	134	139	135
	Редіго М	130	174	170
	Февер	137	186	184
Тенор	контроль	103	132	123
	Максим Адванс	113	141	137
	Стандак Топ	113	110	106
	Редіго М	109	144	141
	Февер	116	155	151
Діадема Поділля	контроль	100	134	122
	Максим Адванс	107	143	146
	Стандак Топ	108	110	110
	Редіго М	98	149	139
	Февер	111	160	161

Згідно з таблицею всі варіанти дослідів були економічно вигідними, оскільки рентабельність перебуває в межах 98–186 %.

Серед досліджуваних сортів найбільш економічно вигідним виявився сорт Кордоба. За всіх варіантів передпосівної обробки він демонстрував стабільно високу окупність витрат. Показник рентабельності цього сорту на контролі становив 124 %, а за інокуляції та протруювання досягав максимального значення для всього дослідів – 186 %. Сорти Тенор та Діадема Поділля дещо поступалися за цим показником через нижчу врожайність: їх рентабельність становила 103–155 % та 98–161 % відповідно.

Застосування інокулянтів (фактор В) сприяло зростанню рентабельності порівняно з контрольними варіантами (де показник становив 98–136 %). Зокрема, під час використання препарату ХіСтік рентабельність зросла до 110–186 %, а за обробки Оптімайзом – до 106–184 %.

Протруювання насіння (фактор С) мало неоднорідний вплив на формування рентабельності. Такі протруйники, як Максим Адванс та Февер мали позитивну тенденцію зростання рентабельності на 7–39 % щодо контролю. Протруйник Редіго М мав подібну тенденцію, за винятком вирощування сорту Діадема Поділля у варіанті без інокуляції. Його застосування знизило рентабельність на 2 %, що є неістотним, тоді як протруйник Стандак Топ сприяв зростанню рентабельності лише на варіантах без інокуляції. У поєднанні з інокулянтами він, навпаки, призводив до зниження показника на 12–24 % порівняно з контролем (без протруювання). Це зумовлено тим, що за застосування інокуляції збільшується собівартість продукції та зазвичай знижується рентабельність.

Отже, загалом за рівнем рентабельності найвигіднішим виявився варіант вирощування сої сорту Кордоба з інокуляцією насіння препаратом ХіСтік та протруюванням препаратом Февер.

Для глибшої оцінки економічної доцільності вирощування сої, окрім відносних показників рентабельності, було проаналізовано рівень умовно чистого прибутку. Цей показник дає змогу оцінити реальний грошовий ефект від

упровадження досліджуваних елементів технології (факторів сорту, інокуляції та протруювання), що відображено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Умовно чистий прибуток вирощування сортів сої за комплексної передпосівної обробки насіння (за цінами на жовтень 2022 рр.), грн/га

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)		
		контроль	ХіСтік	Оптімайз
Кордоба	контроль	20 265	26 419	24 726
	Максим Адванс	22 779	31 614	30 274
	Стандак Топ	23 459	25 370	24 030
	Редіго М	21 706	30 694	29 355
	Февер	22 924	32 990	31 958
Тенор	контроль	17 349	22 272	20 734
	Максим Адванс	19 248	25 314	24 128
	Стандак Топ	20 235	20 455	19 269
	Редіго М	18 636	25 933	24 747
	Февер	19 855	27 920	26 734
Діадема Поділля	контроль	15 580	20 965	19 118
	Максим Адванс	17 017	24 006	23 897
	Стандак Топ	17 851	19 147	18 730
	Редіго М	15 482	24 933	22 670
	Февер	17 624	26 920	26 504

Аналіз вирощування сортів сої (фактор А) показав, що сорт Кордоба забезпечив максимальні показники умовно чистого прибутку. На контролі (без обробок) він приносив 20 265 грн/га, що істотно перевищувало результати сортів Тенор (17 349 грн/га) та Діадема Поділля (15 580 грн/га). Варто відмітити, що ця тенденція зберігалася на всіх варіантах досліджу. Сорт Кордоба стабільно демонстрував вищу прибутковість, випереджаючи інші сорти в середньому на 3,0–6,0 тис.грн/га залежно від варіантів передпосівної обробки.

За застосування інокуляції (фактор В) виявлено найбільш істотний позитивний вплив на формування прибутку. Застосування інокулянта ХіСтік забезпечило максимальний приріст чистого прибутку за всіма сортами. Зокрема, для сорту Кордоба прибуток зріс із 20 265 грн/га до 26 419 грн/га (без протруювання), а на фоні протруйника Февер до 32 990 грн/га. Препарат Оптімайз також показав високу ефективність, проте його показники були нижчими за

ХіСтік на 1,0–1,5 тис. грн/га в аналогічних варіантах обробки. Найменший прибуток зафіксовано на контрольних варіантах без інокуляції.

Передпосівна обробка насіння протруйниками (фактор С) зумовила неоднорідну реакцію, що залежало від вибраного препарату та його взаємодії з інокулянтами. Найкращі результати забезпечив протруйник Февер, використання якого дало змогу отримати максимальний прибуток у поєднанні з інокулянтами 26 504–32 990 грн/га. Препарати Максим Адванс та Редіго М поступалися Феверу, але також демонстрували стабільну позитивну динаміку. Особливу увагу привертає дія протруйника Стандак Топ. Він сприяв зростанню прибутку лише на варіантах без інокуляції. У варіантах з інокулянтами Стандак Топ спричиняв зниження прибутку порівняно з інокульованим контролем, що свідчить про його інгібувальний вплив на азотфіксувальні бактерії та зниження економічної ефективності такої комбінації.

Загалом за всіма факторами досліджу можна констатувати, що тенденція, яку було виявлено під час аналізу рентабельності, збереглася й для показників прибутку. Тож максимальний економічний ефект досягається в разі вирощування сорту Кордоба за передпосівної інокуляції насіння препаратом ХіСтік та протруювання препаратом Февер.

5.1.2. Економічне обґрунтування застосування комбінованої передпосівної обробки насіння нуту

Економічну ефективність вирощування сортів нуту за комплексної передпосівної обробки насіння в умовах Лівобережного Лісостепу України розраховано на основі галузевих технологічних карт. Вартісні показники витратних матеріалів та тарифні ставки оплати праці базувалися на економічних нормативах 2022 року. Оцінку було проведено з урахуванням ринкової ціни товарного насіння станом на жовтень 2022 року, що становила 24 500 грн/т. Детальні розрахунки показників економічної ефективності залежно від досліджуваних чинників наведено в додатках В 1–6.

Показники окупності витрат виробництва нуту залежно від вибраного сорту та передпосівної обробки відображено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Рентабельність вирощування сортів нуту за комплексної передпосівної обробки насіння (за цінами на жовтень 2022 рр.), %

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор Б)		
		контроль	Ризолайн	BiNitro
Йордан	контроль	184	204	186
	Максим Адванс	176	208	191
	Стандак Топ	166	174	166
	Редіго М	175	197	187
	Февер	189	221	202
Скарб	контроль	171	190	177
	Максим Адванс	165	196	182
	Стандак Топ	158	166	151
	Редіго М	164	190	175
	Февер	176	207	191
Одисей	контроль	230	256	239
	Максим Адванс	224	262	241
	Стандак Топ	211	219	206
	Редіго М	222	249	236
	Февер	239	270	257

З аналізу таблиці можна зробити висновок, що попри варіативність показників рентабельності залежно від генетичних особливостей сорту та вибраної схеми передпосівного захисту насіння всі варіанти були економічно вигідними.

Аналіз фактора А (сорт) дозволив установити, що найбільш економічно вигідним виявився сорт Одисей. Він забезпечив найвищі показники рентабельності в межах 206–270 %. Сорт Йордан продемонстрував стабільно середні результати (166–221 %), тоді як показники сорту Скарб були найнижчими, не перевищуючи 207 % навіть за інтенсивних схем обробки.

Дослідження фактора В (інокулянт) підтвердило доцільність інокуляції. Найвищий приріст рентабельності забезпечило застосування інокулянта Ризолайн. Порівняно з контрольними варіантами (без інокуляції) використання

цього препарату дозволило підвищити рентабельність у середньому на 15–30 % залежно від сорту. Препарат BiNitro нут також продемонстрував позитивний ефект, проте за рівнем прибутковості він поступався Ризолайну.

Оцінка впливу фактора С (протруйник) виявила неоднозначні результати. Максимальну ефективність забезпечило застосування препарату Февер, який у поєднанні з інокуляцією дозволив досягти пікових значень рентабельності, а саме 270 %. Натомість використання протруйника Стандак Топ призводило до зниження показників рентабельності порівняно з контролем (без обробки) у всіх варіантах, що пояснюється високою вартістю препарату, яка не компенсується надбавкою врожаю. Препарати Максим Адванс та Редіго М мали подібний вплив і забезпечували помірний рівень рентабельності.

Отже, за рівнем рентабельності найвигіднішим виявилось вирощування нуту сорту Одисей за обробки інокулянтом Ризолайн та протруйником Февер.

Для комплексного обґрунтування господарської придатності досліджуваних варіантів, окрім відносного показника рентабельності, було проведено розрахунок умовно чистого прибутку, оскільки він є ключовим індикатором економічної результативності, оскільки відображає фактичний фінансовий дохід, отриманий з одиниці площі після відшкодування всіх витрат.

Узагальнені результати розрахунків, що характеризують фінансову віддачу від взаємодії сортових особливостей нуту з інокуляцією та протруюванням насіння, наведені в таблиці 5.4.

Із аналізу результатів досліджень, наведених у таблиці, можна зробити висновок, що показник умовно чистого прибутку істотно варіював залежно від поєднання досліджуваних чинників, що підтверджує високу чутливість нуту до елементів інтенсифікації технології вирощування.

Порівняльний аналіз сортового складу (фактор А) свідчить про економічну перевагу сорту Одисей. Завдяки високій продуктивності та окупності витрат рівень прибутку за цим сортом у середньому на 15–20 % перевищував аналогічні показники сортів Іордан та Скарб. Зокрема, мінімальний прибуток по сорту Одисей (37 109 грн/га) був майже на рівні із максимальними показниками сорту

Скарб (39 324 грн/га), що свідчить про вищу генетичну цінність першого для товарного виробництва.

Таблиця 5.4

Умовно чистий прибуток вирощування сортів нуту за комплексної передпосівної обробки насіння (за цінами на жовтень 2022 рр.), грн/га

Сорт (фактор А)	Протруйник (фактор С)	Інокулянт (фактор В)		
		контроль	Ризолайн	BiNitro
Йордан	контроль	32 531	36 143	33 012
	Максим Адванс	31 885	38 698	34 901
	Стандак Топ	31 970	34 207	32 096
	Редіго М	31 656	36 543	34 191
	Февер	34 281	41 335	37 056
Скарб	контроль	30 761	34 373	31 965
	Максим Адванс	30 356	37 169	33 853
	Стандак Топ	30 923	33 160	29 603
	Редіго М	30 127	35 977	32 421
	Февер	32 511	39 324	35 527
Одисей	контроль	37 543	42 120	39 229
	Максим Адванс	37 620	45 396	40 877
	Стандак Топ	37 706	40 183	37 109
	Редіго М	37 151	43 000	39 926
	Февер	40 257	46 829	43 755

Інокуляція (фактор В) біологічними препаратами виявилася прибутковим заходом. Застосування інокулянта Ризолайн забезпечило найвищий приріст чистого прибутку в усіх варіантах дослідів. Порівняно з безінокуляційним фоном додатковий чистий дохід у разі використання Ризолайну становив від 3 600 до 6 800 грн/га. Препарат BiNitro нут також сприяв зростанню прибутковості, проте за рівнем фінансової віддачі він поступався Ризолайну в середньому на 3 100–4 200 грн/га.

За фактором С серед досліджуваних протруйників найбільш виражений позитивний вплив на формування чистого прибутку мав препарат Февер. Максимальні значення прибутку в розрізі всіх сортів зафіксовані саме на варіантах із комбінацією протруйник Февер + інокулянт Ризолайн, що свідчить про високу синергічну дію цих компонентів.

Натомість використання препарату Стандак Топ виявилось найменш доцільним із економічного погляду. У більшості варіантів цей препарат забезпечував прибуток на рівні, нижчому за контроль (без протруйника), або з мінімальним відхиленням. Найнижчий у дослідженні прибуток (29 603 грн/га) було отримано за вирощування сорту Скарб на застосування комбінації Стандак Топ + ViNitro нут, що пояснюється несприятливим співвідношенням вартості препарату та отриманої врожайності.

Отже, максимальну економічну ефективність у досліді забезпечило вирощування сорту Одисей за поєднання інокулянта Ризолайн та протруйника Февер, оскільки показник умовно чистого прибутку був максимальний по досліді і становив 46 829 грн/га. Для сортів Іордан та Скарб за аналогічної схеми захисту прибуток становив 41 335 грн/га та 39 324 грн/га відповідно.

5.2. Енергетична оцінка технологічних прийомів вирощування сортів сої та нуту за різних систем передпосівної підготовки насіння

Об'єктивність оцінювання агротехнологічних рішень істотно підвищується за умови застосування енергетичного підходу, який, на відміну від вартісних показників, вирізняється стабільністю та незалежністю від кон'юнктури ринку чи інфляційних процесів. Використання універсальної одиниці виміру джоуля (Дж) дає змогу точно кількісно визначити реальні сукупні витрати на виробництво одиниці продукції без прив'язки до цінових коливань [3].

Ключовим критерієм доцільності впровадження окремих елементів технології є коефіцієнт енергетичної ефективності. Він відображає здатність агроценозу до накопичення енергії та визначається як відношення енергетичного еквівалента отриманого врожаю до сумарних енерговитрат, зазнаних протягом вегетаційного періоду та під час збиральних робіт [7].

Результати розрахунків енергоємності процесів вирощування сої та нуту, диференційовані за сортовим складом та комплексною передпосівною обробкою, систематизовано у додатках В 7–12.

5.2.1. Енергетична результативність вирощування сортів сої за комбінованої передпосівної обробки насіння

Аналіз біоенергетичних параметрів вирощування сої визначив ступінь окупності антропогенних витрат за кожним із досліджуваних варіантів. Узагальнену оцінку здатності культури до трансформації ресурсів у чисту енергію врожаю відображено через коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}), кількісні значення якого наведено на рис. 5.1.

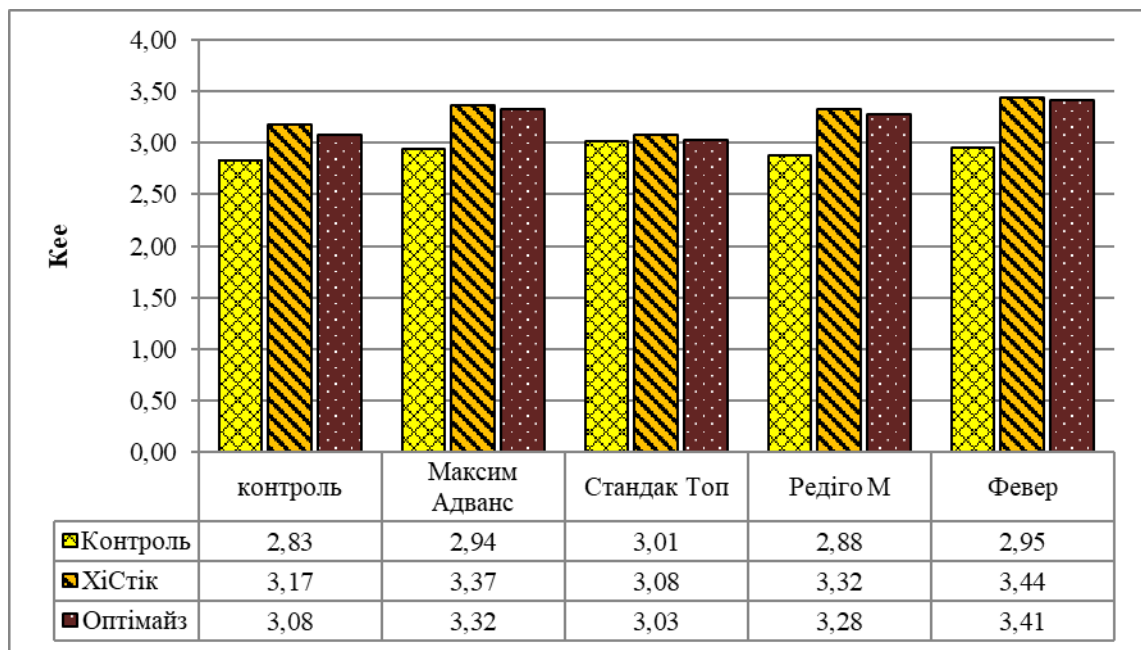


Рис. 5.1. Енергетична ефективність вирощування сої сорту Кордоба за застосування комбінованої передпосівної обробки насіння

Аналіз коефіцієнтів енергетичної ефективності (K_{ee}) вирощування сої сорту Кордоба свідчить про те, що комбінована передпосівна обробка насіння істотно підвищує окупність енерговитрат у технології. Найнижчий показник зафіксовано на контрольному варіанті без інокуляції (2,83), тоді як застосування сучасних фунгіцидних протруювачів дає змогу підвищити цей коефіцієнт до 3,01 (у варіанті зі Стандак Топ). Це підтверджує, що захист насіння на ранніх етапах розвитку культури сприяє кращому збереженню енергетичного потенціалу врожаю порівняно з витраченими на його вирощування ресурсами.

Найбільш вагомий приріст енергетичної ефективності забезпечує поєднання протруювачів з інокулянтами, серед яких препарат ХіСтік демонструє стабільну перевагу над препаратом Оптмайз у всіх досліджуваних комбінаціях. Максимальне значення $K_{ce} = 3,44$ досягається в разі використання протруювача Февер разом із інокулянтом ХіСтік, що робить цю схему найбільш виправданою з погляду енергозбереження для сорту Кордоба. Високі результати комбінацій із препаратами Максим Адванс та Февер підтверджують синергію між якісним захистом насіння та ефективною азотфіксацією, що мінімізує енергетичну собівартість отриманої продукції.

Результати розрахунку коефіцієнта енергетичної ефективності (K_{ce}) вирощування сої сорту Тенор залежно від варіантів передпосівної обробки насіння показано на рис. 5.2.

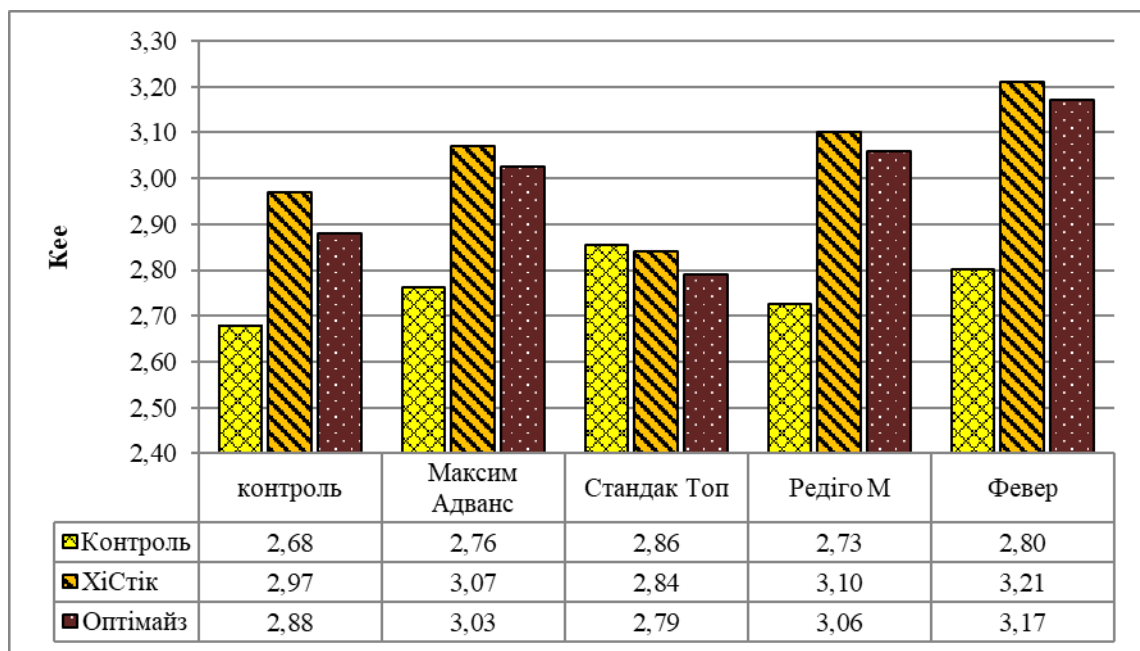


Рис. 5.2. Енергетична ефективність вирощування сої сорту Тенор за застосування комбінованої передпосівної обробки насіння

Аналіз діаграми показав, що застосування інокулянтів за вирощування сої сорту Тенор сприяло підвищенню коефіцієнта енергетичної ефективності порівняно з контролем. Найвищі показники у більшості варіантів забезпечував препарат ХіСтік (2,84–3,21), дещо нижчі формувалися за використання Оптмайз

(2,79–3,17), тоді як у варіантах без обробки насіння (контроль) відзначено найнижчі значення $K_{ee} = 2,68–2,86$.

Щодо впливу протруйників, встановлено, що їх застосування також позитивно позначалося на рівні енергетичної ефективності. Найвищі значення K_{ee} 3,17–3,21 забезпечував препарат Февер, тоді як у контрольному варіанті цей показник був найнижчим. Високі результати також отримано за використання Редіго М та Максим Адванс 3,03–3,10, тоді як Стандак Топ характеризувався дещо нижчими показниками 2,79–2,86.

Установлено також чітку взаємодію між досліджуваними факторами: поєднання інокуляції насіння з ефективними протруйниками сприяло максимальному зростанню коефіцієнта енергетичної ефективності. Зокрема, найвищий показник 3,21 зафіксовано у варіанті застосування препарату Февер у поєднанні з інокулянтом ХіСтік, тоді як найнижчий 2,68 у контрольному варіанті без обробки насіння. Отримані результати підтверджують доцільність комплексного застосування інокулянтів і протруйників у технології вирощування сої сорту Тенор.

Показники енергетичної ефективності вирощування сої сорту Діадема Поділля змінюються залежно від застосування комбінованої передпосівної обробки насіння, що дає змогу оцінити вплив цього агротехнічного заходу на співвідношення енергетичних витрат і отриманої продукції та визначити доцільність його використання в умовах сучасного виробництва (рис. 5.3).

Аналіз експериментальних даних свідчить, що енергетична ефективність вирощування сої сорту Діадема Поділля значною мірою залежить як від застосованих протруйників, так і від інокуляції насіння. Зокрема, серед досліджуваних препаратів найвищі значення K_{ee} забезпечив варіант із використанням препарату Февер, де показники досягали 3,10, тоді як у контрольному варіанті вони були найнижчими і перебували на рівні 2,49–2,83. Препарати Максим Адванс і Редіго М також сприяли підвищенню енергетичної ефективності до рівня 2,88–2,99, тоді як Стандак Топ характеризувався середніми значеннями (2,65–2,70).

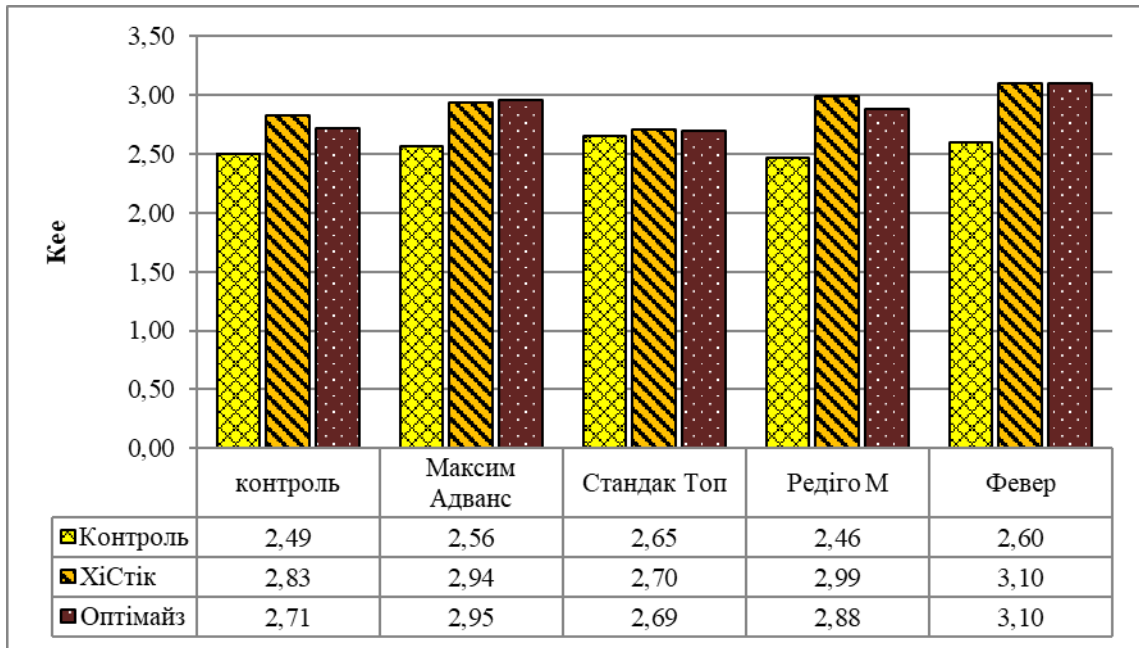


Рис. 5.3. Енергетична ефективність вирощування сої сорту Діадема Поділля за застосування комбінованої передпосівної обробки насіння

Застосування інокулянтів позитивно впливає на енергетичну ефективність. Зокрема, використання препарату ХіСтік забезпечувало найвищі показники K_{ee} у більшості варіантів досліду, тоді як Оптімайз дещо поступався, проте стабільно перевищував контроль. Відсутність обробки насіння призводила до формування найнижчих значень досліджуваного показника.

Установлено також виражену взаємодію між досліджуваними факторами: поєднання ефективних протруйників із інокуляцією насіння забезпечувало максимальне зростання коефіцієнта енергетичної ефективності. Найвищі значення (на рівні 3,10) зафіксовано у варіантах із застосуванням препарату Февер у поєднанні з інокулянтами ХіСтік та Оптімайз, тоді як найнижчі у контрольному варіанті без обробки. Отримані результати свідчать про доцільність комплексного застосування протруйників та інокулянтів як ефективного елемента технології.

Отже, загальний аналіз експериментальних даних показав, що серед усіх варіантів досліду найбільш ефективним з погляду енергетичної окупності вирощування виявилось застосування комбінованої передпосівної обробки насіння сої сорту Кордоба інокулянтом ХіСтік та протруйником Февер. Такий

підхід дає змогу не лише підвищити продуктивність рослин, а й оптимізувати енерговитрати на одиницю продукції.

Отже, результати дослідження підтверджують актуальність комплексного підходу до передпосівної обробки насіння як ефективного засобу підвищення енергетичної ефективності агротехнологій.

5.2.2. Оцінка енергетичної ефективності вирощування сортів нуту за умов комбінованої передпосівної обробки насіння

Дослідження біоенергетичних характеристик вирощування нуту сорту Іордан дозволило оцінити рівень віддачі енерговитрат за різними варіантами досліду. Потенціал культури щодо перетворення ресурсів на чисту енергію врожаю було визначено за допомогою коефіцієнта енергетичної ефективності (K_{ee}), значення якого показані на рис. 5.4.

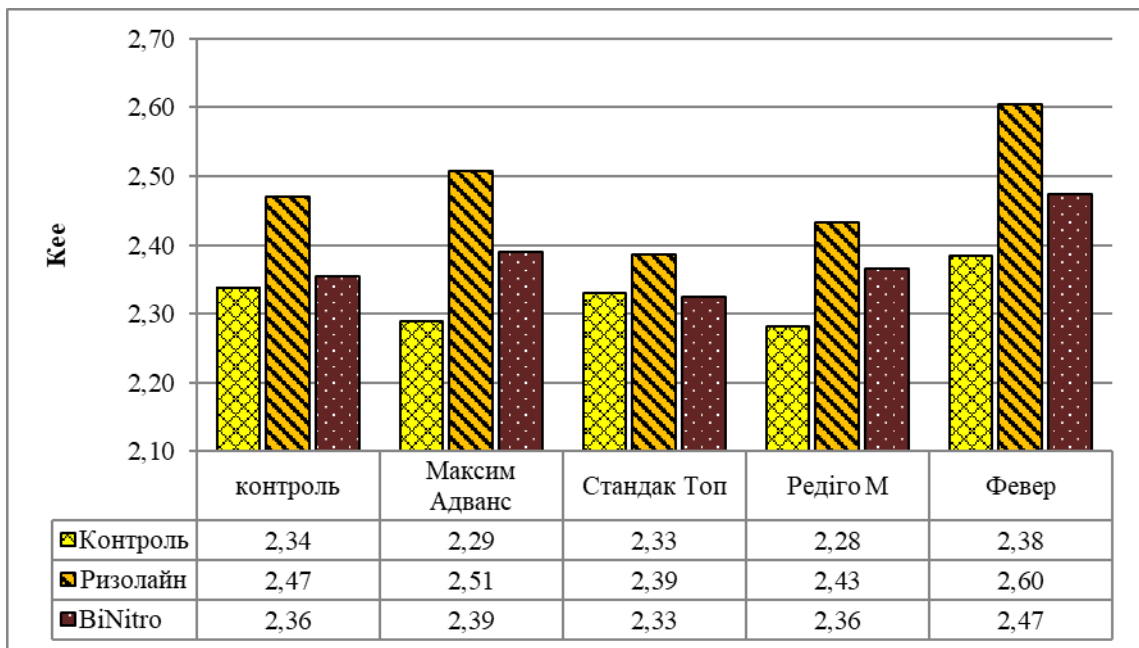


Рис. 5.4. Енергетична ефективність вирощування нуту сорту Іордан за застосування комбінованої передпосівної обробки насіння

Згідно з наведеними даними застосування інокулянта ХіСтік дає найвищі показники енерговіддачі в усіх варіантах, істотно перевершуючи як контроль без обробки, так і препарат BiNitro. Так, K_{ee} за інокуляції Ризолайном перебував у

межах 2,47–2,60 залежно від варіанта протруйників, тоді як для контролю K_{ee} становив 2,34–2,38, а для BiNitro 2,36–2,47.

За результатами порівняння, найкращим варіантом для вирощування сорту Йордан є поєднання інокуляції препаратом Ризолайн з протруйником Февер, що дозволяє досягти максимального показника K_{ee} на рівні 2,60. Ця комбінація забезпечує найбільш раціональне використання вкладених ресурсів та найвищий вихід енергії з одиниці вирощеної продукції.

Результати енергетичного аналізу вирощування нуту сорту Скарб за застосування комбінованої передпосівної обробки насіння подані у формі коефіцієнтів енергетичної ефективності на рис. 5.5.

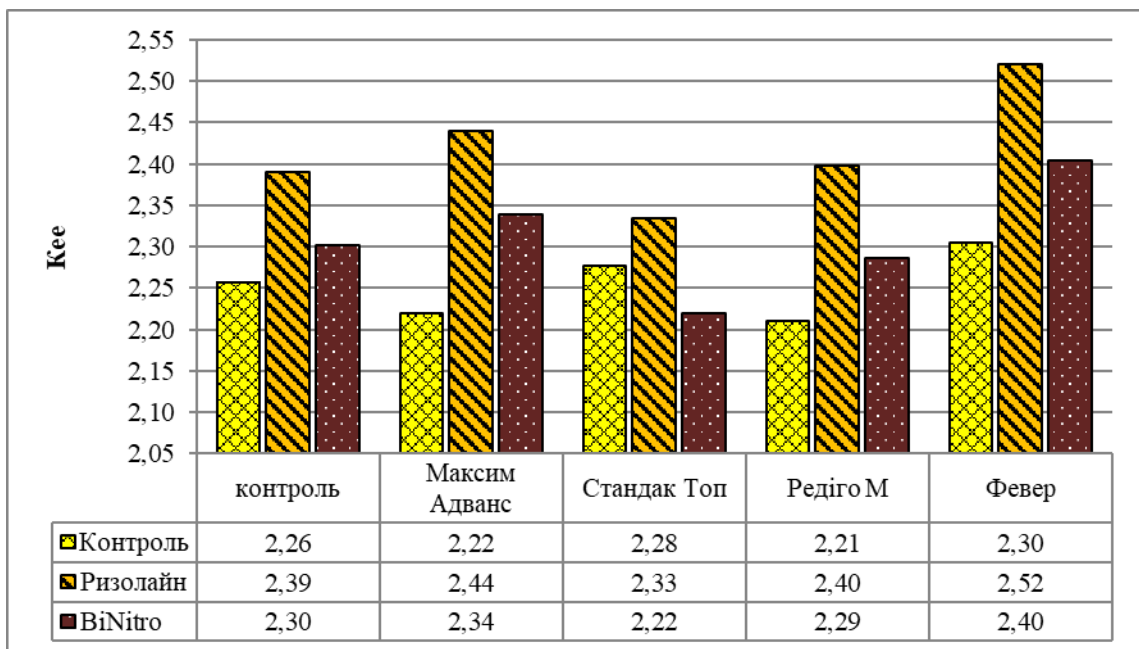


Рис. 5.5. Енергетична ефективність вирощування нуту сорту Скарб за застосування комбінованої передпосівної обробки насіння

Аналіз енергетичної ефективності вирощування нуту сорту Скарб свідчить, що застосування передпосівної інокуляції забезпечує стабільне зростання K_{ee} незалежно від вибраного протруйника. Найвищу результативність демонструє інокулянт Ризолайн, що може підвищити показник коефіцієнта до діапазону 2,33–2,52, тоді як варіант BiNitro забезпечує нижчі значення від 2,22 до 2,40, а контроль без інокуляції коливається в межах 2,26–2,30.

Серед досліджуваних протруйників найбільш енергоефективним виявився Февер, який навіть без інокуляції дає K_{ee} 2,30, а в поєднанні з інокулянтом Ризолайн досягає максимуму в 2,52. Поєднання протруйника Максим Адванс з інокулянтом Ризолайн також показало високий результат 2,44. Найменшу ефективність продемонстрували варіанти з протруйником Редіго М ($K_{ee} = 2,21$ без інокуляції) та Стандак Топ K_{ee} 2,22 за інокуляції BiNitro.

Найкращим варіантом для сорту Скарб є комбінована обробка насіння протруйником Февер та інокулянтом Ризолайн, що забезпечує найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 2,52.

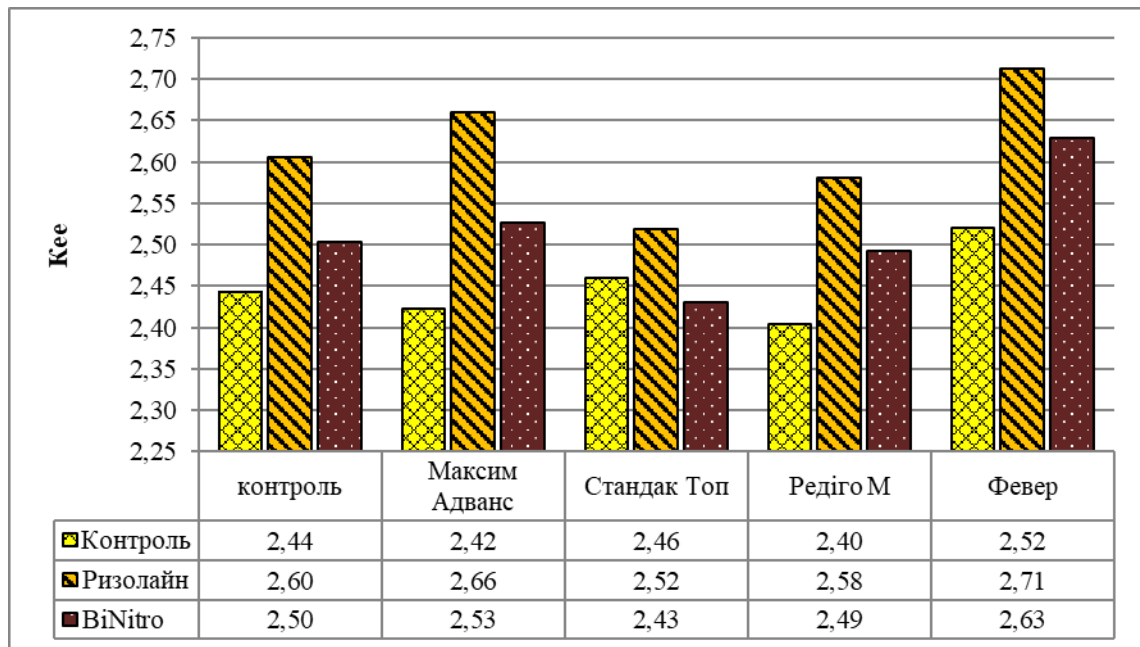


Рис. 5.6. Енергетична ефективність вирощування нуту сорту Одисей за застосування комбінованої передпосівної обробки насіння

Енергоефективність вирощування нуту сорту Одисей свідчить про те, що використання Ризолайн забезпечує найвищі показники K_{ee} в усіх групах протруйників, варіюючи від 2,52 до 2,71, а це істотно перевищує результати BiNitro (2,43–2,63) та контролю без інокуляції (2,40–2,52).

Для досліджуваних протруйників найбільш енергоефективним виявився Февер, який демонструє найвищі показники в поєднанні з будь-яким типом інокуляції: у парі з Ризолайн K_{ee} сягає максимуму 2,71, а з BiNitro дорівнює 2,63.

Також високу ефективність показав Максим Адванс у поєднанні з Ризолайн 2,66. Найнижчі результати зафіксовані в разі використання протруйника Редіго М без інокуляції ($K_{ee} = 2,40$) та Максим Адванс без інокуляції ($K_{ee} = 2,42$).

Найкращим варіантом для сорту Одисей є комбінована обробка насіння протруйником Февер та інокулянтом Ризолайн, що забезпечує піковий коефіцієнт енергетичної ефективності на рівні 2,71.

Узагальнюючи результати енергетичної оцінки вирощування сортів нуту, можна зробити висновок про загальні закономірності формування енергетичного балансу залежно від передпосівної обробки насіння.

Для всіх досліджуваних сортів найбільш дієвим фактором підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності виявилось застосування інокулянта Ризолайн. Його використання забезпечує стабільний приріст K_{ee} порівняно з інокулянтом ViNitro та контрольними варіантами без інокуляції. Серед фунгіцидних протруйників найкращу синергічну дію з інокулянтами продемонстрував препарат Февер, який стабільно забезпечував найвищі показники енерговіддачі на всіх варіантах дослідження.

Порівняльний аналіз сортів за максимальними показниками коефіцієнта енергетичної ефективності (у комбінації Февер + Ризолайн) показує: сорт Одисей виявився найбільш енергоефективним сортом із максимальним показником 2,71, а сорти Іордан та Скарб продемонстрували ідентичний максимальний результат на рівні 2,60 і 2,52 відповідно.

Отже, найбільш раціональною з енергетичного погляду технологією для всіх сортів є поєднання протруйника Февер та інокулянта Ризолайн, а сорт Одисей за такої самої схеми обробки забезпечує найвищий рівень віддачі витрачених енергетичних ресурсів.

Висновки до Розділу 5

Комплексний аналіз енергетичної та економічної результативності вирощування сої й нуту залежно від сорту та комплексної передпосівної обробки насіння дає підстави сформулювати такі підсумкові положення:

1. Умови Лівобережного Лісостепу України є сприятливими для вирощування сої та нуту, що підтверджується високою фінансово-енергетичною окупністю та технологічною доцільністю впровадження цих культур у регіоні.

2. Вирощування сої сорту Кордоба за комплексної передпосівної обробки насіння забезпечило найвищі показники економічної ефективності. Зокрема, поєднання інокулянта ХіСтік із протруйником Февер дало змогу досягти максимального рівня рентабельності – 186 %, та отримати найвищий умовно чистий прибуток у розмірі 32 990 грн/га.

3. Найвищі показники економічної ефективності за вирощування нуту забезпечив сорт Одисей. За комплексної передпосівної обробки насіння інокулянтом Ризолайн у поєднанні з протруйником Февер рівень рентабельності становив 270 %, а чистий прибуток – 46 829 грн/га.

4. За вирощування сої максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності 3,44 було зафіксовано в сорту Кордоба за умови комбінованої передпосівної обробки насіння препаратами ХіСтік та Февер.

5. Найбільш енергетично ефективним виявилось вирощування нуту сорту Одисей за комбінованої передпосівної обробки насіння інокулянтом Ризолан і протруйником Февер, оскільки цей варіант забезпечив отримання найвищого $K_{ee} = 2,71$.

6. Аналіз структури витрат за вирощування сої й нуту мав такий розподіл: частка витрат на оплату праці становила 2 %; на насіння 8–17 % (вітчизняної селекції) та 11–18 % (іноземної); на засоби захисту рослин 11–19 %; на пально-мастильні матеріали 15–19 %; інші витрати близько 20 %. Найбільшу питому вагу у структурі мало внесення мінеральних добрив – 29–37 %.

Список використаних джерел до Розділу 5

1. Економіка аграрних підприємств : підручник. 2-ге вид., доп. і переробл. / В. Г. Андрійчук. Київ : КНЕУ, 2002. 624 с.
2. Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Економічна ефективність вирощування нуту в умовах Правобережного Лісостепу України. *Молодий вчений*. 2014. № 10 (13). С. 18–20. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072>.
3. Лавренко С. О. Методика оцінки енергетичної ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур : навчальний посібник. Херсон : РЦ «Колос», 2013. С. 6–4.
4. Мазур В. А., Дідур І. М., Панцирева Г. В., Мордванюк М. О. Економічна оцінка елементів технології вирощування нуту залежно від обробки насіння перед посівом. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 21. С. 23–35. URL: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-2-2>.
5. Мазур В. А., Дідур І. М., Панцирева Г. В., Телекало Н. В. Економічна та енергетична ефективність вирощування зернобобових культур. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 9. С. 15–24.
6. Миколайович О., Тимчак В. Економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур за передовими технологіями. *Економіка та суспільство*. 2025. № 71. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-40>.
7. Тараріко Ю. О. Несмашна О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур. Методичні рекомендації. Київ : Нора-прінт, 2001. 60 с.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та практично-рекомендаційне вирішення завдань щодо особливостей формування продуктивності та функціонування бобово-ризобіального симбіозу сої й нуту в умовах Лівобережного Лісостепу. Отримані результати проведення досліджень дали підстави зробити такі висновки:

1. Максимальні показники площі листової поверхні посіву сої зафіксовано за використання сорту Кордоба + протруйник Максим Адванс + інокулянт ХіСтік – 38,11 тис. м²/га. Водночас найвищий вміст хлорофілу було отримано в сорту Діадема Поділля та Тенор 3,47 мг/г та 3,44 мг/г відповідно. Установлено позитивну дію бактеризації насіння препаратом ХіСтік, яка сприяла зростанню вмісту хлорофілів до 3,47 мг/г, що істотно перевищує результати контрольних варіантів (3,25 мг/г). У нуту найбільш виражена синергічна дія спостерігається за поєднання захисного ефекту фунгіциду Февер із азотфіксувальною здатністю інокулянта Ризолайн у сорту Одисей. На цьому варіанті площа листової поверхні була найбільшою – 38,00 тис. м²/га, вміст хлорофілу – 2,51 мг/г.

2. Формування симбіотичного апарату сої досягає максимального розвитку у фазу наливу зерна, де за всіма показниками кращий варіант за вирощування сорту Кордоба. Вирішальний вплив на цей процес має інокуляція препаратом ХіСтік (частка впливу 54,1 %), що забезпечує зростання кількості бульбочок у 1,7–3,7 рази порівняно з природним фоном. Процес формування бобово-ризобіального симбіозу нуту цілком залежить від передпосівної інокуляції через відсутність специфічних ризобій *Mesorhizobium ciceri* у ґрунті. Найвищу чутливість на інокуляцію виявив сорт Одисей за застосування інокулянта Ризолайн та протруйника Февер – 60,75 шт. бульбочок на рослину загальною масою 1,187 г, тоді як майже 85 % із них (51,52 шт. масою 1,083 г) були функціонально активними.

3. Розраховано максимальний асиміляційно симбіотичний потенціал: для сої за комплексної взаємодії «Кордоба + ХіСтік + Февер» – 34,6 тис. кг×діб/га.

Установлено, що застосування фунгіциду Февер сприяє зростанню АСП, тоді як використання препарату Стандак Топ обумовлює пригнічення симбіотичної продуктивності, знижуючи показник до 13,1 тис. кг×діб/га. Для нуту найкращий варіант за використання сорту Одисей із інокуляцією препаратом Ризолайн та фунгіцидним захистом препаратом Февер – 12,82 тис. кг×діб/га. Разом з тим виявлено, що застосування протруйника Стандак Топ істотно обмежує симбіотичну продуктивність.

4. Кореляційно-регресійний аналіз підтвердив наявність прямого позитивного зв'язку між площею листової поверхні та активним симбіотичним потенціалом сої та нуту. Визначений коефіцієнт кореляції за високого рівня значущості свідчить про помірну, але статистично достовірну залежність між цими показниками: для сої – 0,64; для нуту – 0,55.

5. За результатами досліджень сої, максимальну індивідуальну продуктивність рослин (3,69 г) та відповідно врожайність (3,49 т/га) забезпечив сорт Кордоба за поєднання протруювача Февер та інокулянта ХіСтік. Дисперсійний аналіз підтвердив, що врожайність сої на 33,8 % визначається сортом та на 28,7 % – інокуляцією, що свідчить про високу керованість цим показником. У посівах нуту максимальний рівень урожайності в експерименті зафіксовано у варіанті поєднання сорту Одисей з інокулянтом Ризолайн та протруювачем Февер, де показник у 2021 році сягнув 2,72 т/га, а середній за роки досліджень становив 2,62 т/га. Визначальним чинником врожайності виявився генетичний потенціал сорту (частка впливу 52,7 %). Найвищі продуктивність (6,64 г) та врожайність (2,72 т/га) продемонстрував сорт Одисей у комбінації з препаратами Февер та Ризолайн.

6. Аналіз показників якості засвідчив, що інокуляція є головним інструментом підвищення білковості насіння (до 42,3 % у сої та 30,5 % у нуту). Найвищий показник маси 1 000 насінин: у сої сорт Тенор за поєднання інокулянта ХіСтік та протруювача Февер; у нуту сорт Скарб за поєднання інокулянта Ризолайн та протруювача Февер.

7. Вирощування сої сорту Кордоба за комплексної передпосівної обробки насіння забезпечило найвищі показники економічної ефективності. Зокрема, поєднання інокулянта ХіСтік із протруйником Февер дало змогу отримати максимальний рівень рентабельності – 186 % та умовно чистий прибуток у розмірі 32 990 грн/га. За вирощування сої максимальний коефіцієнт енергетичної ефективності 3,44 було зафіксовано в сорту Кордоба за умови комбінованої передпосівної обробки насіння препаратами ХіСтік та Февер.

8. Найвищі показники економічної ефективності за вирощування нуту забезпечив сорт Одисей. За комплексної передпосівної обробки насіння інокулянтом Ризолайн у поєднанні з протруйником Февер рівень рентабельності становив 270 %, а чистий прибуток – 46 829 грн/га. Розраховано найбільш енергетично ефективно вирощування нуту сорту Одисей за комбінованої передпосівної обробки насіння інокулянтом Ризолан і протруйником Февер, оскільки цей варіант забезпечив отримання найвищого $K_{ee} = 2,71$.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для агроформувань Лівобережного Лісостепу України з метою отримання стабільних урожаїв зерна сої та нуту з високими показниками якості та економічно-енергетичної ефективності на чорноземі типовому доцільно використовувати:

- сорт сої Кордоба за інокуляції ХіСтік та протруювання Февер;
- сорт нуту Одисей за інокуляції ВіNitro та протруювання Февер.

ДОДАТКИ

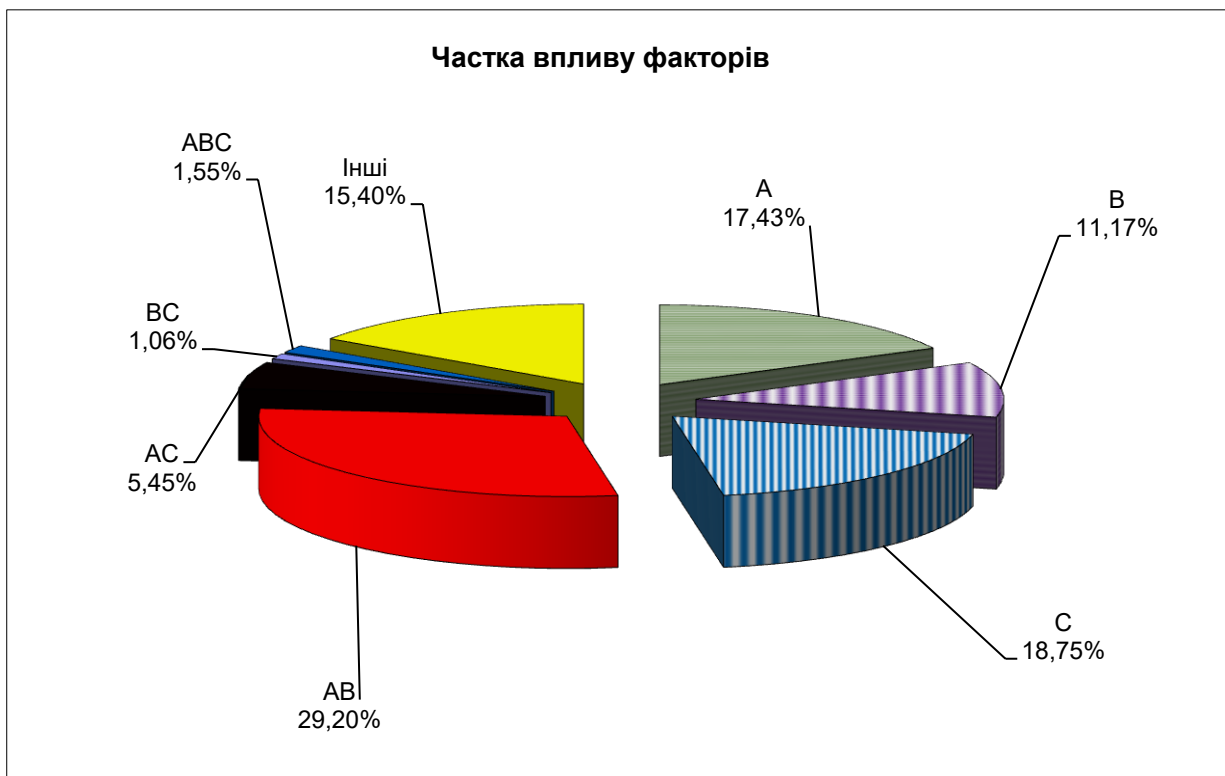
Додаток А.1

Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)

показників густоти посіву сої

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	364070,5	134			
Погоди	Sp	23903,4	2			
Варіантів	Cv	308016,0	44	7000,4	19,2	1,51
	Ca	63461,9	2	31731,0	86,8	3,10
	Cb	40655,0	2	20327,5	55,6	3,10
	Cc	68263,0	4	17065,7	46,7	2,48
	Cab	106294	4	26573,6	72,7	2,48
	Caс	19841,4	9	2204,6	6,0	1,99
	Cbc	3873,4	8	484,2	1,3	2,05
	Cabc	5626,9	16	351,7	1,0	1,76
	Помилки	Cz	32151,2	88	365,4	
	t_{05}	1,99		Точність досліджу:		2,4 %

HIP ₀₅ ABC		21,93	HIP ₀₅ A		5,66	HIP ₀₅ B		5,66	HIP ₀₅ C		7,31				
Частка дії фактора:															
A		B		C		AB		AC		BC		ABC		Інші	
17,4 %		11,2 %		18,7 %		29,2 %		5,4 %		1,1 %		1,5 %		15,4 %	

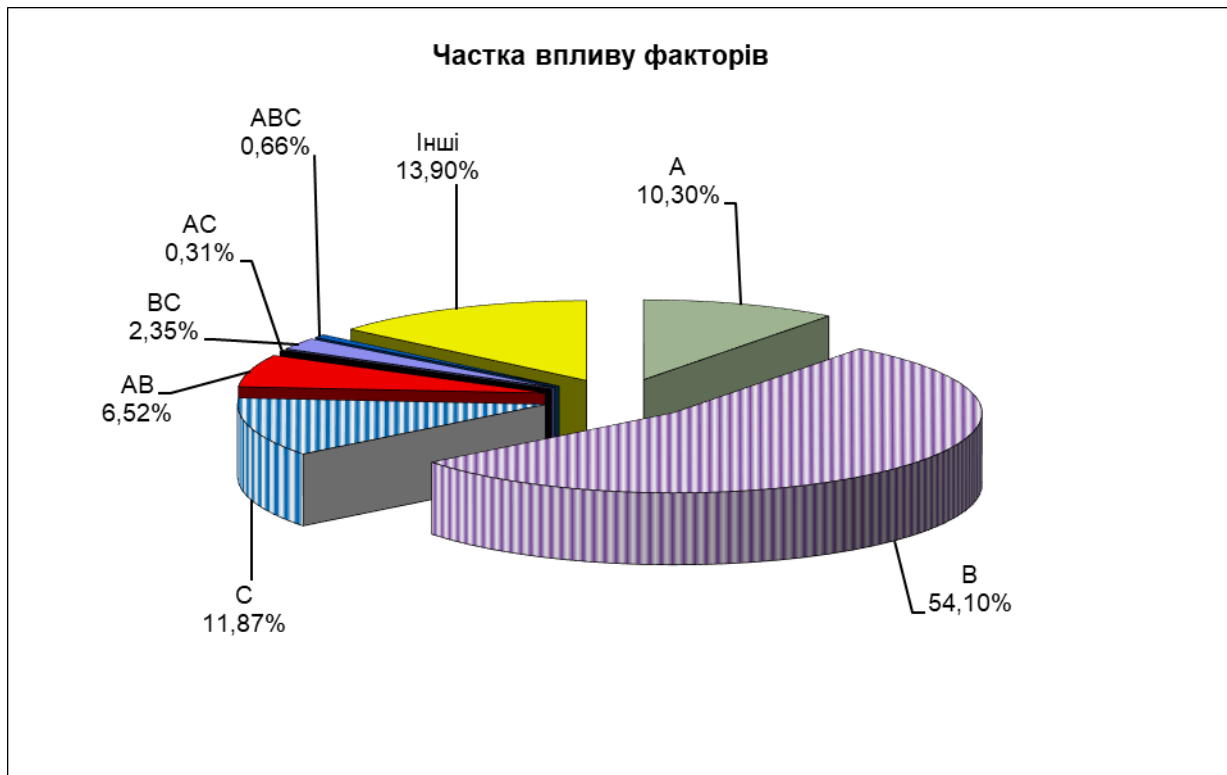


Додаток А.2

Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)

Кількість бульбочок у рослин сої у фазу цвітіння

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення			
					F_{ϕ}	F_{05}		
Загальна	Sy	1911,6	134					
Погоди	Sp	147,4	2					
Варіантів	Cv	1645,9	44	37,4	27,8	1,51		
	Ca	196,8	2	98,4	73,2	3,10		
	Cb	1034,1	2	517,1	384,8	3,10		
	Cc	226,9	4	56,7	42,2	2,48		
	Cab	125	4	31,2	23,2	2,48		
	Caс	5,9	9	0,7	0,5	1,99		
	Cbc	44,8	8	5,6	4,2	2,05		
	Cabc	12,7	16	0,8	0,6	1,76		
Помилки	Cz	118,3	88	1,3				
	t_{05}	1,99		Точність дослідів:		7,5 %		
HIP ₀₅ ABC		1,33	HIP ₀₅ A	0,34	HIP ₀₅ B	0,34	HIP ₀₅ C	0,44
Частка дії фактора:								
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші	
10,3 %	54,1 %	11,9 %	6,5 %	0,3 %	2,3 %	0,7 %	13,9 %	



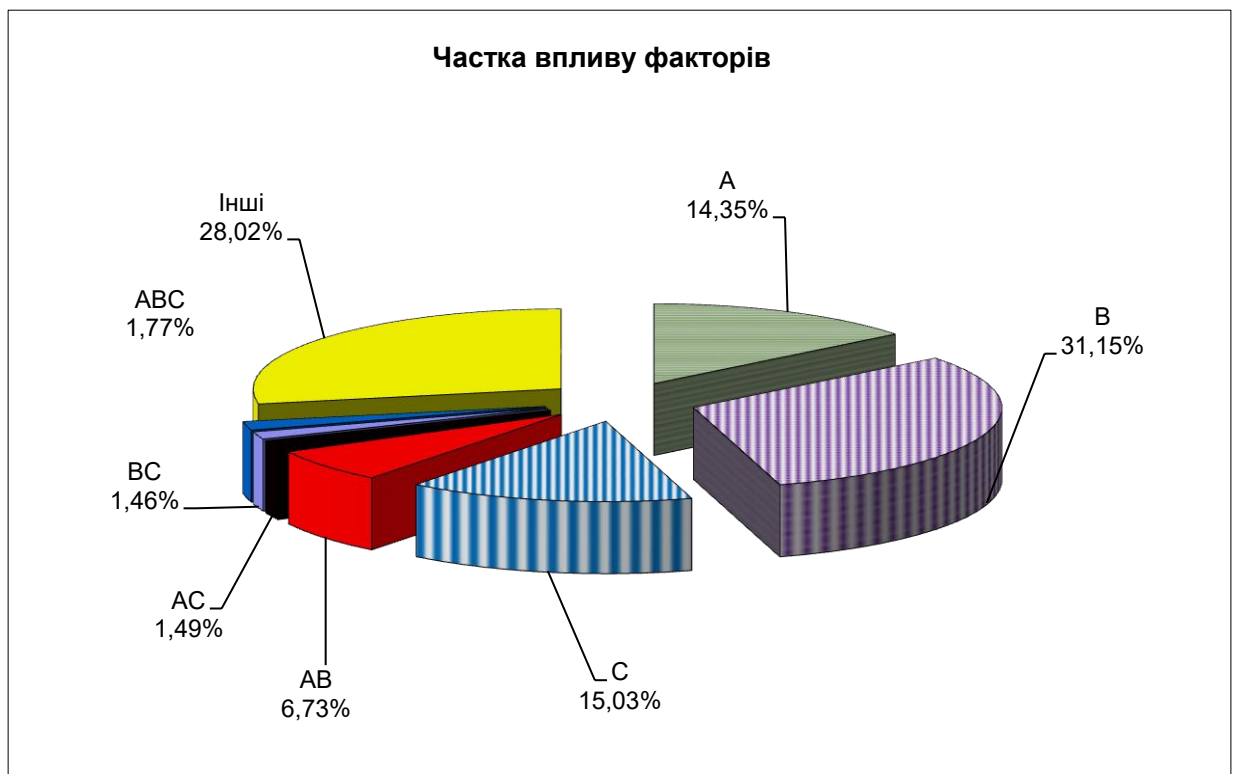
Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
Кількість активних бульбочок у рослин сої у фазу цвітіння

Джерело варіації	Сума квадратів	Степінь вільності	Середній квадрат	Відношення		
				F_{ϕ}	F_{05}	
Загальна	Sy	1060,9	134			
Погоди	Sp	102,2	2			
Варіантів	Sv	895,9	44	20,4	28,5	1,51
	Ca	105,3	2	52,6	73,8	3,10
	Cb	376,2	2	188,1	263,6	3,10
	Cc	223,1	4	55,8	78,2	2,48
	Cab	131	4	32,8	45,9	2,48
	Caс	21,4	9	2,4	3,3	1,99
	Cbc	35,2	8	4,4	6,2	2,05
	Cabc	3,8	16	0,2	0,3	1,76
Помилки	Cz	62,8	88	0,7		
	t_{05}	1,99		Точність дослідів:		11,0%

$HP_{05}ABC$	0,97	$HP_{05}A$	0,25	$HP_{05}B$	0,25	$HP_{05}C$	0,32
--------------	------	------------	------	------------	------	------------	------

Частка дії фактора:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
9,9 %	35,5 %	21,0 %	12,4 %	2,0 %	3,3 %	0,4 %	15,6 %



Додаток А.4

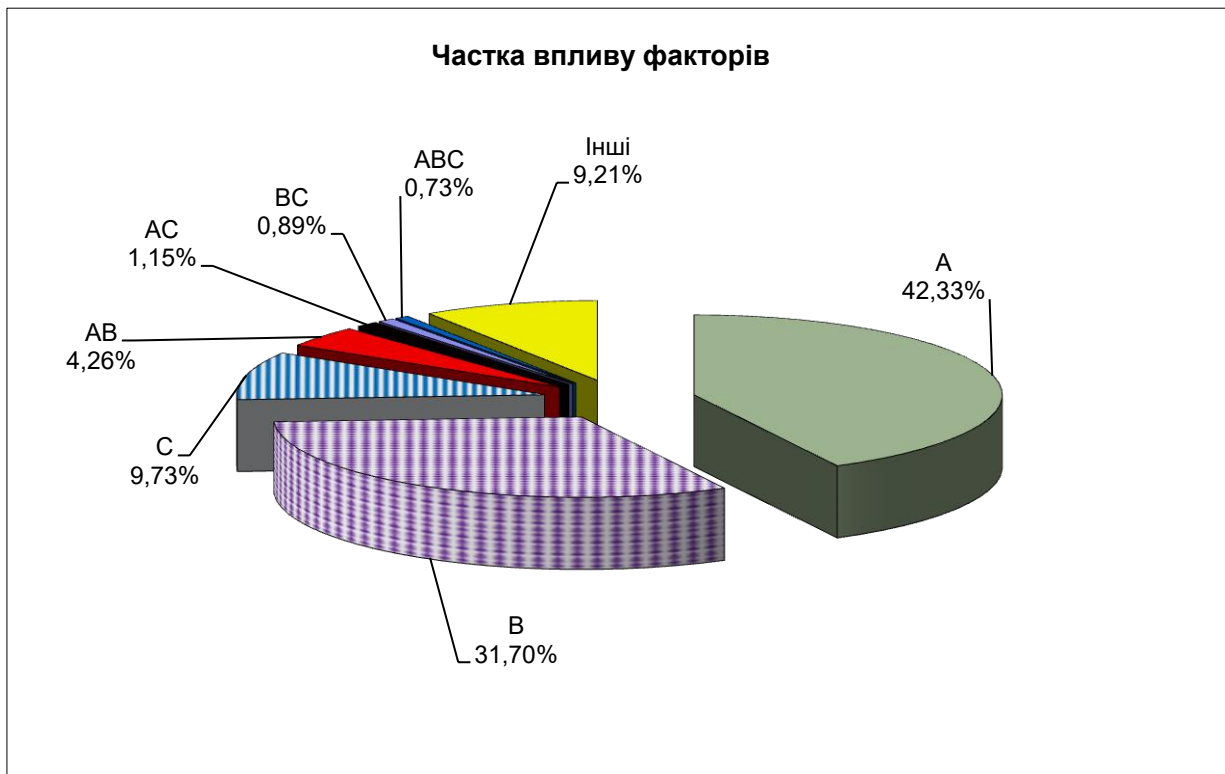
**Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
Кількість бульбочок у рослин сої у фазу наливу зерна**

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	11716,6	134			
Погоди	Sp	597,1	2			
Варіантів	Cv	10637,4	44	241,8	44,1	1,51
	Ca	4959,3	2	2479,6	452,6	3,10
	Cb	3713,9	2	1857,0	338,9	3,10
	Cc	1139,9	4	285,0	52,0	2,48
	Cab	499	4	124,8	22,8	2,48
	Caс	134,9	9	15,0	2,7	1,99
	Cbc	104,5	8	13,1	2,4	2,05
	Cabc	85,8	16	5,4	1,0	1,76
Помилки	Cz	482,2	88	5,5		
	t_{05}	1,99		Точність досліджу:		6,4 %

$HP_{05}ABC$	2,69	$HP_{05}A$	0,69	$HP_{05}B$	0,69	$HP_{05}C$	0,90
--------------	------	------------	------	------------	------	------------	------

Частка дії фактора:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
42,3 %	31,7 %	9,7 %	4,3 %	1,2 %	0,9 %	0,7 %	9,2 %



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)

Кількість активних бульбочок у рослин сої у фазу наливу зерна

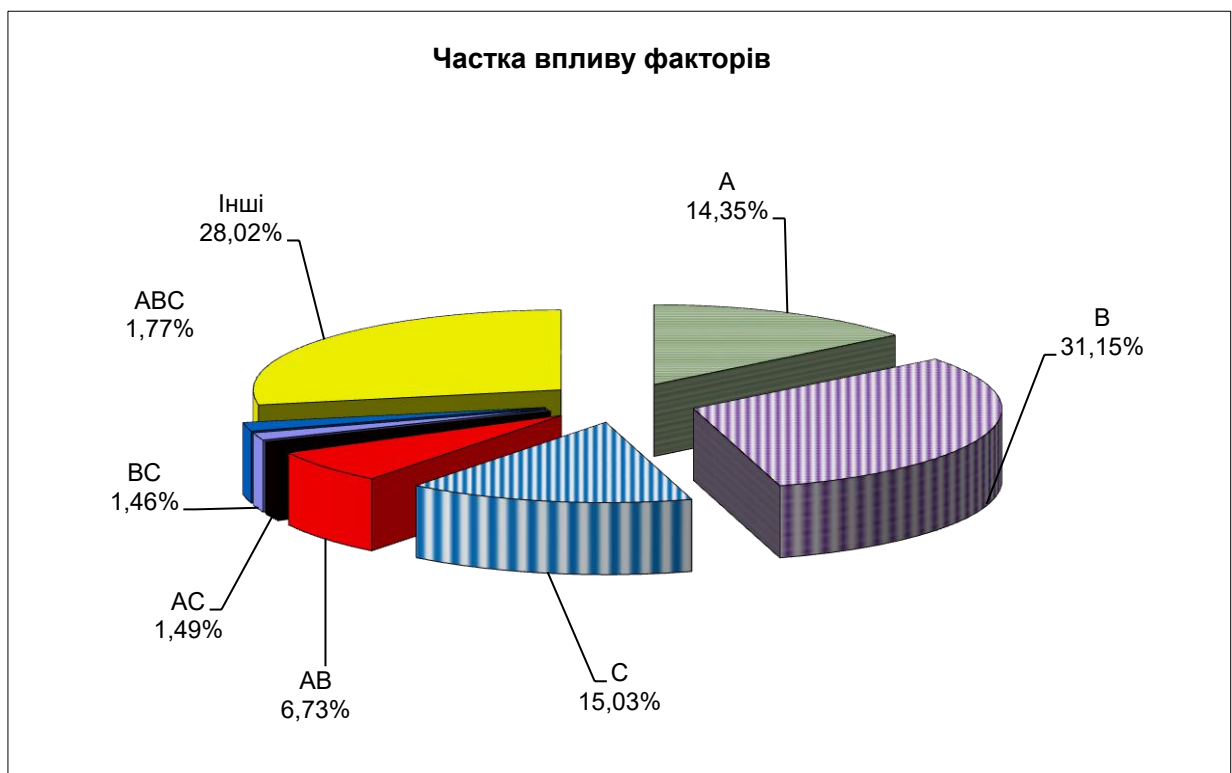
Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	6744,0	134			
Погоди	Sp	373,0	2			
Варіантів	Sv	6074,1	44	138,0	40,9	1,51
	Ca	2637,6	2	1318,8	391,0	3,10
	Cb	2309,4	2	1154,7	342,3	3,10
	Cc	668,4	4	167,1	49,5	2,48
	Cab	293	4	73,3	21,7	2,48
	Cac	63,8	9	7,1	2,1	1,99
	Cbc	54,6	8	6,8	2,0	2,05
	Cabc	47,2	16	3,0	0,9	1,76
Помилки	Cz	296,8	88	3,4		

t_{05}	1,99		Точність досліджу:	6,5 %
----------	------	--	--------------------	-------

$HP_{05}ABC$	2,11	$HP_{05}A$	0,54	$HP_{05}B$	0,54	$HP_{05}C$	0,70
--------------	------	------------	------	------------	------	------------	------

Частка дії фактора:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
39,1 %	34,2 %	9,9 %	4,3 %	0,9 %	0,8 %	0,7 %	9,9 %



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)

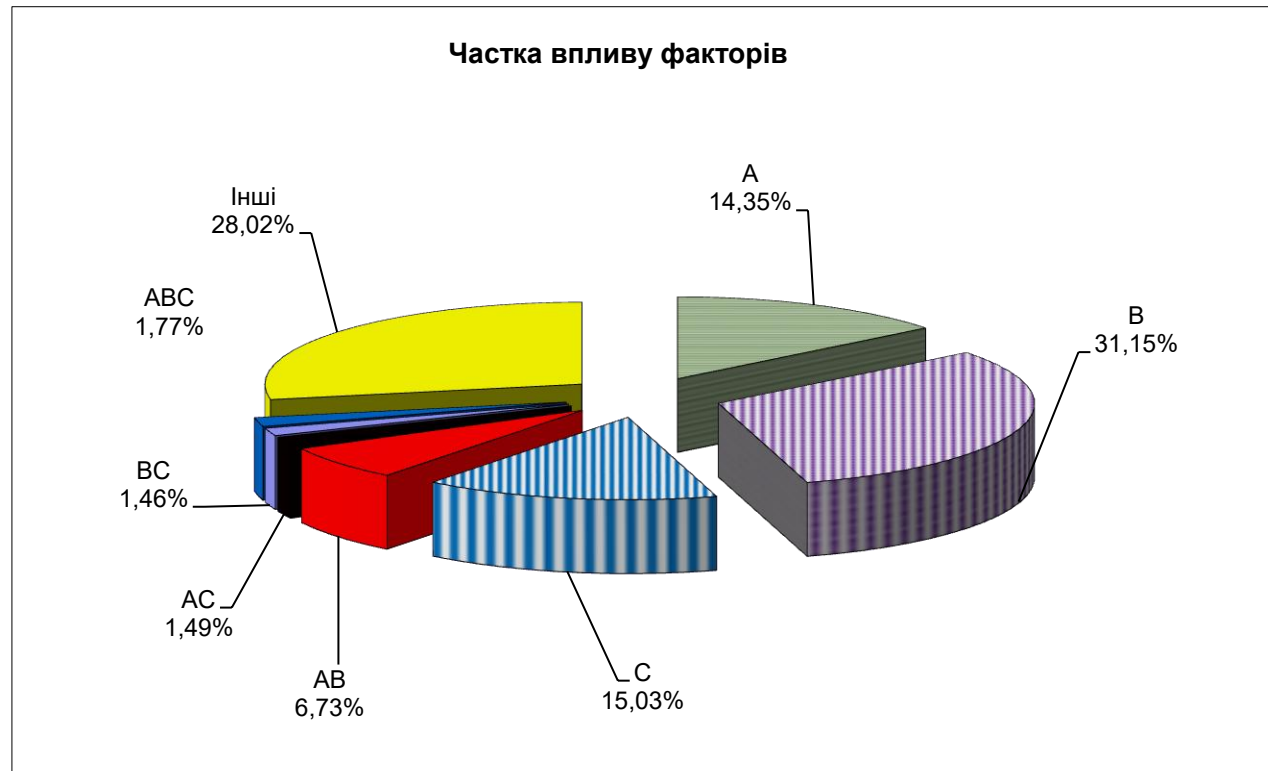
Показники активного симбіотичного потенціалу рослин сої

Джерело варіації	Сума квадратів	Степень вільності	Середній квадрат	Відношення	
				F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	3738266779,8	134		
Погоди	Sp	708514956,9	2		
Варіантів	Sv	2690712938,3	44	61152566,8	15,9
	Ca	536537670,9	2	268268835,5	69,6
	Cb	1164349075,3	2	582174537,7	151,1
	Cc	561689250,7	4	140422312,7	36,4
	Cab	251524386	4	62881096,5	16,3
	Сac	55717996,4	9	6190888,5	1,6
	Cbc	54628708,9	8	6828588,6	1,8
	Cabc	66265850,2	16	4141615,6	1,1
Помилки	Cz	339038884,7	88	3852714,6	
	t_{05}	1,99		Точність досліду:	7,1 %

НІР ₀₅ ABC	2252,1	НІР ₀₅ A	581,48	НІР ₀₅ B	581,48	НІР ₀₅ C	750,69
-----------------------	--------	---------------------	--------	---------------------	--------	---------------------	--------

Частка дії фактора:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
14,4 %	31,1 %	15,0 %	6,7 %	1,5 %	1,5 %	1,8 %	28,0 %



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників густоти посіву нуту

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	102764,6	134			
Погоди	Sp	190,3	2			
Варіантів	Sv	98411,3	44	2236,6	47,3	1,51
	Ca	4660,2	2	2330,1	49,3	3,10
	Cb	56131,7	2	28065,9	593,3	3,10
	Cc	14212,4	4	3553,1	75,1	2,48
	Cab	4681	4	1170,3	24,7	2,48
	Cac	14502,4	9	1611,4	34,1	1,99
	Cbc	1872,0	8	234,0	4,9	2,05
	Cabc	2351,1	16	146,9	3,1	1,76
Помилки	Cz	4163,0	88	47,3		

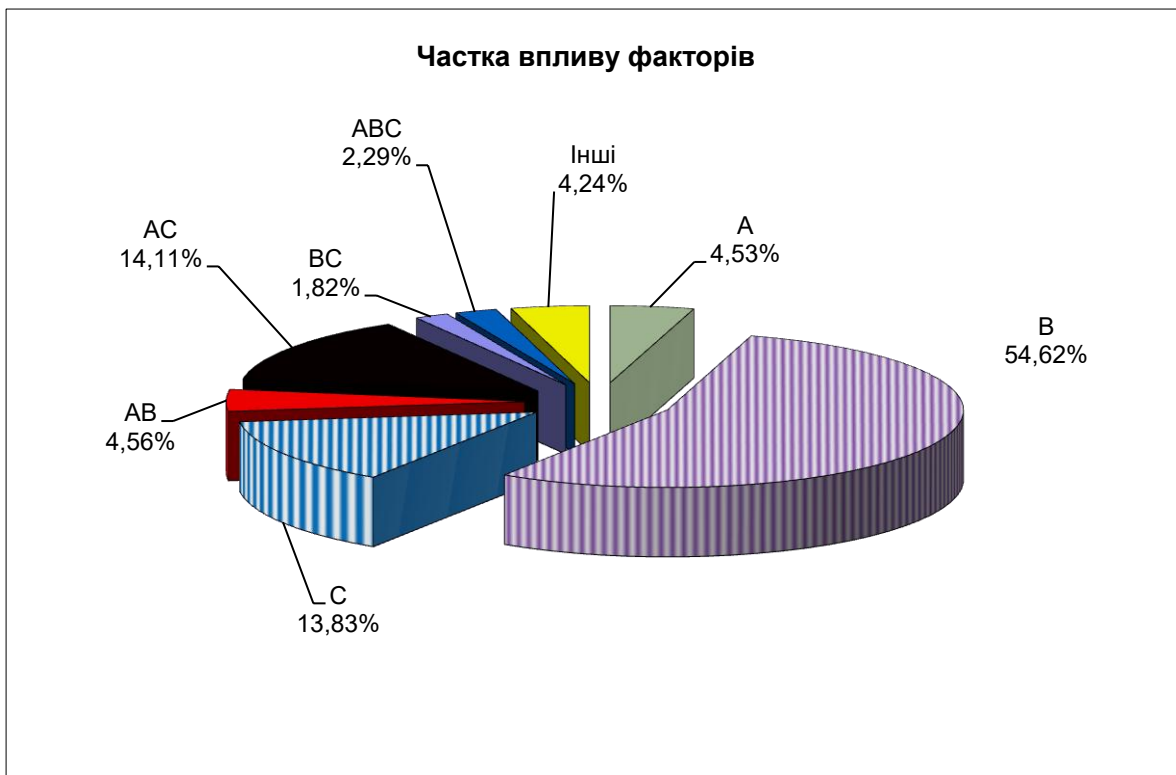
t_{05}	1,99
----------	------

Точність досліджу:	0,9 %
--------------------	-------

НІР ₀₅ ABC	7,89	НІР ₀₅ A	2,04	НІР ₀₅ B	2,04	НІР ₀₅ C	2,63
-----------------------	------	---------------------	------	---------------------	------	---------------------	------

Частка дії фактора:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
4,5 %	54,6 %	13,8 %	4,6 %	14,1 %	1,8 %	2,3 %	4,2 %



Результати дисперсійного аналіз (трифакторного)

Кількість бульбочок у рослин нуту у фазу цвітіння

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	6942,2	134			
Погоди	Sp	13,1	2			
Варіантів	Cv	6897,0	44	156,8	429,3	1,51
	Ca	20,5	2	10,3	28,1	3,10
	Cb	6724,1	2	3362,0	9206,8	3,10
	Cc	59,2	4	14,8	40,5	2,48
	Cab	27	4	6,6	18,2	2,48
	Cac	22,3	9	2,5	6,8	1,99
	Cbc	29,9	8	3,7	10,2	2,05
	Cabc	14,4	16	0,9	2,5	1,76
Помилки	Cz	32,1	88	0,4		

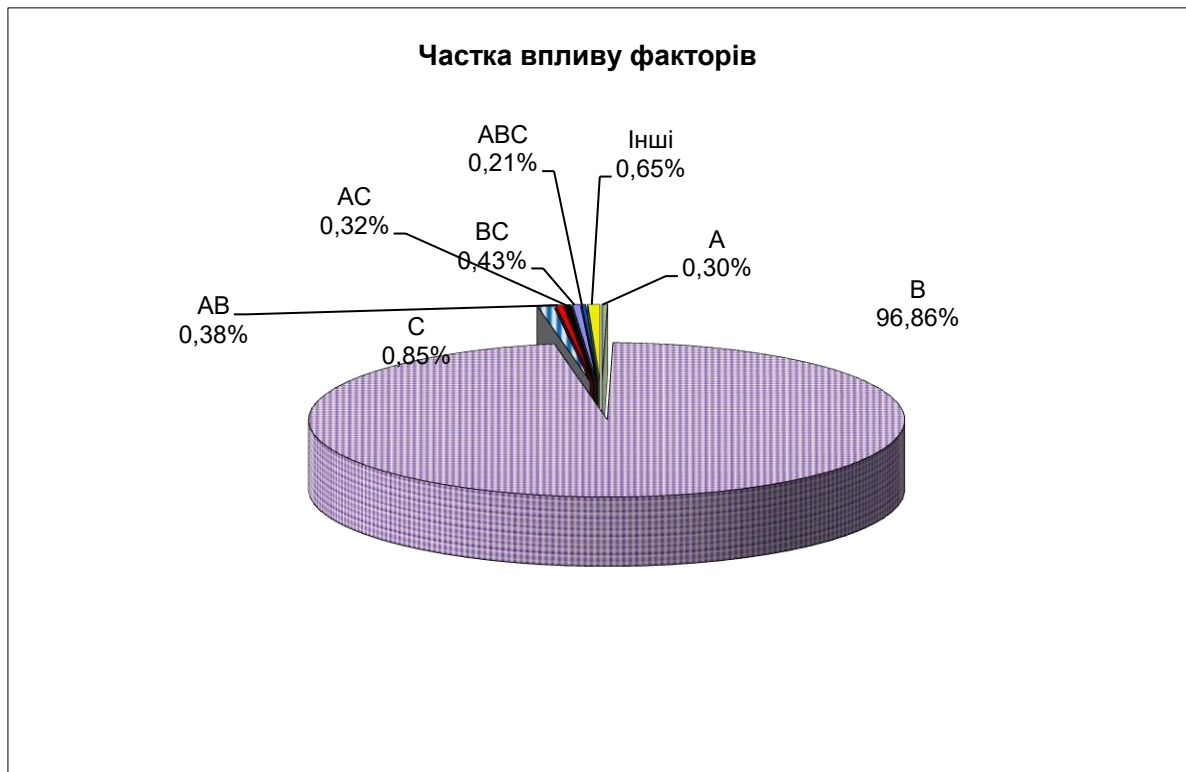
t_{05}	1,99
----------	------

Точність дослідю:	3,5 %
-------------------	-------

$HP_{05}ABC$	0,69	$HP_{05}A$	0,18	$HP_{05}B$	0,18	$HP_{05}C$	0,23
--------------	------	------------	------	------------	------	------------	------

Частка дії фактора:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
0,3 %	96,9 %	0,9 %	0,4 %	0,3 %	0,4 %	0,2 %	0,7 %



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
Кількість активних бульбочок у рослин нуту у фазу цвітіння

Джерела варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	3862,3	134			
Погоди	Sp	9,7	2			
Варіантів	Sv	3838,6	44	87,2	550,8	1,51
	Ca	5,5	2	2,8	17,4	3,10
	Cb	3755,9	2	1877,9	11857,4	3,10
	Cc	30,2	4	7,6	47,7	2,48
	Cab	18	4	4,5	28,4	2,48
	Caс	8,4	9	0,9	5,9	1,99
	Cbc	15,4	8	1,9	12,2	2,05
	Cabc	5,3	16	0,3	2,1	1,76
Помилки	Cz	13,9	88	0,2		

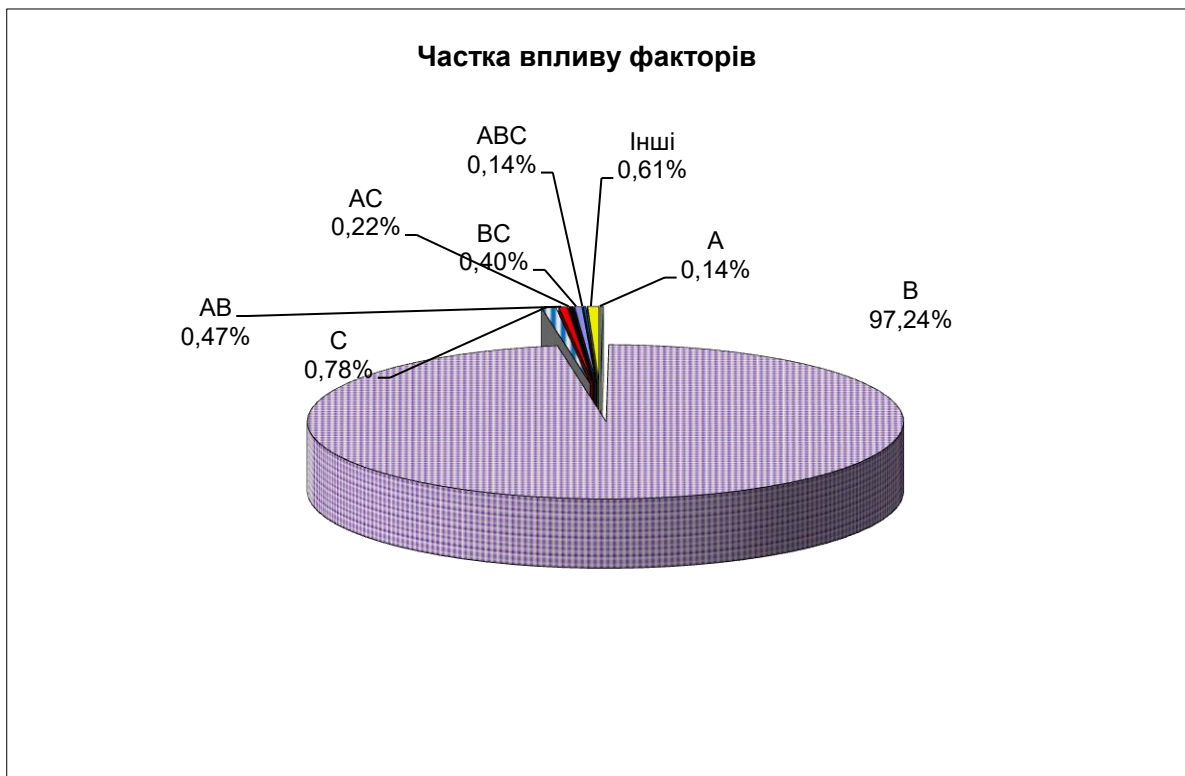
t_{05}	1,99
----------	------

Точність дослідю:	3,1 %
-------------------	-------

НІР ₀₅ ABC	0,46	НІР ₀₅ A	0,12	НІР ₀₅ B	0,12	НІР ₀₅ C	0,15
-----------------------	------	---------------------	------	---------------------	------	---------------------	------

Частка дії фактору:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
0,1 %	97,2 %	0,8 %	0,5 %	0,2 %	0,4 %	0,1 %	0,6 %



Додаток А.10

Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
Кількість бульбочок у рослин нуту у фазу наливу зерна

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	87057,0	134			
Погоди	Sp	229,9	2			
Варіантів	Cv	86323,5	44	1961,9	342,8	1,51
	Ca	4655,9	2	2327,9	406,8	3,10
	Cb	78285,3	2	39142,6	6840,1	3,10
	Cc	263,8	4	65,9	11,5	2,48
	Cab	2824	4	705,9	123,4	2,48
	Cac	95,7	9	10,6	1,9	1,99
	Cbc	134,7	8	16,8	2,9	2,05
	Cabc	64,6	16	4,0	0,7	1,76
Помилки	Cz	503,6	88	5,7		

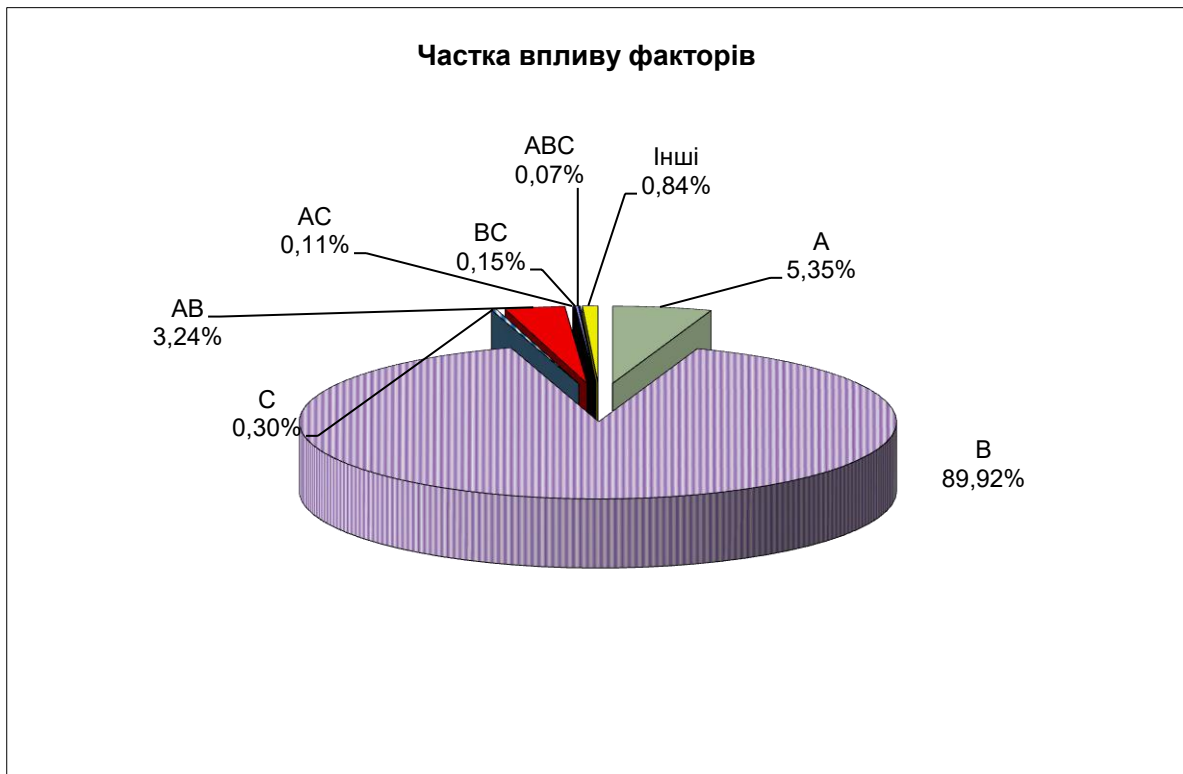
t_{05}	1,99
----------	------

Точність дослідів:	4,1%
--------------------	------

$HIP_{05}ABC$	2,74	$HIP_{05}A$	0,71	$HIP_{05}B$	0,71	$HIP_{05}C$	0,91
---------------	------	-------------	------	-------------	------	-------------	------

Частка дії фактора:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
5,3 %	89,9 %	0,3 %	3,2 %	0,1 %	0,2 %	0,1 %	0,8 %



Додаток А.11

Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)

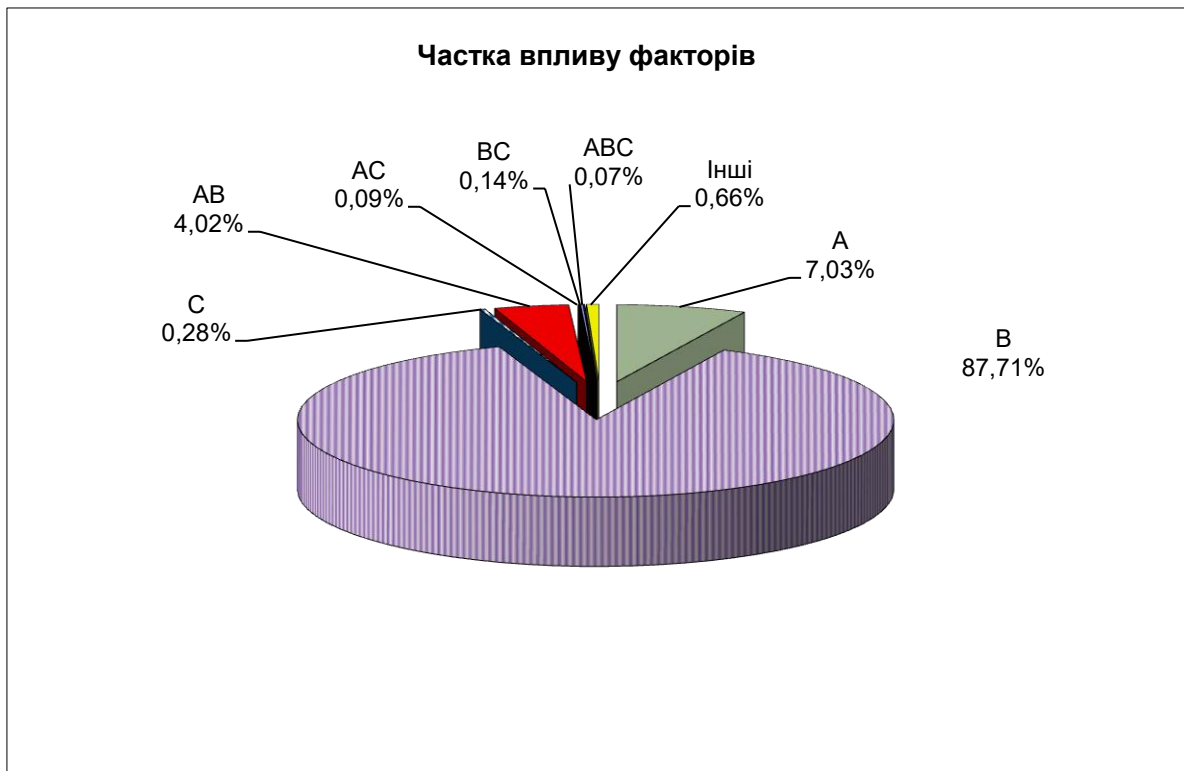
Кількість активних бульбочок у рослин нуту у фазу наливу зерна

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	61778,5	134			
Погоди	Sp	109,6	2			
Варіантів	Sv	61369,8	44	1394,8	410,4	1,51
	Ca	4344,7	2	2172,4	639,2	3,10
	Cb	54184,1	2	27092,0	7971,3	3,10
	Cc	172,6	4	43,2	12,7	2,48
	Cab	2483	4	620,8	182,7	2,48
	Caс	56,7	9	6,3	1,9	1,99
	Cbc	87,4	8	10,9	3,2	2,05
	Cabc	41,1	16	2,6	0,8	1,76
Помилки	Cz	299,1	88	3,4		
	t_{05}	1,99				
				Точність дослідів:		3,8 %

НІР ₀₅ ABC	2,12	НІР ₀₅ A	0,55	НІР ₀₅ B	0,55	НІР ₀₅ C	0,71
-----------------------	------	---------------------	------	---------------------	------	---------------------	------

Частка дії фактора:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
7,0 %	87,7 %	0,3 %	4,0 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,7 %



Додаток А.12

Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)

Показники активного симбіотичного потенціалу рослин нуту

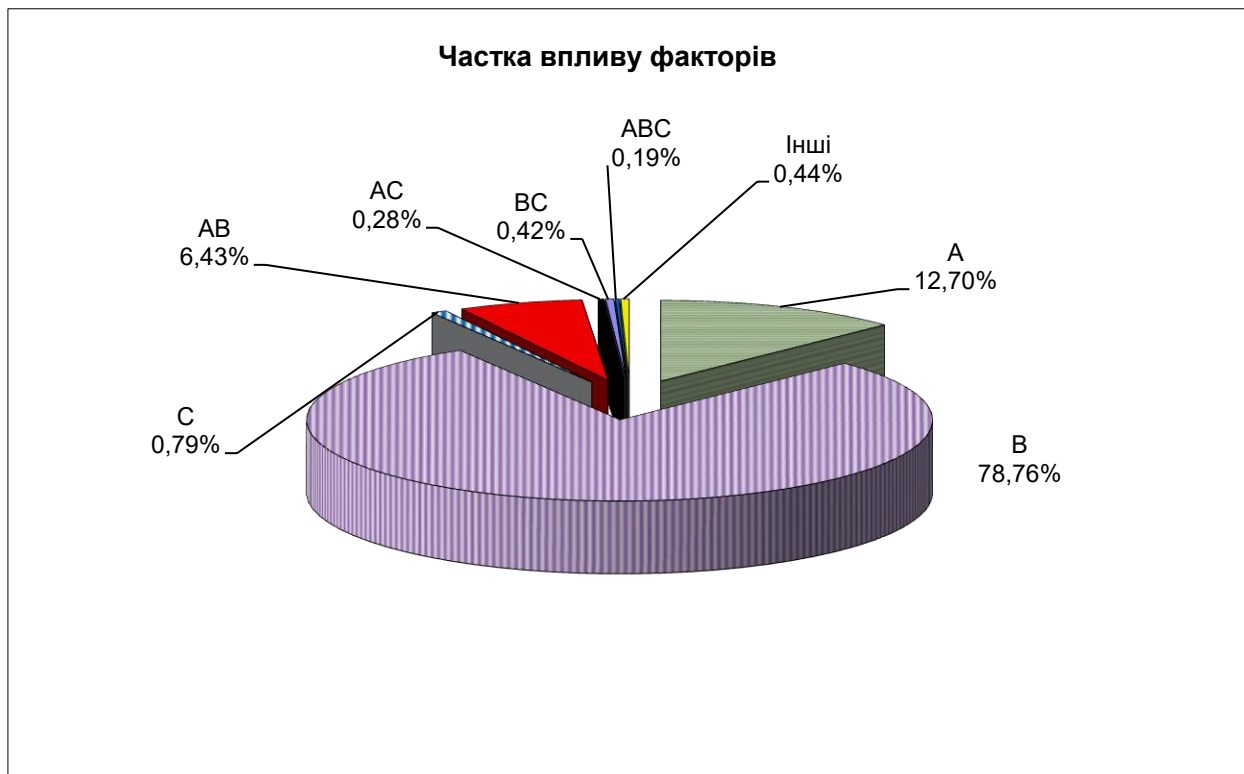
Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення		
					F_{ϕ}	F_{05}	
Загальна	Sy	2331952982,2	134				
Погоди	Sp	3651797,3	2				
Варіантів	Sv	2321762373,0	44	52767326,7	710,1	1,51	
	Ca	296135420,8	2	148067710,4	1992,7	3,10	
	Cb	1836622866,4	2	918311433,2	12358,7	3,10	
	Cc	18358075,9	4	4589519,0	61,8	2,48	
	Cab	149845507	4	37461376,6	504,2	2,48	
	Caс	6494098,2	9	721566,5	9,7	1,99	
	Cbc	9823675,3	8	1227959,4	16,5	2,05	
	Cabc	4482729,9	16	280170,6	3,8	1,76	
	Помилки	Cz	6538811,9	88	74304,7		

t_{05}	1,99		Точність досліджу:	3,1 %
----------	------	--	--------------------	-------

HP_{05ABC}	312,76	HP_{05A}	80,75	HP_{05B}	80,75	HP_{05C}	104,25
--------------	--------	------------	-------	------------	-------	------------	--------

Частка дії фактора:

A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
12,7 %	78,8 %	0,8 %	6,4 %	0,3 %	0,4 %	0,2 %	0,4 %



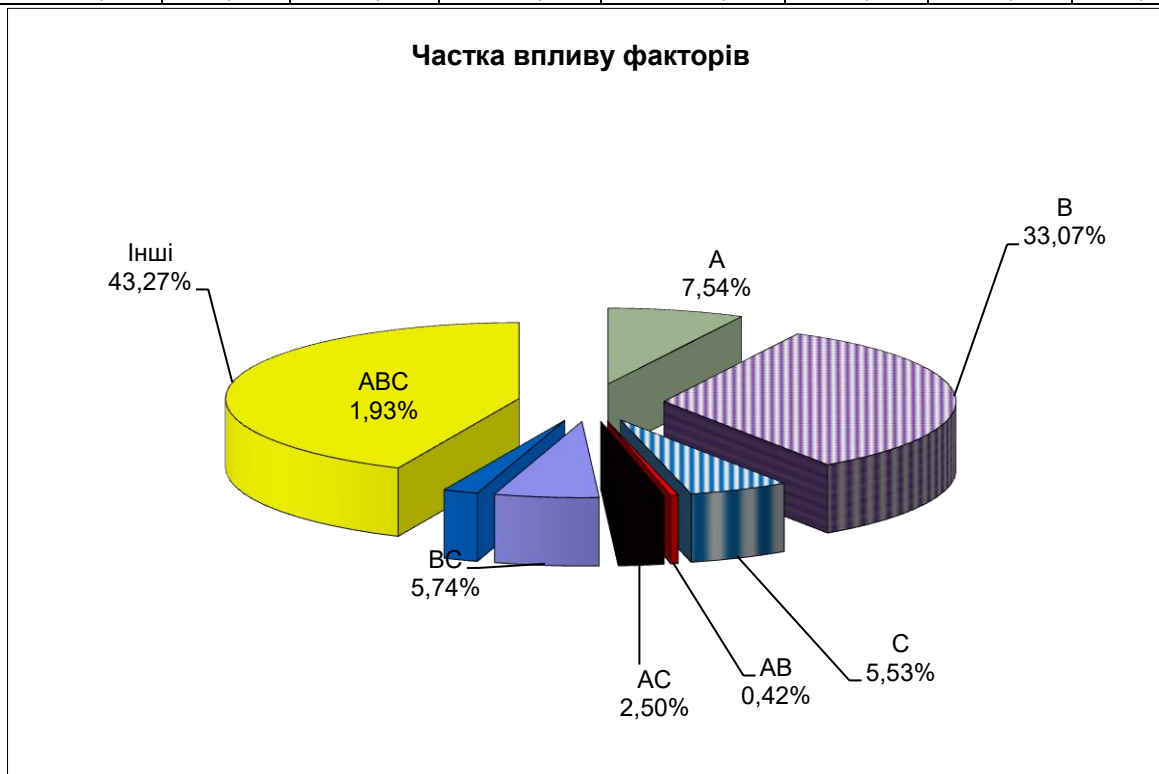
Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників площі листкової поверхні посіву сої

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	1903,9	134			
Погоди	Sp	629,8	2			
Варіантів	Sv	1080,1	44	24,5	11,1	1,51
	Ca	143,5	2	71,7	32,5	3,10
	Cb	629,7	2	314,8	142,9	3,10
	Cc	105,3	4	26,3	11,9	2,48
	Cab	8	4	2,0	0,9	2,48
	Caс	47,7	9	5,3	2,4	1,99
	Cbc	109,3	8	13,7	6,2	2,05
	Cabc	36,8	16	2,3	1,0	1,76
Помилки	Cz	193,9	88	2,2		
	t_{05}	1,99		Точність дослідів:		2,6 %

$HP_{05}ABC$	1,70	$HP_{05}A$	0,44	$HP_{05}B$	0,44	$HP_{05}C$	0,57
--------------	------	------------	------	------------	------	------------	------

Частка дії фактора:

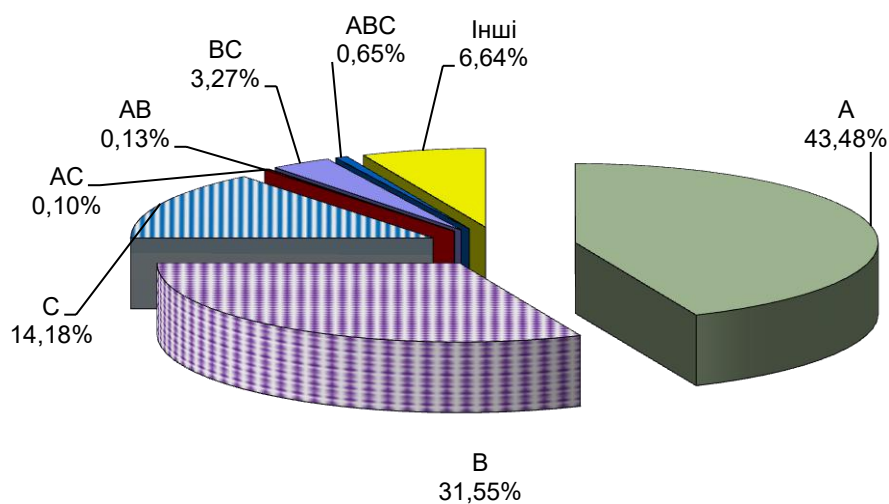
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
7,5 %	33,1 %	5,5 %	0,4 %	2,5 %	5,7 %	1,9 %	43,3 %



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників площі листкової поверхні посіву нуту

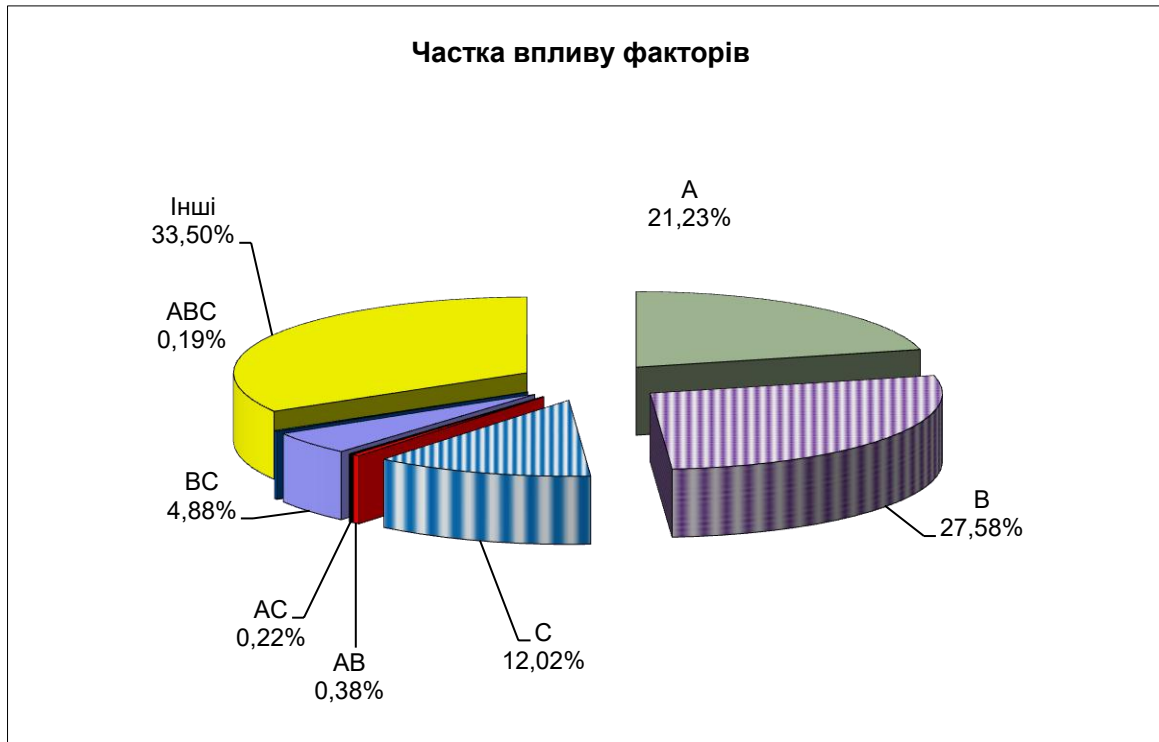
Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення										
					F_{ϕ}	F_{05}									
Загальна	Sy	83162,7	134												
Погоди	Sp	2734,9	2												
Варіантів	Cv	77640,1	44	1764,5	55,7	1,51									
	Ca	36160,5	2	18080,3	570,7	3,10									
	Cb	26238,5	2	13119,3	414,1	3,10									
	Cc	11792,2	4	2948,0	93,1	2,48									
	Cab	105	4	26,2	0,8	2,48									
	Cac	87,0	9	9,7	0,3	1,99									
	Cbc	2719,9	8	340,0	10,7	2,05									
	Cabc	537,3	16	33,6	1,1	1,76									
Помилки	Cz	2787,7	88	31,7											
	t_{05}	1,99		Точність досліджу:		1,0 %									
HIP ₀₅ ABC		6,46	HIP ₀₅ A		1,67	HIP ₀₅ B		1,67	HIP ₀₅ C		2,15				
Частка дії фактора:															
A		B		C		AB		AC		BC		ABC		Інші	
43,5 %		31,6 %		14,2 %		0,1 %		0,1 %		3,3 %		0,6 %		6,6 %	

Частка впливу факторів



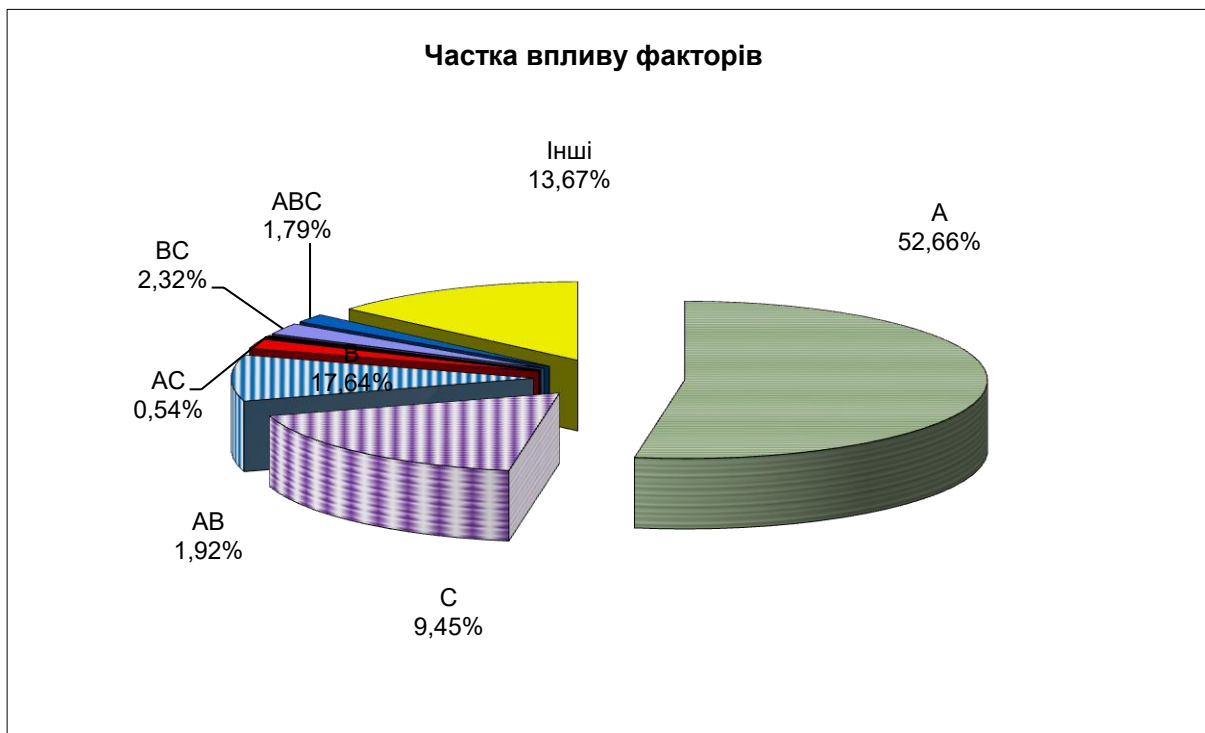
Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників індивідуальної продуктивності рослин сої

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення		
					F_{ϕ}	F_{05}	
Загальна	Sy	95,7	134				
Погоди	Sp	27,1	2				
Варіантів	Sv	63,7	44	1,4	25,7	1,51	
	Ca	20,3	2	10,2	180,5	3,10	
	Cb	26,4	2	13,2	234,5	3,10	
	Cc	11,5	4	2,9	51,1	2,48	
	Cab	0	4	0,1	1,6	2,48	
	Caс	0,2	9	0,0	0,4	1,99	
	Cbc	4,7	8	0,6	10,4	2,05	
	Cabc	0,2	16	0,0	0,2	1,76	
Помилки	Cz	5,0	88	0,1			
	t_{05}	1,99		Точність дослідю:		2,3 %	
НІР ₀₅ ABC	0,27	НІР ₀₅ A	0,07	НІР ₀₅ B	0,07	НІР ₀₅ C	0,09
Частка дії фактора:							
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
21,2 %	27,6 %	12,0 %	0,4 %	0,2 %	4,9 %	0,2 %	33,5 %



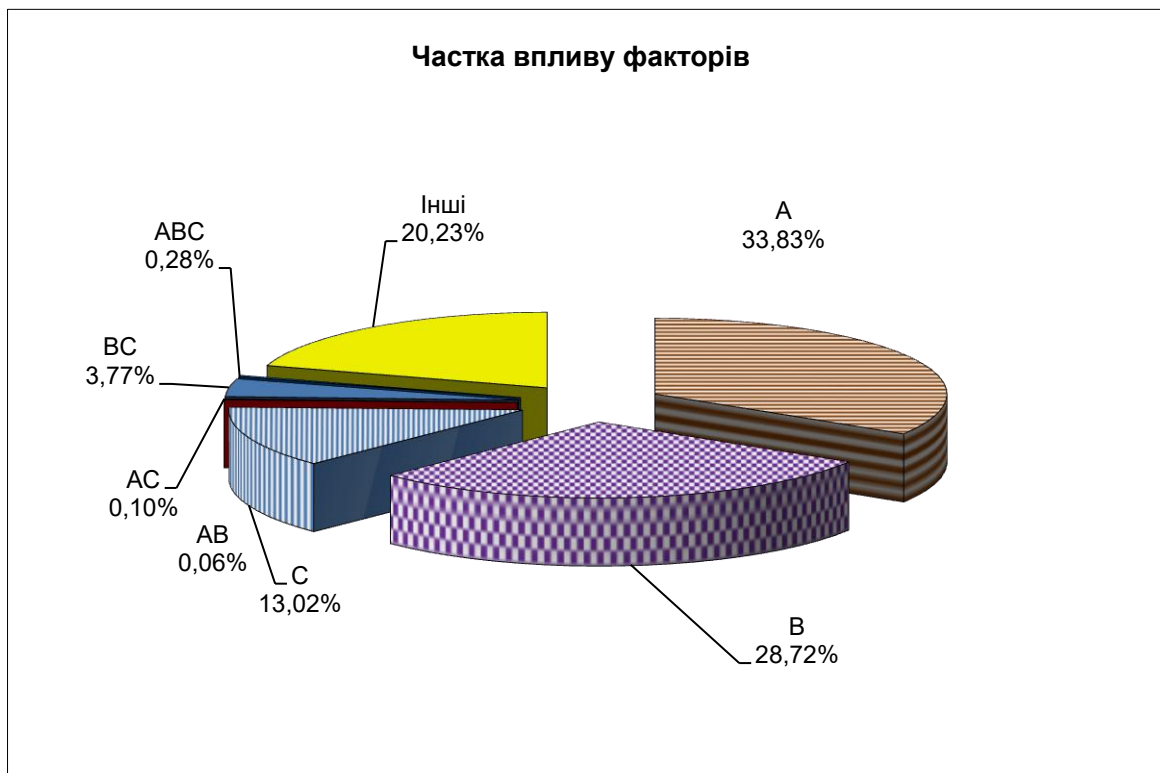
Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників індивідуальної продуктивності рослин нуту

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення		
					F_{ϕ}	F_{05}	
Загальна	Sy	24,0	134				
Погоди	Sp	1,5	2				
Варіантів	Cv	20,0	44	0,5	16,3	1,51	
	Ca	8,4	2	4,2	150,1	3,10	
	Cb	7,1	2	3,6	127,4	3,10	
	Cc	2,7	4	0,7	23,9	2,48	
	Cab	0	4	0,0	1,6	2,48	
	Cac	0,1	9	0,0	0,6	1,99	
	Cbc	1,3	8	0,2	5,6	2,05	
	Cabc	0,3	16	0,0	0,6	1,76	
Помилки	Cz	2,5	88	0,0			
	t_{05}	1,99		Точність дослідю:		1,7 %	
HIP ₀₅ ABC		0,19	HIP ₀₅ A		0,05	HIP ₀₅ B	
					0,05	HIP ₀₅ C	
						0,06	
Частка дії фактора:							
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
34,9 %	29,7 %	11,1 %	0,8 %	0,6 %	5,3 %	1,1 %	16,6 %



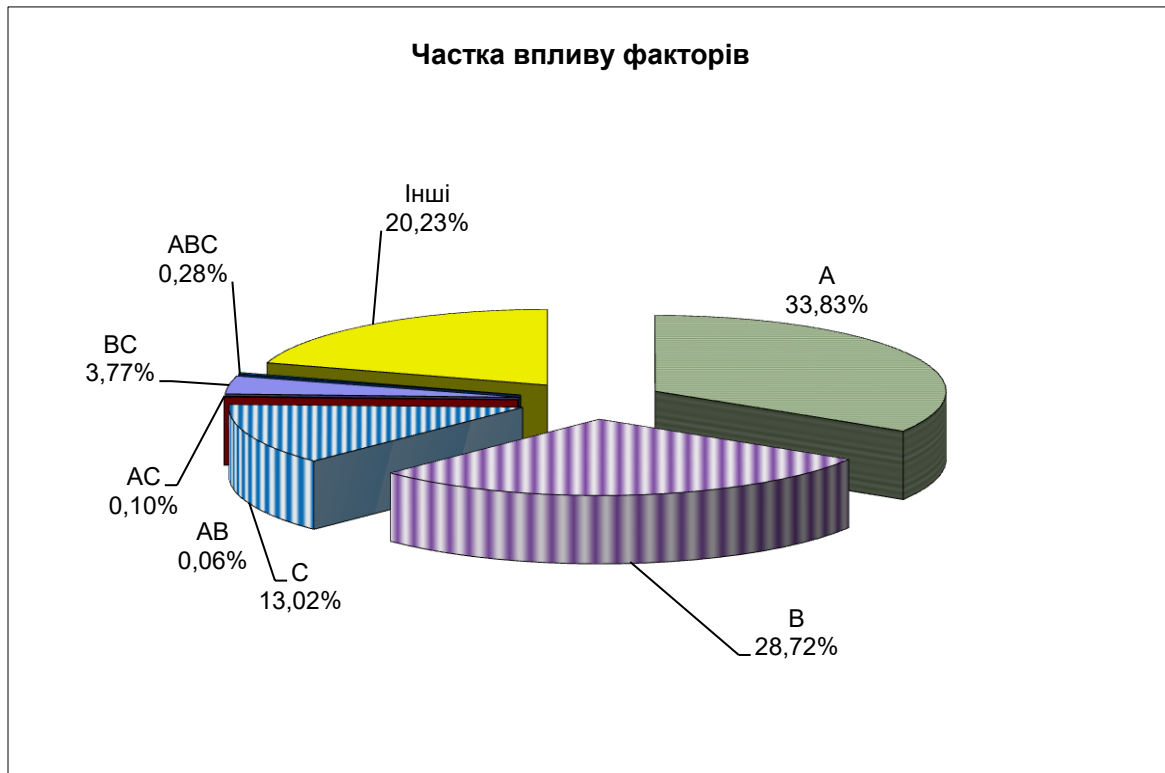
Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників врожайності сої

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення			
					F_{ϕ}	F_{05}		
Загальна	Sy	19,4	134					
Погоди	Sp	5,8	2					
Варіантів	Cv	12,7	44	0,3	28,1	1,51		
	Ca	4,2	2	2,1	203,1	3,10		
	Cb	5,0	2	2,5	242,1	3,10		
	Cc	2,3	4	0,6	56,4	2,48		
	Cab	0	4	0,0	1,9	2,48		
	Сac	0,0	9	0,0	0,4	1,99		
	Cbc	1,1	8	0,1	13,2	2,05		
	Cabc	0,0	16	0,0	0,1	1,76		
	Помилки	Cz	0,9	88	0,0			
		t_{05}	1,99		Точність дослідів:		2,3 %	
НІР ₀₅ ABC		0,12	НІР ₀₅ A	0,03	НІР ₀₅ B	0,03	НІР ₀₅ C	0,04
Частка дії фактора:								
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші	
21,6 %	25,7 %	12,0 %	0,4 %	0,2 %	5,6 %	0,1 %	34,4 %	



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників урожайності нуту

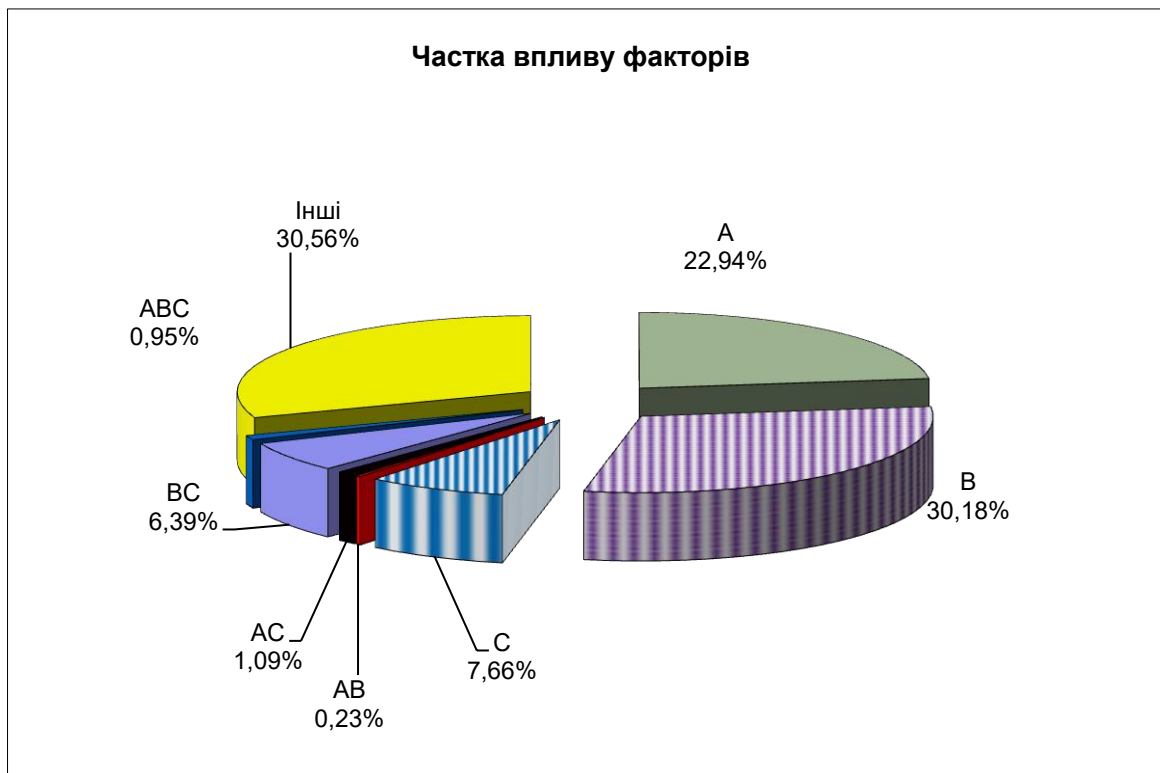
Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення			
					$F_{ф}$	F_{05}		
Загальна	Sy	4,1	134					
Погоди	Sp	0,7	2					
Варіантів	Sv	3,3	44	0,1	69,0	1,51		
	Ca	1,4	2	0,7	643,7	3,10		
	Cb	1,2	2	0,6	546,4	3,10		
	Cc	0,5	4	0,1	123,9	2,48		
	Cab	0	4	0,0	0,6	2,48		
	Cac	0,0	9	0,0	0,4	1,99		
	Cbc	0,2	8	0,0	17,9	2,05		
	Cabc	0,0	16	0,0	0,7	1,76		
	Помилки	Cz	0,1	88	0,0			
	t_{05}	1,99		Точність досліду:		0,9 %		
НІР ₀₅ ABC		0,04	НІР ₀₅ A	0,01	НІР ₀₅ B	0,01	НІР ₀₅ C	0,01
Частка дії фактора:								
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші	
33,8 %	28,7 %	13,0 %	0,1 %	0,1 %	3,8 %	0,3 %	20,2 %	



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників маси 1 000 шт. зернин сої

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення	
					F_{ϕ}	F_{05}
Загальна	Sy	68918,2	134			
Погоди	Sp	16955,1	2			
Варіантів	Sv	47860,0	44	1087,7	23,3	1,51
	Ca	15811,2	2	7905,6	169,6	3,10
	Cb	20798,2	2	10399,1	223,0	3,10
	Cc	5277,5	4	1319,4	28,3	2,48
	Cab	159	4	39,8	0,9	2,48
	Caс	752,6	9	83,6	1,8	1,99
	Cbc	4405,6	8	550,7	11,8	2,05
	Cabc	655,7	16	41,0	0,9	1,76
	Помилки	Cz	4103,0	88	46,6	
	t_{05}	1,99		Точність дослідю:		1,9 %

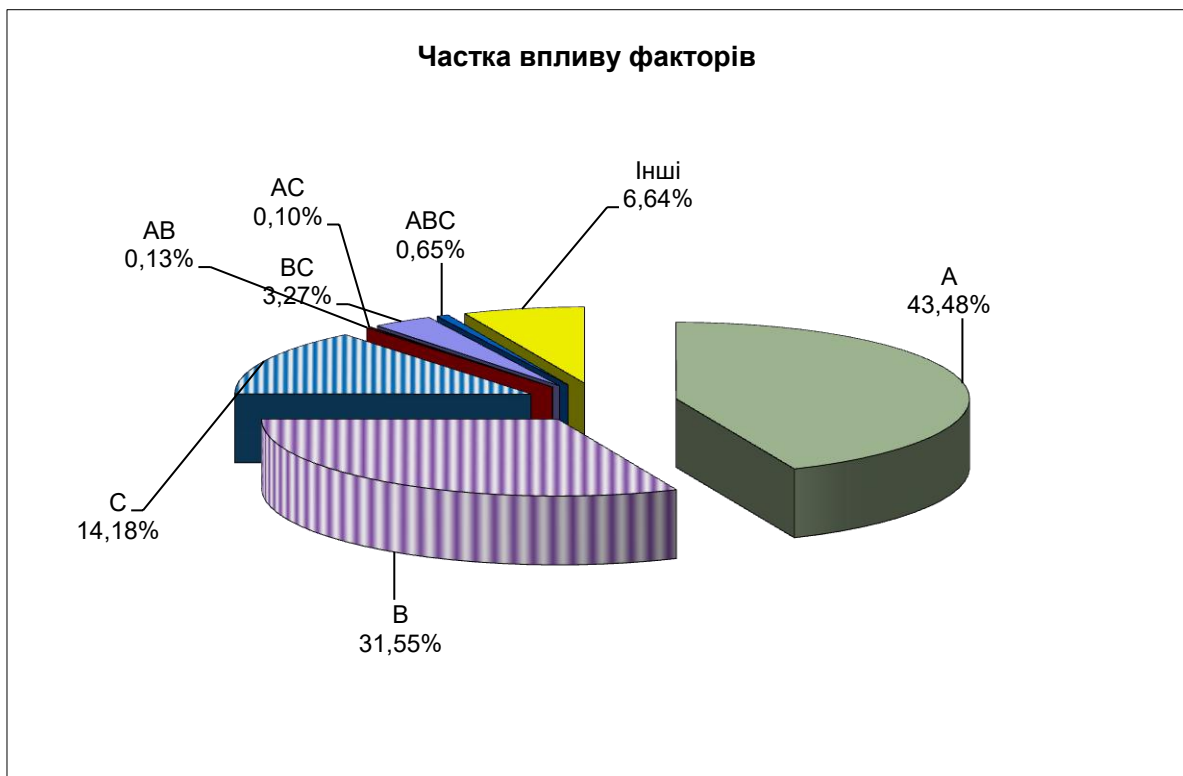
HIP ₀₅ ABC		7,83	HIP ₀₅ A		2,02	HIP ₀₅ B		2,02	HIP ₀₅ C		2,61				
Частка дії фактора:															
A		B		C		AB		AC		BC		ABC		Інші	
22,9 %		30,2 %		7,7 %		0,2 %		1,1 %		6,4 %		1,0 %		30,6 %	



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)

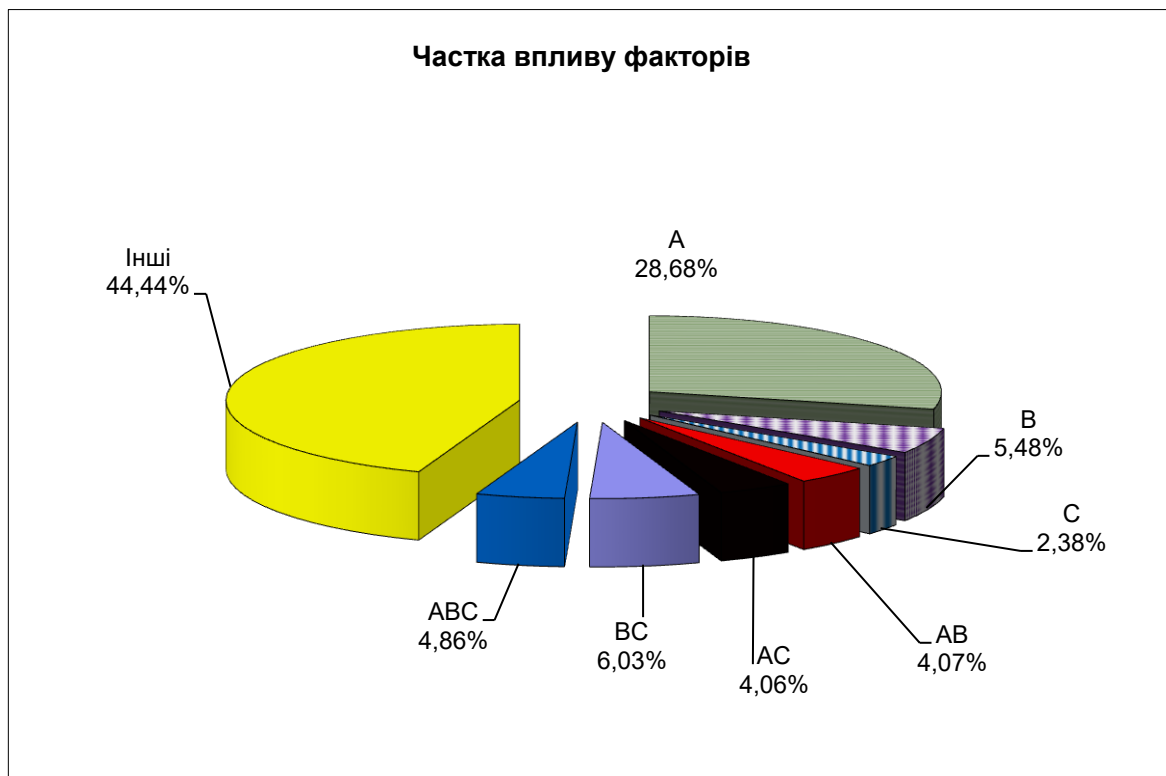
показників маси 1 000 шт. зернин нуту

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення																		
					F_{ϕ}	F_{05}																	
Загальна	Sy	83162,7	134																				
Погоди	Sp	2734,9	2																				
Варіантів	Sv	77640,1	44	1764,5	55,7	1,51																	
	Ca	36160,5	2	18080,3	570,7	3,10																	
	Cb	26238,5	2	13119,3	414,1	3,10																	
	Cc	11792,2	4	2948,0	93,1	2,48																	
	Cab	105	4	26,2	0,8	2,48																	
	Sac	87,0	9	9,7	0,3	1,99																	
	Sbc	2719,9	8	340,0	10,7	2,05																	
	Sabc	537,3	16	33,6	1,1	1,76																	
	Помилки	Sz	2787,7	88	31,7																		
	t_{05}	1,99		Точність дослідів:		1,0 %																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">HIP₀₅ABC</th> <th colspan="2">HIP₀₅A</th> <th colspan="2">HIP₀₅B</th> <th colspan="2">HIP₀₅C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6,46</td> <td></td> <td>1,67</td> <td></td> <td>1,67</td> <td></td> <td>2,15</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								HIP ₀₅ ABC		HIP ₀₅ A		HIP ₀₅ B		HIP ₀₅ C		6,46		1,67		1,67		2,15	
HIP ₀₅ ABC		HIP ₀₅ A		HIP ₀₅ B		HIP ₀₅ C																	
6,46		1,67		1,67		2,15																	
Частка дії фактора:																							
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші																
43,5 %	31,6 %	14,2 %	0,1 %	0,1 %	3,3 %	0,6 %	6,6 %																



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників вмісту білка в зерні сої

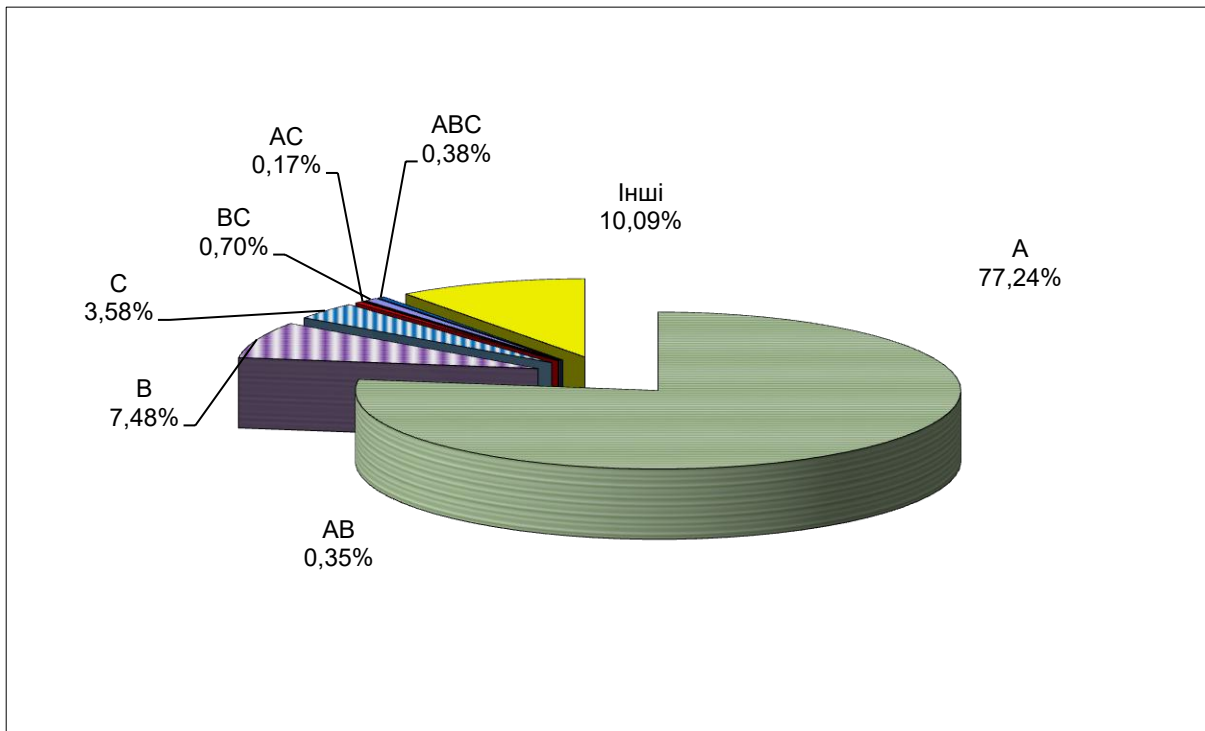
Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення																		
					F_{ϕ}	F_{05}																	
Загальна	Sy	176,7	134																				
Погоди	Sp	33,8	2																				
Варіантів	Sv	105,4	44	2,4	5,6	1,51																	
	Ca	29,5	2	14,7	34,6	3,10																	
	Cb	23,4	2	11,7	27,5	3,10																	
	Cc	4,0	4	1,0	2,3	2,48																	
	Cab	13	4	3,3	7,8	2,48																	
	Caс	7,5	9	0,8	2,0	1,99																	
	Cbc	7,2	8	0,9	2,1	2,05																	
	Cabc	20,5	16	1,3	3,0	1,76																	
Помилки	Cz	37,5	88	0,4																			
	t_{05}	1,99		Точність дослідю:		0,9 %																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">HIP₀₅ABC</th> <th colspan="2">HIP₀₅A</th> <th colspan="2">HIP₀₅B</th> <th colspan="2">HIP₀₅C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,75</td> <td></td> <td>0,19</td> <td></td> <td>0,19</td> <td></td> <td>0,25</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								HIP ₀₅ ABC		HIP ₀₅ A		HIP ₀₅ B		HIP ₀₅ C		0,75		0,19		0,19		0,25	
HIP ₀₅ ABC		HIP ₀₅ A		HIP ₀₅ B		HIP ₀₅ C																	
0,75		0,19		0,19		0,25																	
Частка дії фактора:																							
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші																
16,7 %	13,3 %	2,3 %	7,5 %	4,3 %	4,1 %	11,6 %	40,3 %																



Додаток Б.10

Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників вмісту білка в зерні нуту

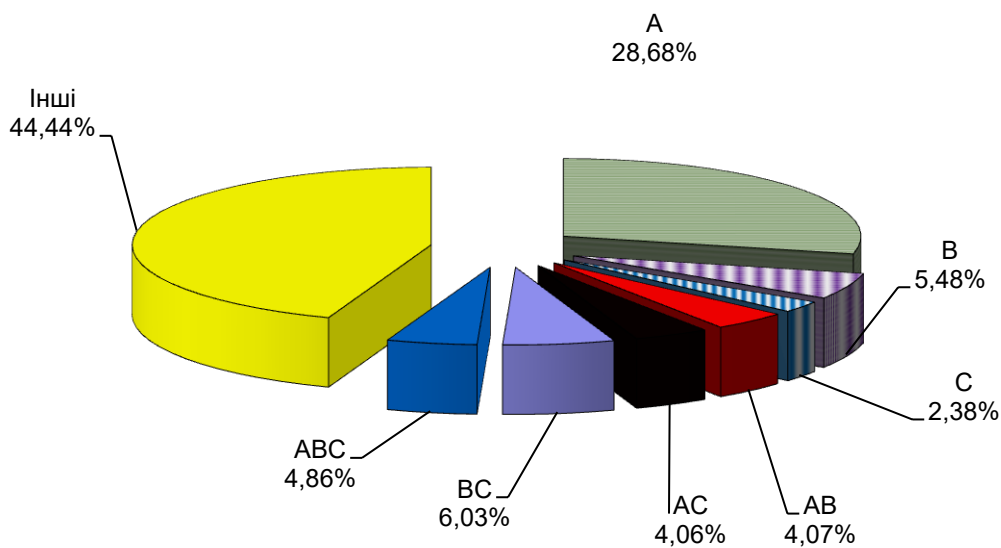
Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення																		
					F_{ϕ}	F_{05}																	
Загальна	Sy	1398,1	134																				
Погоди	Sp	119,2	2																				
Варіантів	Sv	1257,0	44	28,6	114,4	1,51																	
	Ca	1079,9	2	539,9	2162,8	3,10																	
	Cb	104,6	2	52,3	209,5	3,10																	
	Cc	50,1	4	12,5	50,2	2,48																	
	Cab	5	4	1,2	4,9	2,48																	
	Cac	2,4	9	0,3	1,1	1,99																	
	Cbc	9,8	8	1,2	4,9	2,05																	
	Cabc	5,4	16	0,3	1,3	1,76																	
	Помилки	Cz	22,0	88	0,2																		
		t_{05}	1,99		Точність дослідю:		1,2 %																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">HIP₀₅ABC</th> <th colspan="2">HIP₀₅A</th> <th colspan="2">HIP₀₅B</th> <th colspan="2">HIP₀₅C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,57</td> <td></td> <td>0,15</td> <td></td> <td>0,15</td> <td></td> <td>0,19</td> </tr> </tbody> </table>								HIP ₀₅ ABC		HIP ₀₅ A		HIP ₀₅ B		HIP ₀₅ C			0,57		0,15		0,15		0,19
HIP ₀₅ ABC		HIP ₀₅ A		HIP ₀₅ B		HIP ₀₅ C																	
	0,57		0,15		0,15		0,19																
Частка дії фактора:																							
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші																
77,2 %	7,5 %	3,6 %	0,3 %	0,2 %	0,7 %	0,4 %	10,1 %																



Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників вмісту олії в зерні сої

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення																		
					F_{ϕ}	F_{05}																	
Загальна	Sy	43,7	134																				
Погоди	Sp	11,0	2																				
Варіантів	Sv	24,3	44	0,6	5,8	1,51																	
	Ca	12,5	2	6,3	65,8	3,10																	
	Cb	2,4	2	1,2	12,6	3,10																	
	Cc	1,0	4	0,3	2,7	2,48																	
	Cab	2	4	0,4	4,7	2,48																	
	Cac	1,8	9	0,2	2,1	1,99																	
	Cbc	2,6	8	0,3	3,5	2,05																	
	Cabc	2,1	16	0,1	1,4	1,76																	
	Помилки	Cz	8,4	88	0,1																		
	t_{05}	1,99		Точність дослідю:		0,9 %																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">HIP₀₅ABC</th> <th colspan="2">HIP₀₅A</th> <th colspan="2">HIP₀₅B</th> <th colspan="2">HIP₀₅C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,35</td> <td></td> <td>0,09</td> <td></td> <td>0,09</td> <td></td> <td>0,12</td> </tr> </tbody> </table>								HIP ₀₅ ABC		HIP ₀₅ A		HIP ₀₅ B		HIP ₀₅ C			0,35		0,09		0,09		0,12
HIP ₀₅ ABC		HIP ₀₅ A		HIP ₀₅ B		HIP ₀₅ C																	
	0,35		0,09		0,09		0,12																
Частка дії фактора:																							
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші																
28,7 %	5,5 %	2,4 %	4,1 %	4,1 %	6,0 %	4,9 %	44,4 %																

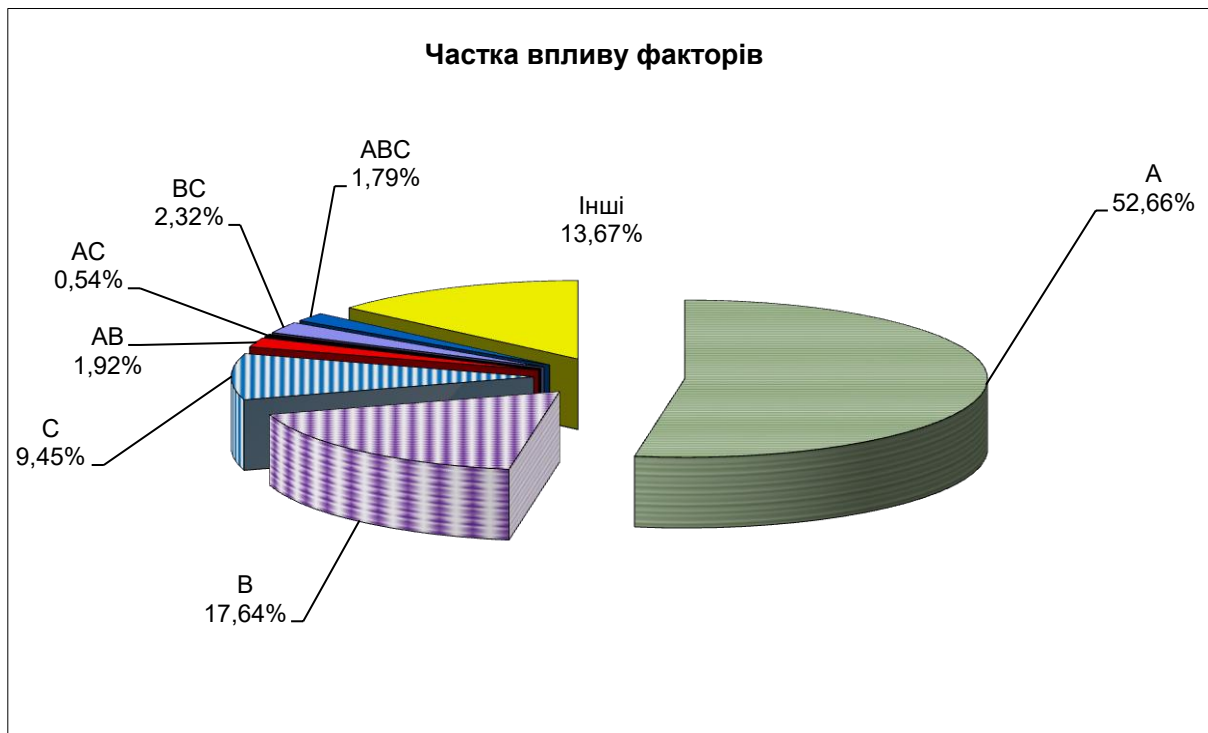
Частка впливу факторів



Додаток Б.12

Результати дисперсійного аналізу (трифакторного)
показників вмісту олії в зерні нуту

Джерело варіації		Сума квадратів	Ступінь вільності	Середній квадрат	Відношення		
					F_{ϕ}	F_{05}	
Загальна	Sy	301,3	134				
Погоди	Sp	35,2	2				
Варіантів	Cv	260,1	44	5,9	87,4	1,51	
	Ca	158,7	2	79,3	1172,2	3,10	
	Cb	53,1	2	26,6	392,6	3,10	
	Cc	28,5	4	7,1	105,2	2,48	
	Cab	6	4	1,4	21,4	2,48	
	Caс	1,6	9	0,2	2,7	1,99	
	Cbc	7,0	8	0,9	12,9	2,05	
	Cabc	5,4	16	0,3	5,0	1,76	
	Помилки	Cz	6,0	88	0,1		
	t_{05}	1,99		Точність досліджу:		0,8 %	
$HIP_{05}ABC$	0,30	$HIP_{05}A$	0,08	$HIP_{05}B$	0,08	$HIP_{05}C$	0,10
Частка дії фактора:							
A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Інші
52,7 %	17,6 %	9,5 %	1,9 %	0,5 %	2,3 %	1,8 %	13,7 %



Додаток В.1

Економічна ефективність вирощування сої												
протруйник	урожайність, ц/га	оплата праці, грн	насіння	добриво	засоби захисту	пальне	інші витрати	усього витрат	вартість вальної продукції, грн	собівартість 1 ц, грн	прибуток, грн/га	рентабельність, %
сорт Кордоба (контроль)												
контроль	23,2	346,4	1968	5833	1984	2982	3278	16391	36656	706,53	20265	124
Максим Адванс	25,0	360,1	1968	5833	2188	3028	3344	16721	39500	668,85	22779	136
Стандак Топ	25,9	367,0	1968	5833	2752	3051	3493	17463	40922	674,27	23459	134
Редіго М	24,3	354,8	1968	5833	2185	3010	3338	16688	38394	686,76	21706	130
Февер	25,1	360,9	1968	5833	2195	3030	3347	16734	39658	666,69	22924	137
сорт Кордоба (ХіСтік)												
контроль	27,2	376,9	1968	5833	1984	3084	3311	16557	42976	608,73	26419	160
Максим Адванс	31,2	407,5	1968	5833	2751	3186	3536	17682	49296	566,74	31614	179
Стандак Топ	27,6	380,0	1968	5833	3315	3094	3648	18238	43608	660,79	25370	139
Редіго М	30,6	402,9	1968	5833	2748	3171	3531	17654	48348	576,91	30694	174
Февер	32,1	414,3	1968	5833	2758	3209	3546	17728	50718	552,28	32990	186
сорт Кордоба (Оптімайз)												
контроль	26,1	368,5	1968	5833	1984	3056	3302	16512	41238	632,64	24726	150
Максим Адванс	30,1	399,1	1968	5833	2469	3158	3457	17284	47558	574,22	30274	175
Стандак Топ	26,5	371,6	1968	5833	3033	3066	3568	17840	41870	673,19	24030	135
Редіго М	29,5	394,5	1968	5833	2466	3143	3451	17255	46610	584,93	29355	170
Февер	31,2	407,5	1968	5833	2476	3186	3468	17338	49296	555,72	31958	184

Додаток В.2

Економічна ефективність вирощування сої												
протруйник	урожайність , ц/га	оплата праці, грн	насіння	добри- во	засоби захис- ту	пальне	інші витра- ти	усього витрат	вартість валової продукції , грн	собівартість 1 ц, грн	прибуток, грн/га	рентабель- ність, %
сорт Тенор (контроль)												
контроль	21,6	334,2	2331	5833	1984	2941	3356	16779	34128	776,79	17349	103
Максим Адванс	23	344,9	2331	5833	2188	2977	3418	17092	36340	743,13	19248	113
Стандак Топ	24,1	353,3	2331	5833	2752	3005	3569	17843	38078	740,35	20235	113
Редіго М	22,6	341,8	2331	5833	2185	2966	3414	17072	35708	755,38	18636	109
Февер	23,4	347,9	2331	5833	2195	2987	3423	17117	36972	731,51	19855	116
сорт Тенор (ХіСтік)												
контроль	24,8	358,6	2331	5833	1984	3023	3382	16912	39184	681,92	22272	132
Максим Адванс	27,4	378,5	2331	5833	2751	3089	3596	17978	43292	656,14	25314	141
Стандак Топ	24,7	357,8	2331	5833	3315	3020	3714	18571	39026	751,87	20455	110
Редіго М	27,8	381,5	2331	5833	2748	3099	3598	17991	43924	647,16	25933	144
Февер	29,1	391,4	2331	5833	2758	3133	3612	18058	45978	620,53	27920	155
сорт Тенор (Оптімайз)												
контроль	23,8	351,0	2331	5833	1984	2997	3374	16870	37604	708,83	20734	123
Максим Адванс	26,4	370,8	2331	5833	2469	3064	3517	17584	41712	666,07	24128	137
Стандак Топ	23,7	350,2	2331	5833	3033	2995	3635	18177	37446	766,97	19269	106
Редіго М	26,8	373,9	2331	5833	2466	3074	3519	17597	42344	656,61	24747	141
Февер	28,1	383,8	2331	5833	2476	3107	3533	17664	44398	628,60	26734	151

Додаток В.3

Економічна ефективність вирощування сої												
протруйник	урожайність, ц/га	оплата праці, грн	насіння	добриво	засоби захисту	пальне	інші витрати	усього витрат	вартість валової продукції, грн	собівартість 1 ц, грн	прибуток, грн/га	рентабельність, %
сорт Діадема Поділля (контроль)												
контроль	19,7	319,7	1408	5833	1984	2892	3109	15546	31126	789,14	15580	100
Максим Адванс	20,8	328,1	1408	5833	2188	2920	3169	15847	32864	761,87	17017	107
Стандак Топ	21,8	335,7	1408	5833	2752	2946	3319	16593	34444	761,16	17851	108
Редіго М	19,8	320,4	1408	5833	2185	2895	3160	15802	31284	798,06	15482	98
Февер	21,2	331,1	1408	5833	2195	2931	3174	15872	33496	748,69	17624	111
сорт Діадема Поділля (ХіСтік)												
контроль	23,2	346,4	1408	5833	1984	2982	3138	15691	36656	676,35	20965	134
Максим Адванс	25,8	366,2	1408	5833	2751	3048	3352	16758	40764	649,54	24006	143
Стандак Топ	23,1	345,6	1408	5833	3315	2979	3470	17351	36498	751,13	19147	110
Редіго М	26,4	370,8	1408	5833	2748	3064	3356	16779	41712	635,58	24933	149
Февер	27,7	380,7	1408	5833	2758	3097	3369	16846	43766	608,15	26920	160
сорт Діадема Поділля (Оптімайз)												
контроль	22,0	337,2	1408	5833	1984	2951	3128	15642	34760	710,98	19118	122
Максим Адванс	25,5	364,0	1408	5833	2469	3041	3279	16393	40290	642,87	23897	146
Стандак Топ	22,6	341,8	1408	5833	3033	2966	3396	16978	35708	751,23	18730	110
Редіго М	24,7	357,8	1408	5833	2466	3020	3271	16356	39026	662,19	22670	139
Февер	27,2	376,9	1408	5833	2476	3084	3294	16472	42976	605,60	26504	161

Економічна ефективність вирощування нуту												
протруйник	урожай- ність, ц/га	оплата праці, грн	насіння	добриво	засоби захисту	пальне	інші витрати	усього витрат	вартість валової продукції, грн	собівартість 1 ц, грн	прибуток, грн/га	рентабельність, %
	сорт Іордан (контроль)											
контроль	20,5	325,8	3100	5833	1984	2913	3539	17694	50225	863,14	32531	184
Максим Адванс	20,4	325,0	3100	5833	2308	2910	3619	18095	49980	887,02	31885	176
Стандак Топ	20,9	328,8	3100	5833	3203	2923	3847	19235	51205	920,32	31970	166
Редіго М	20,3	324,3	3100	5833	2298	2908	3616	18079	49735	890,57	31656	175
Февер	21,4	332,7	3100	5833	2318	2936	3630	18149	52430	848,09	34281	189
	сорт Іордан (Ризолайн)											
контроль	22	337,2	3100	5833	1984	2951	3551	17757	53900	807,12	36143	204
Максим Адванс	23,4	347,9	3100	5833	2638	2987	3726	18632	57330	796,25	38698	208
Стандак Топ	22	337,2	3100	5833	3533	2951	3939	19693	53900	895,13	34207	174
Редіго М	22,5	341,1	3100	5833	2628	2964	3716	18582	55125	825,88	36543	197
Февер	24,5	356,3	3100	5833	2648	3015	3738	18690	60025	762,87	41335	221
	сорт Іордан (Bi-Nitro нут)											
контроль	20,7	327,3	3100	5833	1984	2918	3541	17703	50715	855,20	33012	186
Максим Адванс	21,7	334,9	3100	5833	2400	2943	3653	18264	53165	841,67	34901	191
Стандак Топ	21	329,6	3100	5833	3295	2925	3871	19354	51450	921,61	32096	166
Редіго М	21,4	332,7	3100	5833	2390	2936	3648	18239	52430	852,30	34191	187
Февер	22,6	341,8	3100	5833	2410	2966	3663	18314	55370	810,36	37056	202

Економічна ефективність вирощування нуту												
протруйник	урожай- ність, ц/га	оплата праці, грн	насін- ня	доб- риво	засоби захис- ту	пальне	інші витра- ти	усьо- го вит- рат	вартість валової продукції , грн	собівар- тість 1 ц, грн	прибу- ток, грн/га	рентабель- ність, %
сорт Скарб (контроль)												
контроль	19,9	321,2	3360	5833	1984	2897	3599	17994	48755	904,24	30761	171
Максим Адванс	19,9	321,2	3360	5833	2308	2897	3680	18399	48755	924,60	30356	165
Стандак Топ	20,6	326,5	3360	5833	3203	2915	3909	19547	50470	948,90	30923	158
Редіго М	19,8	320,4	3360	5833	2298	2895	3677	18383	48510	928,42	30127	164
Февер	20,8	328,1	3360	5833	2318	2920	3690	18449	50960	886,99	32511	176
сорт Скарб (Ризолайн)												
контроль	21,4	332,7	3360	5833	1984	2936	3611	18057	52430	843,77	34373	190
Максим Адванс	22,9	344,1	3360	5833	2638	2974	3787	18936	56105	826,92	37169	196
Стандак Топ	21,7	334,9	3360	5833	3533	2943	4001	20005	53165	921,91	33160	166
Редіго М	22,4	340,3	3360	5833	2628	2961	3781	18903	54880	843,89	35977	190
Февер	23,8	351,0	3360	5833	2648	2997	3797	18986	58310	797,75	39324	207
сорт Скарб (Bi-Nitro нут)												
контроль	20,4	325,0	3360	5833	1984	2910	3603	18015	49980	883,10	31965	177
Максим Адванс	21,4	332,7	3360	5833	2400	2936	3715	18577	52430	868,07	33853	182
Стандак Топ	20,1	322,7	3360	5833	3295	2902	3928	19642	49245	977,19	29603	151
Редіго М	20,8	328,1	3360	5833	2390	2920	3708	18539	50960	891,31	32421	175
Февер	22,1	338,0	3360	5833	2410	2954	3724	18618	54145	842,46	35527	191

Економічна ефективність вирощування нуту												
протруйник	урожайність, ц/га	оплата праці, грн	насіння	добриво	засоби захисту	пальне	інші витрати	усього витрат	вартість валової продукції, грн	собівартість 1 ц, грн	прибуток, грн/га	рентабельність, %
сорт Одисей (контроль)												
контроль	22	337,2	1980	5833	1984	2951	3271	16357	53900	743,48	37543	230
Максим Адванс	22,2	338,8	1980	5833	2308	2956	3354	16770	54390	755,40	37620	224
Стандак Топ	22,7	342,6	1980	5833	3203	2969	3582	17909	55615	788,96	37706	211
Редіго М	22	337,2	1980	5833	2298	2951	3350	16749	53900	761,32	37151	222
Февер	23,3	347,2	1980	5833	2318	2984	3366	16828	57085	722,24	40257	239
сорт Одисей (Ризолайн)												
контроль	23,9	351,7	1980	5833	1984	3000	3287	16435	58555	687,68	42120	256
Максим Адванс	25,6	364,7	1980	5833	2638	3043	3465	17324	62720	676,70	45396	262
Стандак Топ	23,9	351,7	1980	5833	3533	3000	3674	18372	58555	768,69	40183	219
Редіго М	24,6	357,1	1980	5833	2628	3018	3454	17270	60270	702,01	43000	249
Февер	26,2	369,3	1980	5833	2648	3058	3472	17361	64190	662,63	46829	270
сорт Одисей (Bi-Nitro нут)												
контроль	22,7	342,6	1980	5833	1984	2969	3277	16386	55615	721,84	39229	239
Максим Адванс	23,6	349,4	1980	5833	2400	2992	3389	16943	57820	717,93	40877	241
Стандак Топ	22,5	341,1	1980	5833	3295	2964	3603	18016	55125	800,72	37109	206
Редіго М	23,2	346,4	1980	5833	2390	2982	3383	16914	56840	729,05	39926	236
Февер	24,8	358,6	1980	5833	2410	3023	3401	17005	60760	685,70	43755	257

протруйник	Структура витрат,%, соя							Енергетика, соя									
	оплата пр.	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші витр.	всього витрат	трактори і с.-г. маш.	добр.	пестиц.	пальне	насіння	затрати праці	усього витрат	вихід енергії з урожаєм, Мдж	затрати на 1 ц	Ксе
	сорт Кордоба (контроль)							сорт Кордоба (контроль)									
контроль	2,11	12,01	35,59	12,10	18,19	20,00	100,00	1383	6774	646	2094	2123	1508	14527	41041	626	2,83
Максим Адванс	2,15	11,77	34,88	13,09	18,11	20,00	100,00	1490	6774	882	2155	2123	1625	15048	44225	602	2,94
Стандак Топ	2,10	11,27	33,40	15,76	17,47	20,00	100,00	1544	6774	900	2185	2123	1684	15209	45817	587	3,01
Редіго М	2,13	11,79	34,95	13,09	18,04	20,00	100,00	1448	6774	882	2131	2123	1580	14937	42987	615	2,88
Февер	2,16	11,76	34,86	13,12	18,11	20,00	100,00	1496	6774	859	2158	2123	1632	15041	44402	599	2,95
	сорт Кордоба (ХіСтік)							сорт Кордоба (ХіСтік)									
контроль	2,28	11,89	35,23	11,98	18,63	20,00	100,00	1621	6774	646	2229	2123	1768	15161	48117	557	3,17
Максим Адванс	2,30	11,13	32,99	15,56	18,02	20,00	100,00	1860	6774	1242	2363	2123	2028	16389	55193	525	3,37
Стандак Топ	2,08	10,79	31,98	18,18	16,97	20,00	100,00	1645	6774	1260	2242	2123	1794	15838	48824	574	3,08
Редіго М	2,28	11,15	33,04	15,57	17,96	20,00	100,00	1824	6774	1242	2343	2123	1989	16294	54131	532	3,32
Февер	2,34	11,10	32,90	15,56	18,10	20,00	100,00	1913	6774	1219	2394	2123	2087	16509	56785	514	3,44
	сорт Кордоба (Оптімайз)							сорт Кордоба (Оптімайз)									
контроль	2,23	11,92	35,33	12,02	18,51	20,00	100,00	1556	6774	646	2192	2123	1697	14987	46171	574	3,08
Максим Адванс	2,31	11,39	33,75	14,28	18,27	20,00	100,00	1794	6774	1044	2326	2123	1957	16017	53247	532	3,32
Стандак Топ	2,08	11,03	32,70	17,00	17,19	20,00	100,00	1579	6774	1062	2205	2123	1723	15466	46879	584	3,03
Редіго М	2,29	11,41	33,80	14,29	18,21	20,00	100,00	1758	6774	1044	2306	2123	1918	15922	52186	540	3,28
Февер	2,35	11,35	33,64	14,28	18,38	20,00	100,00	1860	6774	1021	2363	2123	2028	16169	55193	518	3,41

протруйник	Структура витрат,%, соя							Енергетика, соя									
	оплата пр.	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші витр.	усього витрат	трактори і с.-г. маш.	добр.	пестиц.	пальне	насіння	затрати праці	усього витрат	вихід енергії з урожаєм, Мдж	затрати на 1 ц	Ксе
	сорт Тенор (контроль)							сорт Тенор (контроль)									
контроль	1,99	13,89	34,76	11,82	17,53	20,00	100,00	1287	6774	646	2040	2123	1404	14274	38210	661	2,68
Максим Адванс	2,02	13,64	34,13	12,80	17,42	20,00	100,00	1371	6774	885	2087	2123	1495	14734	40687	641	2,76
Стандак Топ	1,98	13,06	32,69	15,42	16,84	20,00	100,00	1436	6774	905	2124	2123	1567	14929	42633	619	2,86
Редіго М	2,00	13,65	34,17	12,80	17,38	20,00	100,00	1347	6774	885	2074	2123	1469	14671	39979	649	2,73
Февер	2,03	13,62	34,08	12,82	17,45	20,00	100,00	1395	6774	860	2101	2123	1521	14773	41395	631	2,80
	сорт Тенор (ХіСтік)							сорт Тенор (ХіСтік)									
контроль	2,12	13,78	34,49	11,73	17,87	20,00	100,00	1478	6774	646	2148	2123	1612	14781	43871	596	2,97
Максим Адванс	2,11	12,97	32,44	15,30	17,18	20,00	100,00	1633	6774	1245	2235	2123	1781	15791	48471	576	3,07
Стандак Топ	1,93	12,55	31,41	17,85	16,26	20,00	100,00	1472	6774	1265	2144	2123	1606	15384	43694	623	2,84
Редіго М	2,12	12,96	32,42	15,27	17,23	20,00	100,00	1657	6774	1245	2249	2123	1807	15854	49178	570	3,10
Февер	2,17	12,91	32,30	15,27	17,35	20,00	100,00	1734	6774	1220	2293	2123	1892	16036	51478	551	3,21
	сорт Тенор (Оптімайз)							сорт Тенор (Оптімайз)									
контроль	2,08	13,82	34,58	11,76	17,77	20,00	100,00	1418	6774	646	2114	2123	1547	14622	42102	614	2,88
Максим Адванс	2,11	13,26	33,17	14,04	17,42	20,00	100,00	1573	6774	1047	2202	2123	1716	15435	46702	585	3,03
Стандак Топ	1,93	12,82	32,09	16,69	16,47	20,00	100,00	1413	6774	1067	2111	2123	1541	15027	41925	634	2,79
Редіго М	2,12	13,25	33,15	14,01	17,47	20,00	100,00	1597	6774	1047	2215	2123	1742	15498	47409	578	3,06
Февер	2,17	13,20	33,02	14,02	17,59	20,00	100,00	1675	6774	1022	2259	2123	1827	15679	49709	558	3,17

протруйник	Структура витрат,%, соя							Енергетика, соя									
	оплата пр.	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші витр.	усього витрат	трактори і с.-г. маш.	добр.	пестиц.	пальне	насіння	затрати праці	усього витрат	вихід енергії з урожаєм, Мдж	затрати на 1 ц	Кее
	сорт Діадема Поділля (контроль)							сорт Діадема Поділля (контроль)									
контроль	2,06	9,06	37,52	12,76	18,60	20,00	100,00	1174	6774	646	1976	2123	1281	13973	34849	709	2,49
Максим Адванс	2,07	8,89	36,81	13,81	18,43	20,00	100,00	1240	6774	885	2013	2123	1352	14386	36795	692	2,56
Стандак Топ	2,02	8,49	35,15	16,58	17,75	20,00	100,00	1299	6774	905	2047	2123	1417	14565	38564	668	2,65
Редіго М	2,03	8,91	36,91	13,83	18,32	20,00	100,00	1180	6774	885	1979	2123	1287	14228	35026	719	2,46
Февер	2,09	8,87	36,75	13,83	18,46	20,00	100,00	1264	6774	860	2026	2123	1378	14425	37503	680	2,60
	сорт Діадема Поділля (ХіСтік)							сорт Діадема Поділля (ХіСтік)									
контроль	2,21	8,97	37,17	12,64	19,00	20,00	100,00	1383	6774	646	2094	2123	1508	14527	41041	626	2,83
Максим Адванс	2,19	8,40	34,81	16,42	18,19	20,00	100,00	1538	6774	1245	2181	2123	1677	15538	45640	602	2,94
Стандак Топ	1,99	8,11	33,62	19,11	17,17	20,00	100,00	1377	6774	1265	2090	2123	1502	15131	40864	655	2,70
Редіго М	2,21	8,39	34,76	16,38	18,26	20,00	100,00	1573	6774	1245	2202	2123	1716	15633	46702	592	2,99
Февер	2,26	8,36	34,63	16,37	18,38	20,00	100,00	1651	6774	1220	2245	2123	1801	15814	49001	571	3,10
	сорт Діадема Поділля (Оптімайз)							сорт Діадема Поділля (Оптімайз)									
контроль	2,16	9,00	37,29	12,68	18,87	20,00	100,00	1311	6774	646	2053	2123	1430	14338	38918	652	2,71
Максим Адванс	2,22	8,59	35,58	15,06	18,55	20,00	100,00	1520	6774	1047	2171	2123	1658	15292	45110	600	2,95
Стандак Топ	2,01	8,29	34,36	17,86	17,47	20,00	100,00	1347	6774	1067	2074	2123	1469	14853	39979	657	2,69
Редіго М	2,19	8,61	35,66	15,08	18,46	20,00	100,00	1472	6774	1047	2144	2123	1606	15166	43694	614	2,88
Февер	2,29	8,55	35,41	15,03	18,72	20,00	100,00	1621	6774	1022	2229	2123	1768	15537	48117	571	3,10

протруйник	Структура витрат, %, нут							Енергетика, нут									
	оплата пр.	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші витр.	усього витрат	трактори і с.-г. маш.	добр.	пестиц.	пальне	насіння	затрати праці	усього витрат	вихід енергії з урожаєм, Мдж	затрати на 1 ц	Кее
	сорт Іордан (контроль)							сорт Іордан (контроль)									
контроль	1,84	17,52	32,97	11,21	16,46	20,00	100,00	1222	6774	646	2003	3538	1333	15515	36265	757	2,34
Максим Адванс	1,80	17,13	32,24	12,75	16,08	20,00	100,00	1216	6774	907	1999	3538	1326	15760	36088	773	2,29
Стандак Топ	1,71	16,12	30,33	16,65	15,20	20,00	100,00	1246	6774	938	2016	3538	1359	15870	36972	759	2,33
Редіго М	1,79	17,15	32,26	12,71	16,08	20,00	100,00	1210	6774	907	1996	3538	1320	15744	35911	776	2,28
Февер	1,83	17,08	32,14	12,77	16,18	20,00	100,00	1275	6774	869	2033	3538	1391	15881	37857	742	2,38
	сорт Іордан (Ризолайн)							сорт Іордан (Ризолайн)									
контроль	1,90	17,46	32,85	11,17	16,62	20,00	100,00	1311	6774	646	2053	3538	1430	15753	38918	716	2,47
Максим Адванс	1,87	16,64	31,31	14,16	16,03	20,00	100,00	1395	6774	1177	2101	3538	1521	16505	41395	705	2,51
Стандак Топ	1,71	15,74	29,62	17,94	14,99	20,00	100,00	1311	6774	1208	2053	3538	1430	16314	38918	742	2,39
Редіго М	1,84	16,68	31,39	14,14	15,95	20,00	100,00	1341	6774	1177	2070	3538	1463	16362	39803	727	2,43
Февер	1,91	16,59	31,21	14,17	16,13	20,00	100,00	1460	6774	1139	2138	3538	1593	16641	43341	679	2,60
	сорт Іордан (Bi-Nitro нут)							сорт Іордан (Bi-Nitro нут)									
контроль	1,85	17,51	32,95	11,21	16,48	20,00	100,00	1234	6774	646	2010	3538	1346	15547	36618	751	2,36
Максим Адванс	1,83	16,97	31,94	13,14	16,12	20,00	100,00	1293	6774	997	2043	3538	1411	16056	38387	740	2,39
Стандак Топ	1,70	16,02	30,14	17,03	15,12	20,00	100,00	1252	6774	1028	2020	3538	1365	15976	37149	761	2,33
Редіго М	1,82	17,00	31,98	13,10	16,10	20,00	100,00	1275	6774	997	2033	3538	1391	16008	37857	748	2,36
Февер	1,87	16,93	31,85	13,16	16,20	20,00	100,00	1347	6774	959	2074	3538	1469	16161	39979	715	2,47

протруйник	Структура витрат,%, нут							Енергетика, нут									
	оплата пр.	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші витр.	усього витрат	трактори і с.-г. маш.	добр.	пестиц.	пальне	насіння	затрати праці	усього витрат	вихід енергії з урожаєм, Мдж	затрати на 1 ц	Кее
	сорт Скарб (контроль)							сорт Скарб (контроль)									
контроль	1,79	18,67	32,42	11,03	16,10	20,00	100,00	1186	6774	646	1983	3715	1294	15597	35203	784	2,26
Максим Адванс	1,75	18,26	31,70	12,54	15,75	20,00	100,00	1186	6774	910	1983	3715	1294	15861	35203	797	2,22
Стандак Топ	1,67	17,19	29,84	16,39	14,91	20,00	100,00	1228	6774	942	2006	3715	1339	16004	36441	777	2,28
Редіго М	1,74	18,28	31,73	12,50	15,75	20,00	100,00	1180	6774	910	1979	3715	1287	15845	35026	800	2,21
Февер	1,78	18,21	31,62	12,56	15,83	20,00	100,00	1240	6774	870	2013	3715	1352	15964	36795	767	2,30
	сорт Скарб (Ризолайн)							сорт Скарб (Ризолайн)									
контроль	1,84	18,61	32,30	10,99	16,26	20,00	100,00	1275	6774	646	2033	3715	1391	15835	37857	740	2,39
Максим Адванс	1,82	17,74	30,80	13,93	15,71	20,00	100,00	1365	6774	1180	2084	3715	1489	16606	40510	725	2,44
Стандак Топ	1,67	16,80	29,16	17,66	14,71	20,00	100,00	1293	6774	1212	2043	3715	1411	16448	38387	758	2,33
Редіго М	1,80	17,77	30,86	13,90	15,67	20,00	100,00	1335	6774	1180	2067	3715	1456	16526	39626	738	2,40
Февер	1,85	17,70	30,72	13,95	15,79	20,00	100,00	1418	6774	1140	2114	3715	1547	16709	42102	702	2,52
	сорт Скарб (BiNitro нут)							сорт Скарб (BiNitro нут)									
контроль	1,80	18,65	32,38	11,01	16,15	20,00	100,00	1216	6774	646	1999	3715	1326	15676	36088	768	2,30
Максим Адванс	1,79	18,09	31,40	12,92	15,80	20,00	100,00	1275	6774	1000	2033	3715	1391	16188	37857	756	2,34
Стандак Топ	1,64	17,11	29,70	16,78	14,78	20,00	100,00	1198	6774	1032	1989	3715	1307	16015	35557	797	2,22
Редіго М	1,77	18,12	31,46	12,89	15,75	20,00	100,00	1240	6774	1000	2013	3715	1352	16093	36795	774	2,29
Февер	1,82	18,05	31,33	12,94	15,86	20,00	100,00	1317	6774	960	2057	3715	1437	16260	39095	736	2,40

протруйник	Структура витрат, %, нут							Енергетика, нут									
	оплата пр.	насіння	добрива	засоби захисту	пальне	інші витр.	усього витрат	трактори і с.-г. маш.	добр.	пестиц.	пальне	насіння	затрати праці	усього витрат	вихід енергії з урожаєм, Мдж	затрати на 1 ц	Кее
	сорт Одисей (контроль)							сорт Одисей (контроль)									
контроль	2,06	12,11	35,66	12,13	18,04	20,00	100,00	1311	6774	646	2053	3715	1430	15930	38918	724	2,44
Максим Адванс	2,02	11,81	34,78	13,76	17,63	20,00	100,00	1323	6774	900	2060	3715	1443	16215	39272	730	2,42
Стандак Топ	1,91	11,06	32,57	17,88	16,58	20,00	100,00	1353	6774	928	2077	3715	1476	16323	40156	719	2,46
Редіго М	2,01	11,82	34,83	13,72	17,62	20,00	100,00	1311	6774	900	2053	3715	1430	16184	38918	736	2,40
Февер	2,06	11,77	34,66	13,77	17,73	20,00	100,00	1389	6774	867	2097	3715	1515	16356	41218	702	2,52
	сорт Одисей (Ризолайн)							сорт Одисей (Ризолайн)									
контроль	2,14	12,05	35,49	12,07	18,25	20,00	100,00	1424	6774	646	2117	3715	1554	16230	42279	679	2,60
Максим Адванс	2,11	11,43	33,67	15,23	17,57	20,00	100,00	1526	6774	1170	2175	3715	1664	17024	45286	665	2,66
Стандак Топ	1,91	10,78	31,75	19,23	16,33	20,00	100,00	1424	6774	1198	2117	3715	1554	16783	42279	702	2,52
Редіго М	2,07	11,47	33,78	15,22	17,47	20,00	100,00	1466	6774	1170	2141	3715	1599	16865	43517	686	2,58
Февер	2,13	11,40	33,60	15,25	17,62	20,00	100,00	1562	6774	1137	2195	3715	1703	17085	46348	652	2,71
	сорт Одисей (BiNitro нут)							сорт Одисей (BiNitro нут)									
контроль	2,09	12,08	35,60	12,11	18,12	20,00	100,00	1353	6774	646	2077	3715	1476	16040	40156	707	2,50
Максим Адванс	2,06	11,69	34,43	14,17	17,66	20,00	100,00	1407	6774	990	2107	3715	1534	16527	41748	700	2,53
Стандак Топ	1,89	10,99	32,38	18,29	16,45	20,00	100,00	1341	6774	1018	2070	3715	1463	16381	39803	728	2,43
Редіго М	2,05	11,71	34,49	14,13	17,63	20,00	100,00	1383	6774	990	2094	3715	1508	16464	41041	710	2,49
Февер	2,11	11,64	34,30	14,17	17,77	20,00	100,00	1478	6774	957	2148	3715	1612	16683	43871	673	2,63

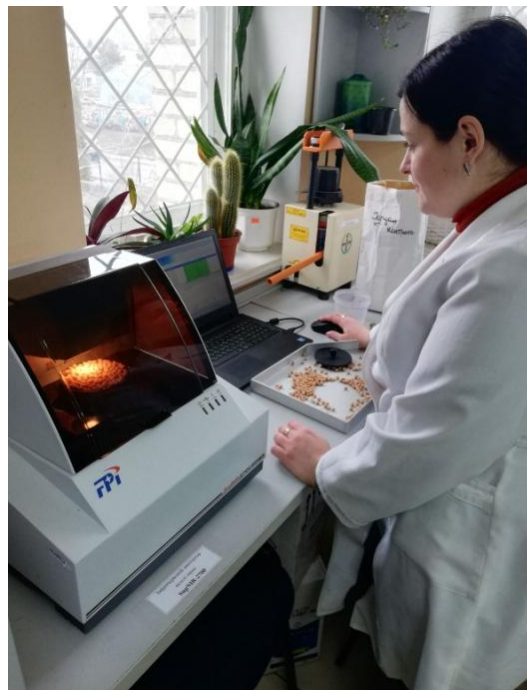
Визначення посівної придатності насіння сої та нуту



Передпосівна обробка насіння сої та нуту досліджуваними препаратами



Визначення якості зерна сої та нуту



Узгоджено

Проректор з наукової та
міжнародної діяльності
д.с.н., професор Данько Ю. І.



10 " 2025 р.

Затверджую

Директор ТОВ «ЛСК -11»,
Нагорнєва Т. В.



10 " 2025 р.

Акт впровадження

Результатів науково-дослідних і технологічних розробок

Замовник: ТОВ «ЛСК -11», Сумська область, м. Лебедин, вул. Сумська, 94

Керівник організації (директор): Нагорнєва Тетяна Володимирівна

Цим актом підтверджується, що результати роботи: Підбір сортів та інокулянтів за вирощування сої в умовах Лівобережного Лісостепу України (Сумська область).

яка виконана аспіранткою Сумського національного аграрного університету Червоною В. О.

впровадженні на землях ТОВ «ЛСК -11», Сумський район, Сумська область.

1. Вид впровадження результатів: Вивчали ефективність вирощування сортів сої (Кордоба, Діадема Поділля) та застосування інокулянтів (контроль, Хі-Стік (4 кг/т), Оптімайз 400 (1,8 л/т+екстендер 0,41 л/т).

Встановлено, що найбільший прибуток з одиниці площі отримали за вирощування сої сорту Кордоба за застосування Хі-Стік (4 кг/т). Прибуток з одиниці площі 26 419 грн., рентабельність 155 %.

2. Характеристика масштабу впровадження 36 га.

3. Новизна науково-дослідних робіт: Вперше в умовах Лівобережного Лісостепу України (Сумський район, Сумська область) отримано найбільшу врожайність при вирощуванні сої сорту Кордоба за передпосівної обробки насіння інокулянтом Хі-Стік (4 кг/т).

4. Впроваджені: у сільськогосподарське виробництво ТОВ «ЛСК -11», Сумська область, м. Лебедин, вул. Сумська, 94.

5. Річний економічний ефект (додатковий прибуток в порівнянні з контролем – 6054 грн/га):

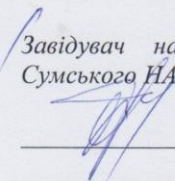
6. Питома економічна ефективність впровадження: прибуток на 1 гектар посіву – 26 419 грн.; розрахунковий рівень рентабельності – 155 %; загальний прибуток з поля - 951,08 тис. грн.

7. Соціально-науковий ефект: зростання об'єму сировини для харчової та переробної промисловості, покращення фінансово-соціального стану господарства та агропромислового комплексу України.

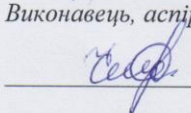
Цей акт завіряється гербовими печатками з боку Замовника і Виконавця.

Від ВНЗ:

Завідувач науково-дослідною частиною
Сумського НАУ, к. е. н., професор

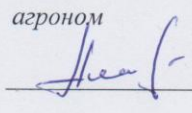

Геєнко М. М.

Виконавець, аспірант


Червона В. О.

Від підприємства:

Відповідальний за впровадження,
агроном


Новак С. І.

Розроблено відповідно до „Положення про науково-дослідні, дослідно - конструкторські та технічні роботи у вищих навчальних закладах”

Узгоджено

Проректор з наукової та міжнародної
діяльності
д. с. н. професор Данько Ю. І.



” 2025 р.

Затверджую

ПСП «Колос»,
Нестеренко В. М.



„ 17 ” ” 2025 р.

Акт впровадження

Результатів науково-дослідних і технологічних розробок

Замовник: Приватне сільськогосподарське підприємство «Колос»,
Полтавська обл., Полтавський р-н, село Павлівка, Кобеляцька ТГ,
вул. Молодіжна, будинок 3

Керівник організації (директор): Нестеренко В'ячеслав Миколайович

Цим актом підтверджується, що результати роботи: Ефективність інокуляції
за вирощування нуту в умовах Лівобережного Лісостепу України
(Полтавська область)

яка виконана аспіранткою Сумського національного аграрного
університету Червоною В. О.

впровадженні на землях Приватне сільськогосподарське підприємство
«Колос», Полтавська обл., Полтавський р-н, село Павлівка, Кобеляцька ТГ,
вул. Молодіжна, будинок 3

1. Вид впровадження результатів: Вивчали ефективність обробки насіння
інокулянтами (контроль, Ризолайн, Bi-Nitro) за вирощування нуту сорту
Одисей.

Встановлено, що найбільший прибуток з одиниці площі отримали при
вирощуванні нуту сорту Одисей за інокуляції посівного матеріалу
Ризолайном (2 л/т+протектор Ризосейв 0,5 л/т). Прибуток з одиниці площі
42,1 тис. грн., рентабельність 182 %

2. Характеристика масштабу впровадження 15 га.

3. Новизна науково-дослідних робіт: Вперше в умовах Лівобережного
Лісостепу України (Полтавський район, Полтавська область) встановлена

найвища ефективність вирощування нуту сорту Одісей за передпосівної обробки Ризоланом (2 л/т+протектор Ризосейв 0,5 л/т).

4. Впроваджені: у сільськогосподарське виробництво ПСП «Колос», Полтавська обл., Полтавський р-н, село Павлівка, Кобеляцька ТГ, вул. Молодіжна, будинок 3

5. Економічний ефект (додатковий прибуток в порівнянні з контролем – 4 577 грн/га).

6. Питома економічна ефективність впровадження: розрахунковий рівень рентабельності – 182 %; загальний прибуток з поля в порівнянні з контролем – 68,7 тис. грн., загальний прибуток 631,8 тис. грн.

7. Соціально-науковий ефект: збільшення валового збору сировини, підвищення ефективності ведення рослинництва та соціально-економічного забезпечення господарства.

Цей акт завіряється гербовими печатками з боку Замовника і Виконавця

Від ВНЗ:

Завідувач науково-дослідною частиною
Сумського НАУ, к. е. н., професор

Гесенко М. М.

Виконавець, аспірант

Червона В. О.

Від підприємства:

Головний бухгалтер

Панченко О. О.

Відповідальний за впровадження,
агроном

Мізін О. А.

Розроблено відповідно до „Положення про науково-дослідні, дослідно - конструкторські та технічні роботи у вищих навчальних закладах”