

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Агрономічний факультет
Спеціальність 201 «Агрономія»
Освітньо-професійна програма «Агрономія»

«Допускається до захисту»
Завідувач кафедри загального
землеробства та ґрунтознавства
к.с.-г.н., доцент Олександр МИЦІК

“ _____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр» на тему:
**ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА
УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА СОЇ В УМОВАХ ФЕРМЕРСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА «СТАВКИ» ПАВЛОГРАДСЬКОГО РАЙОНУ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Здобувач

_____ Максим ПОЛІЩУК

Керівник кваліфікаційної роботи
професор

_____ Сергій ШЕВЧЕНКО

Дніпро – 2025

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Агрономічний факультет
Кафедра загального землеробства та ґрунтознавства
Спеціальність 201 «Агрономія»
Освітньо-професійна програма «Агрономія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри загального
землеробства та ґрунтознавства
к.с.-г.н., доцент Олександр МИЦІК

(підпис)

“ _____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи здобувачу
другого (магістерського) рівня вищої освіти

Поліщука Максима Юрійовича

- 1. Тема роботи: Вплив елементів технології вирощування на урожайність зерна сої в умовах фермерського господарства «Ставки» Павлоградського району Дніпропетровської області**
- 2. Термін подачі здобувачем завершеної кваліфікаційної роботи на кафедру “ _____ ” _____ 2025 р.**
- 3. Вихідні дані для роботи:**
 - с.-г. підприємство – фермерського господарства «Ставки»
 - сільськогосподарська культура – соя
- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити) охарактеризувати агрокліматичні умови сезону 2025 року та стартові ґрунтові параметри дослідного поля; визначити динаміку запасів продуктивної вологи в профілі 0–150 см і щільність складення в орному шарі залежно від технології; оцінити нодуляцію, показники росту, структуру врожаю та площу листової поверхні; проаналізувати видову структуру й загальну засміченість бур'янів до застосування гербіцидів; встановити врожайність і якість насіння (олійність, протеїн) за комбінацій факторів; виконати економічну оцінку (собівартість, прибуток, рентабельність) та сформулювати практичні рекомендації.**

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

генеральний план земельних ресурсів фермерського господарства «Ставки»

6. Дата видачі завдання: _____

Керівник

кваліфікаційної роботи

_____ Сергій ШЕВЧЕНКО
(підпис)

Завдання прийняв

до виконання

_____ Максим ПОЛЩУК
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	09.09.2024 – 20.09.2024	виконано
2	Умови та методика проведення досліджень	01.10.2024 – 15.12.2024	виконано
3	Результати досліджень	11.10.2025 – 10.11.2025	виконано
4	Економічна ефективність	15.11.2025 – 20.11.2025	виконано
5	Охорона праці	20.11.2025 – 27.11.2025	виконано
6	Висновки	09.10.2025 – 27.11.2025	виконано
7	Рекомендації виробництву	20.11.2025 – 27.11.2025	виконано

Здобувач

_____ Максим ПОЛЩУК
(підпис)

Керівник

кваліфікаційної роботи

_____ Сергій ШЕВЧЕНКО
(підпис)

ЗМІСТ

	стр.
РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ	
(Огляд літератури)	10
1.1. Біологічні особливості та значення сої як сільськогосподарської культури	10
1.2. Агрокліматичні умови вирощування сої та їх вплив на продуктивність	11
1.3. Сучасні технологічні прийоми вирощування сої в Україні та за кордоном	12
1.4. Шляхи оптимізації елементів технології вирощування сої для підвищення врожайності та якості зерна	13
1.5. Вирощування сої залежно від способів основного обробітку ґрунту	15
РОЗДІЛ 2. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	20
2.1. Географічне положення та природно-кліматичні умови зони	20
2.2. Агрокліматична характеристика зони досліджень	22
2.3. Метеорологічні умови проведення досліджень	24
2.4. Методика досліджень	27
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3.1. Забезпечення посівів вологою та динаміка запасів продуктивної вологи в ґрунті	31
3.2. Вплив агротехніки на щільність складення ґрунту	34
3.3. Особливості росту та розвитку рослин у вегетаційний період	36
3.4. Інтенсивність фотосинтетичних процесів у посівах сої	39
3.5. Видовий склад бур'янів у посівах сої	42
3.6. Вплив технології вирощування на врожайність сої	45
3.7. Вплив технології на якість зерна сої	47
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ	50

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	53
5.1. Дослідження стану охорони праці в фермерському господарстві	53
5.2. Аналіз виробничого травматизму в фермерському господарстві	53
5.3. Вимоги охорони праці під час перемішування, заправки та внесення пестицидів	55
5.4. Заходи з покращення стану охорони праці в фермерському господарстві	59
ВИСНОВКИ	64
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи. Вплив елементів технології вирощування на урожайність зерна сої в умовах фермерського господарства «Ставки» Павлоградського району Дніпропетровської області

Об'єкт дослідження. Формування врожайності сої залежно різних технологій вирощування.

Предмет дослідження. Реакції посівів сої на контрастні системи обробітку ґрунту і рівні мінерального живлення: водний та фізичний стан ґрунту, ріст і розвиток, елементи структури врожаю, урожайність і якість насіння, бур'яновий компонент та економічні показники виробництва.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися з використанням загальноприйнятих методик та сучасного сертифікації та обладнання. Застосовувалися як емпіричні і теоретичні методи-операції та методи-дії. При статистичній обробці застосовували методи дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів з застосування сучасних комп'ютерних програм.

В результаті польових і лабораторних досліджень обґрунтовано ресурсощадні рішення для посушливих сезонів: пріоритет вологозберігаючих систем обробітку, обов'язкова інокуляція, збалансовані P-K-S фони без перевищення стартових доз азоту, адаптовані гербіцидні схеми під змінену структуру бур'янів за No-till. Врожайність сорту сої Фортеця була на рівні 2,0-2,5 т/га.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків і рекомендацій виробництву, списку використаних літературних джерел. Загальний обсяг роботи 75 сторінок комп'ютерного тексту, включаючи 15 таблиць. Список використаних джерел складається з ббнайменувань.

Ключові слова: СОЯ, ВРОЖАЙНІСТЬ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, РЕНТАБЕЛЬНІСТЬ, АГРОТЕХНІКА

ВСТУП

Актуальність теми. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є ключовою білково-олійною культурою, що визначає продовольчу й кормову безпеку та формує високий експортний потенціал агросектора. Для Північного Степу України критичним стає підбір технологій, здатних забезпечити стабільність урожаю за дефіциту опадів у фазах R1–R5, раціональне використання ґрунтової вологи, збереження родючості та економічну ефективність виробництва. Порівняння традиційної системи обробітку і прямої сівби (No-till) у поєднанні з різними рівнями мінерального живлення є науково і практично важливим, оскільки одночасно зачіпає водний режим, нодуляцію, фотосинтетичний апарат, фітосанітарний стан і собівартість 1 т продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано в руслі кафедральної науково-дослідної тематики зі сталого землеробства та ресурсозбереження в умовах Північного Степу й узгоджено з регіональними завданнями наукового супроводу агровиробництва Дніпропетровської області. Матеріали роботи інтегруються в методичне забезпечення навчальних дисциплін «Землеробство», «Рослинництво», «Агроекологія» та у виробничі регламенти ФГ «Ставки».

Мета роботи. Кількісно оцінити вплив системи обробітку ґрунту (традиційна технологія vs пряма сівба/No-till) і рівня мінерального живлення (без добрив; рекомендована доза $N_{35}P_{45}K_{30}$; розрахункова доза $N_{60}P_{60}K_{60}$) на водний, фізичний і поживний режими чорнозему, ріст і продуктивність сої, якість насіння та економічну віддачу технологій у умовах Північного Степу України, і на цій основі обґрунтувати оптимальну комбінацію елементів технології.

Завдання досліджень: охарактеризувати агрокліматичні умови сезону 2025 року та стартові ґрунтові параметри дослідного поля; визначити динаміку запасів продуктивної вологи в профілі 0–150 см і щільність складення в орному шарі залежно від технології; оцінити нодуляцію, показники росту,

структуру врожаю та площу листової поверхні; проаналізувати видову структуру й загальну засміченість бур'янів до застосування гербіцидів; встановити врожайність і якість насіння (олійність, протеїн) за комбінацій факторів; виконати економічну оцінку (собівартість, прибуток, рентабельність) та сформулювати практичні рекомендації.

Об'єкт дослідження. Формування врожайності сої залежно різних технологій вирощування.

Предмет дослідження. Реакції посівів сої на контрастні системи обробітку ґрунту і рівні мінерального живлення: водний та фізичний стан ґрунту (запаси вологи, щільність), ріст і розвиток, елементи структури врожаю, урожайність і якість насіння, бур'яновий компонент та економічні показники виробництва.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися з соєю сорту «Фортеця» у 2025 році на полях ФГ «Ставки». Двофакторний польовий дослід закладено за схемою випадкових блоків у триразовій повторності; фактор А – система обробітку (традиційна технологія з полицевим обробітком; пряма сівба/No-till), фактор В – система живлення (без добрив; N₃₅P₄₅K₃₀; N₆₀P₆₀K₆₀). Норма висіву – 650 тис. схожих насінин/га; насіння інокульовано активними штамми *Bradyrhizobium japonicum*; захист рослин – за уніфікованими регламентами. Облік фенології, біометрії, листової поверхні, нодуляції, структури врожаю та врожайності – за чинними методиками; якість насіння: протеїн (К'ельдаль), олійність (екстракція). Вміст продуктивної вологи – термостатно-ваговим методом; щільність ґрунту – методом ріжучих кілець; забезпеченість елементами живлення – стандартизованими хімічними методами. Статистична обробка – двофакторний дисперсійний аналіз з оцінкою головних ефектів і взаємодії, перевірка нормальності (Шапіро–Уїлк) та однорідності дисперсій (Левен), парні порівняння за НІР₀₅; кореляційно-регресійний аналіз у STATISTICA 10 та MS Excel. Економічні розрахунки виконано за ціни реалізації 17 000 грн/т.

Наукова новизна. У виробничих умовах Північного Степу вперше для господарства «Ставки» на єдиній експериментальній платформі кількісно доведено системний водозберігальний ефект прямої сівби у профілі 0–150 см у поєднанні з оцінкою сезонної витрати вологи; встановлено порогові значення і сезонну амплітуду щільності складення в орному шарі для обох технологій. Виявлено статистично значуще зниження врожайності сої за підвищення мінерального фону в посушливих умовах року на тлі стабільної якості насіння, що інтерпретовано як наслідок пригнічення симбіотичної фіксації азоту та конкуренції за вологу. Показано перехресні ефекти «технологія × живлення» у формуванні листкової поверхні на одиницю довжини рядка та індивідуальної площі листка в період цвітіння, а також зміщення видової структури бур'янів за No-till (зростання частки амброзії й однорічних злаків при пригніченні портулаку). Сформовано узагальнену модель технолого-економічного оптимуму для умов Північного Степу.

Практична цінність отриманих результатів. В результаті польових і лабораторних досліджень обґрунтовано ресурсощадні рішення для посушливих сезонів: пріоритет вологозберігаючих систем обробітку, обов'язкова інокуляція, збалансовані P–K–S фони без перевищення стартових доз азоту, адаптовані гербіцидні схеми під змінену структуру бур'янів за No-till. Розроблено розрахункові таблиці собівартості, прибутку та рентабельності для ключових комбінацій технологій (з урахуванням ціни 17 000 грн/т), які можуть бути безпосередньо використані у виробничому плануванні ФГ «Ставки» та споріднених господарств регіону.

Особистий внесок. Автором сформульовано мету і завдання дослідження, розроблено програму та схему польового дослідження, організовано його закладку і ведення, проведено польові обліки та відбір зразків, виконано лабораторні аналізи, статистичну обробку й інтерпретацію даних, підготовлено і систематизовано таблиці та ілюстративний матеріал, написано основні розділи рукопису й сформульовано практичні рекомендації.

Апробація результатів дипломної роботи. Основні положення та результати дослідження обговорено на засіданні профільної кафедри; матеріали подано у вигляді тез на V Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Аграрна наука: стан та перспективи розвитку» (30–31 жовтня 2025 р.); окремі фрагменти впроваджено у навчальний процес та представлено на виробничій нараді ФГ «Ставки».

Кваліфікаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків і пропозицій виробництву, списку використаних літературних джерел. Загальний обсяг роботи 75 сторінок комп'ютерного тексту, включаючи 15 таблиць. Список використаних джерел складається з 65 найменувань.

РОЗДІЛ 1

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

(Огляд літератури)

1.1. Біологічні особливості та значення сої як сільськогосподарської культури

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є ключовою білково-олійною культурою світового землеробства з високою пластичністю та широким спектром використання: від продовольчих продуктів і харчових інгредієнтів до концентрованих кормів і технічних жирів [10, 47, 57]. Насіння зазвичай містить високі концентрації протеїну та олії, що зумовлює стратегічне значення культури в забезпеченні білкового балансу і диверсифікації джерел рослинної олії [10, 11]. У вітчизняних агроекосистемах соя водночас виконує екологічну функцію завдяки симбіотичній фіксації атмосферного азоту, що дозволяє зменшити застосування мінеральних азотних добрив і покращити азотний баланс у сівозмінах [20, 50, 60].

Функціонування симбіозу сої з *Bradyrhizobium* spp. є результатом тонко налаштованої взаємодії «генотип сорту × штам бактерій × умови середовища». Сортоспецифічність і комплементарність «сорт–штам» підтверджені як вітчизняними, так і зарубіжними дослідженнями, що пояснює варіабельність ефектів інокуляції в різних агрофонах [18, 30, 64]. Ефективна нодуляція забезпечує суттєве біологічне надходження азоту й підвищення врожайності, а також стабілізує продукційний процес за дефіциту доступного мінерального азоту [20, 23, 60]. Фізіологічну підтримку симбіозу посилюють мікроелементи (насамперед молібден і кобальт), що використовуються за показаннями листової та ґрунтової діагностики [60, 21].

Біологічно соя – теплолюбна культура короткого дня з вираженою фотоперіодичною чутливістю: довжина дня та сума активних температур визначають групу стиглості й тривалість вегетації, а відтак – оптимальні строки сівби та потенційну врожайність у конкретній підзоні [12, 37, 49].

Морфолого-анатомічно соя формує стрижневу кореневу систему з розгалуженням, що за сприятливих умов може проникати на значну глибину, забезпечуючи використання ґрунтової вологи в середніх шарах профілю; розвиток бульбочок локалізується переважно в орному шарі [30, 1]. Селекційний прогрес останніх десятиліть спрямований на адаптивність, урожайність, стабільність і технологічність (висота прикріплення нижнього боба, стійкість до вилягання), а також на покращення якісних показників зерна [12, 37, 43, 56]. Значення культури для економіки України відображається у стабільно високій динаміці площі і валового збору, що узгоджується з трендами попиту агропереробки та експорту [47, 58].

1.2. Агрокліматичні умови вирощування сої та їх вплив на продуктивність

Агрокліматичні ресурси визначають межі адаптації груп стиглості, продуктивність фотосинтезу й формування урожаю. Ключовими є термічні ресурси (сума активних температур), гідротермічний режим і фотоперіод, причому саме поєднання температурного та водного факторів у фазах «бутонізація–цвітіння–налив» має вирішальне значення для закладання бобів і насінин [49, 54, 25]. За дефіциту опадів та високих температур у цей період знижується кількість зав'язаних бобів і маса 1000 насінин; протилежно, за наявності продуктивної вологи відбувається повніша реалізація потенціалу сорту [1, 54]. На Півдні Степу, де зволоження обмежене, доцільним є добір скоростиглих і середньостиглих генотипів та технологій із збереженням вологи (мінімальний/нульовий обробіток, мульчувальний екран, оптимізація густоти), а в зонах зрошення – раціональне поєднання поливів з елементами живлення та інокуляцією [34, 25, 1].

Строки сівби мають бути узгоджені з прогріванням орного шару та прогнозом опадів: висів у фізіологічно сприятливий зволожений і достатньо теплий шар забезпечує дружні сходи, рівномірну густоту та ранній розвиток кореневої системи [31, 38]. Тривалість вегетації та ризик потрапляння під літні

температурні піки обумовлюють регіональну «віконність» строків, яка періодично коригується з огляду на зміну кліматичних трендів [49, 40]. Кислотно-лужна реакція ґрунту в межах, близьких до нейтральних, та достатнє забезпечення фосфором і калієм підсилюють розвиток бульбочкового апарату й стійкість до абіотичних стресів; ґрунтові умови Полісся, Лісостепу й Степу вимагають диференційованих підходів до живлення та обробітку [14, 33, 38]. Сучасна сортова політика в Україні базується на державному реєстрі та регіональних випробуваннях, що дозволяє адаптувати вибір груп стиглості до локальних термічних і вологозабезпечених умов [32, 49].

1.3. Сучасні технологічні прийоми вирощування сої в Україні та за кордоном

Технологія вирощування сої є комплексом взаємопов'язаних елементів, кожен з яких може виступати лімітуючим за порушення оптимуму. Система обробітку ґрунту варіює від традиційної оранки до мінімалізованих систем та No-till; переваги консерваційних підходів проявляються на фоні дефіциту вологи, коли збереження мульчі, зменшення випаровування та підвищення інфільтрації підтримують вегетацію без зниження урожайності [38, 51]. Водночас такі системи висувають підвищені вимоги до фітосанітарного контролю бур'янів, шкідників і хвороб, що потребує зваженої інтегрованої стратегії захисту [59, 31].

Сівба передбачає якісне насіннєве ложе, калібрування глибини загортання, дотримання рекомендованої норми висіву та густоти стояння з урахуванням архітектоніки сорту (схильність до гілкування, індетермінантний/детермінантний тип) і способу розміщення (вузькорядні 15–25 см чи середні 30–45 см міжряддя) [31, 46, 38]. Добір густоти спрямований на оптимізацію площі листкової поверхні, рівномірне освітлення та зменшення абортації бобів у стресові періоди [36, 46]. Живлення ґрунтове і позакореневе базується на P–K фонах, що стимулюють розвиток кореневої

системи та нодуляцію; стартові надлишкові дози азоту небажані через ризик пригнічення бульбочкових бактерій, однак у випадку слабкої нодуляції або на «перших полях сої» можливі мінімальні коригувальні дози на ранніх фазах [14, 60, 38]. Інокуляція насіння є обов'язковим елементом сучасної технології: вітчизняні дослідження засвідчують зростання активності симбіозу та врожайності за використання ефективних штамів *Bradyrhizobium* і правильного поєднання з протруйниками (з урахуванням сумісності та інтервалу між обробками) [39, 44, 26]. Додатково використовуються біостимулятори та регулятори росту (включно з ретардантами), що здатні модулювати продукційний процес, особливо за стресових умов; водночас їх ефективність є сортоспецифічною і залежить від фази внесення та дози, тому потребує локальної валідації та дотримання регламентів безпеки [4, 5, 21, 61, 62]. У міжнародній практиці підкреслюється генотип-специфічність взаємодій «соя–ризобії» і роль генотипу кореня в регуляції симбіозу, що вимагає адресного добору штамів під конкретні сорти та екотипи [64, 65].

Фітосанітарне забезпечення базується на системному моніторингу та поєднанні агротехнічних, біологічних і хімічних заходів. Для бур'янів ефективними є запобіжні прийоми (чиста сівозміна, контроль падалиці та озимих/ранніх ярів) і раціональні схеми застосування гербіцидів із диференціацією за спектром видів і фазою розвитку культури [59, 31]. Для хвороб і шкідників пріоритет – рання діагностика, своєчасні обробки та чергування механізмів дії. Збирання проводять у строки, що мінімізують втрати на осипання та механічні пошкодження насіння; технологічні аспекти післязбиральної доробки (очистка, сушіння, доведення вологості) впливають на посівні та товарні якості зерна [63, 31].

1.4. Шляхи оптимізації елементів технології вирощування сої для підвищення врожайності та якості зерна

Оптимізація технології є багатофакторним завданням, що передбачає узгоджену роботу «сорт–інокуляція–живлення–захист–обробіток–

економіка». Насамперед, сортова політика має базуватися на актуальному державному реєстрі, регіональних випробуваннях і цільових господарських завданнях (урожайність/якість/стабільність); оновлення сортового складу під кліматичні тренди та підзональні особливості забезпечує поступовий приріст продуктивності [32, 49, 12]. Вибір групи стиглості синхронізується з термічними ресурсами підзони, аби критичні фенологічні фази припадали на періоди з вищою імовірністю продуктивної вологи [49, 54].

Другий ключ – ефективна інокуляція. Адресний добір штаму *Bradyrhizobium* з урахуванням комплементарності до сорту, технологічно грамотна обробка насіння (час, прилипачі, сумісність із протруйниками) і, за потреби, ре-інокуляція у стресові роки підвищують стабільність симбіозу; зафіксовані прирости нодуляції та урожайності в дослідях північного Степу та Лісостепу підтверджують доцільність цього елемента як «базис» азотного живлення [39, 44, 18, 26]. Для підтримки симбіозу виправдане застосування мікроелементів (Mo, Co) на бідних ґрунтах або за свідченнями тканинної діагностики [60, 21].

Третій напрям – живлення і ґрунтове середовище. Оптимальні P–K фони (із урахуванням агрохімічного аналізу) забезпечують розвиток кореневої системи, енергію початкового росту і налив насіння, тоді як азот доцільно коригувати залежно від фактичної нодуляції та стану посіву, уникаючи надмірних стартових доз [14, 38, 60]. У зонах дефіциту вологи технологічна консервація вологи (мінімальний/no-till, мульчування, вирівняний передпосівний обробіток) забезпечує підвищення водокористування та стійкість до періодичних посух [38, 51]. Строки сівби, густина та спосіб розміщення корегуються відповідно до групи стиглості, архітекtonіки сорту та поточного стану вологи: своєчасний висів у прогрітій зволожений шар, оптимальна глибина та раціональна густина зменшують ризик зрідження і втрат потенціалу при формуванні бобів [31, 46, 36].

Четверте – регулятори росту та антистресові прийоми. У роки з підвищеним стресом (жара, посуха, ризик вилягання) доцільним є

застосування регуляторів за чіткими регламентами (фаза, доза, механізм дії), які сприяють оптимізації морфогенезу та економного використання ресурсів; проте їх використання потребує локальних випробувань і екологічної експертизи [61, 62, 5]. П'яте – інтегрований фітосанітарний захист: моніторинг і рання діагностика у поєднанні з ротацією діючих речовин та агротехнічними заходами мінімізують втрати й запобігають резистентності [59, 31].

Нарешті, економічна та енергетична оптимізація. Моделювання технологій і виробничі розрахунки демонструють конкурентоспроможність збалансованих, біологізованих систем, у яких інокуляція, коректні Р–К фони та консерваційний обробіток поєднуються з раціональним захистом і гнучким управлінням густиною/строками [13, 52, 35]. Фінальна оцінка має включати собівартість, рентабельність, енергоємність і ризики, що дозволяє обрати технологічно-економічний оптимум для конкретного господарства [13, 35, 47].

1.5. Вирощування сої залежно від способів основного обробітку ґрунту

Ефективність сівби сої в Україні істотно детермінується вибором системи основного обробітку ґрунту, оскільки саме вона формує режим вологи й температури у посівному шарі, стан ґрунтової структури, бур'яновий та фітосанітарний фон, умови для нодуляції і стартового росту, а також енергоємність і собівартість технології [31, 38, 51]. У сучасній практиці застосовують спектр рішень – від класичної оранки до мінімалізованих систем і No-till; у зонах ризикованого землеробства (Лісостеп, Степ) консерваційні підходи часто забезпечують кращу стійкість продуктивності завдяки збереженню вологи і зменшенню ерозійних втрат [14, 38, 50].

Функції й цілі основного обробітку в технології сої. Для сої критичними є: створення рівного, щільного низу і пухкого зверху насінневого ложа для стабільної глибини загортання; руйнування плужної підшви/ущільнень, що обмежують розвиток стрижневого кореня; менеджмент післяжнивних решток як мульчі проти випаровування та ерозії; регулювання бур'янового фону до

появи сходів; мінімізація механічного висушення орного шару у посушливих підзонах [31, 38, 51].

Традиційна оранка (плужний обробіток). Оранка на глибину 22–28 см історично забезпечує швидке мінералізування частини органіки, механічне знищення бур'янів, вирівнювання поля та придатність під широкі діапазони ґрунтових умов. Для ранніх строків сівби на важких і холодніших ґрунтах її перевага – швидше прогрівання і підсушення орного шару навесні [31, 38]. Водночас часте річне застосування плуга підвищує ризики формування плужної підшви, зменшення вмісту органічної речовини та втрати вологи від інтенсивного розпушення, що в Степу й Південному Лісостепу може знижувати водозабезпечення в критичні фази «цвітіння–налив» [14, 38]. За плужних систем вище енерговитрати й собівартість (паливо, амортизація), що знижує економічну ефективність відносно консерваційних альтернатив за близької врожайності [13, 52, 35].

Мінімальний обробіток (*strip-till*, чизель, плоскоріз, дискові/комбіновані агрегати) зберігає більше рослинних решток на поверхні, менше порушує профіль, зменшує випаровування і часто покращує інфільтрацію; на фоні дефіциту опадів це позитивно відбивається на водному балансі посівів сої [38, 51]. Чизелювання/глибоке безвідвальне розпушення ефективно руйнує ущільнені прошарки, зберігаючи частину ґрунтозахисної мульчі; *strip-till* локально готує рядок, поєднуючи переваги «теплого рядка» із загальним покриттям поля рештками [51]. За мінімального обробітку зростають вимоги до хімічного контролю бур'янів (якісний ґрунтовий гербіцид і своєчасні післясходові обробки), а також до точності сівалок (стабільна глибина, відсікання двійників) [59, 31, 38].

Врожайність і вода. Польові дані для Лісостепу/Північного Степу показують, що мінімалізовані системи за умов доброї гербіцидної програми і належної передпосівної підготовки не поступаються оранці, а в роки з весняно-літнім дефіцитом опадів можуть переважати її за рахунок кращого

вологоутримання [38, 51]. Енергетично і економічно такі системи більш вигідні за рахунок зниження витрат палива і часу [13, 52, 35].

No-till максимально зберігає структурно-агрегатний стан і вологу, мінімізує ерозійні й пилові втрати та різко скорочує енергоємність технології. У Степу це часто забезпечує вищі запаси ґрунтової вологи в весняно-літній період, що критично для фаз «цвітіння-налив» [38, 14, 50]. Водночас стартові умови для сої за No-till відрізняються: прохолодніший верхній шар навесні і велика кількість решток можуть уповільнювати ранній ріст, особливо на важких ґрунтах; тому важливі коректна дата сівби, якісні соєві сошники/антизалипні диски, очисники рядка, а також, у разі потреби, дещо підвищена норма висіву для компенсації потенційних втрат сходів [31, 38, 63].

Нодуляція й інокуляція. За прохолоднішого посівного шару старт нодуляції може затримуватись; відтак критичні якість і сумісність інокулянта, терміни обробки насіння, а за «перших полів сої» – можливість повторної інокуляції (on-row/in-furrow) [39, 44, 26]. За необхідності доцільне мікроелементне супроводження (Mo, Co) відповідно до діагностики [60, 21].

Фітосанітарні аспекти. No-till підвищує роль гербіцидів із ґрунтовою дією, ротації механізмів і своєчасності обробок; контроль падалиці і злакових бур'янів у сої – пріоритет [59]. Фоновий рівень хвороб/шкідників істотно залежить від попередника і сівозміни; мульча може водночас зменшувати розбризкування ґрунтової інфекції і створювати мікроклімат сприятливий для окремих патосистем – потрібен точний моніторинг [59, 31].

Економіка й енергія. No-till різко скорочує паливні витрати і трудозатрати; за близької врожайності рентабельність і енергетична ефективність переважно вищі, особливо в посушливих регіонах [13, 52, 35, 50].

На зрошуваних землях добір системи обробітку підпорядкований забезпеченню інфільтрації і рівномірності зволоження. Методичні рекомендації для Херсонщини відзначають доцільність плоскорізного/безвідвального обробітку для збереження структури і попередження вторинного засолення, із глибоким розпушенням за наявності

підповерхневих ущільнень; також підкреслюється важливість вирівнювання мікрорельєфу під поливні режими та своєчасне закриття вологи [34, 1]. За коректного управління поливами соя демонструє високу віддачу на інокуляцію і Р–К фони, а від оранки як «універсального рецепту» часто можна відмовитися на користь енергоощадних систем [34, 51].

Системи, що зберігають мульчу, як правило, краще акумулюють вологу і фосфор у верхньому шарі, стимулюючи розвиток бульбочок і ранню активність симбіозу; стартові надлишкові дози мінерального азоту в таких умовах небажані через ризик пригнічення нодуляції [14, 60]. Оптимальні Р–К фони (передпосівно/локально) та застосування Мо/Со за показаннями підсилюють ефект інокуляції незалежно від системи обробки [21, 38, 60]. За мінімального і нульового обробки особливо важливі якість насінневого ложа в рядку (strip-till, очисники рядка) і сумісність протруйників з інокулянтом [39, 44].

Механічний контроль бур'янів у плужних системах частково виконується ґрунтообробними операціями; у мінімальних/No-till системах домінує хімічний контроль (якісний ґрунтовий премікс + своєчасні післясходові обробки зі зміною МД) [59, 31]. Порушення технологічної дисципліни (запізнення із ґрунтовими гербіцидами, некоректна норма/зафіття) у консерваційних системах швидко конвертується у втрати врожаю. Відносно хвороб/шкідників – необхідні сівозмінна гігієна, використання здорового насіння, фунгіцидне протруювання (сумісне з інокулянтом) і моніторинг, оскільки фонові інфекції і резервації на рештках можуть накопичуватися [59, 31, 63].

Моделі технологій для сої показують, що мінімалізовані й нульові системи обробки за правильно налаштованого гербіцидного та агрохімічного супроводу забезпечують нижчу енергоємність і вищу рентабельність при врожайності, не гіршій за плужні аналоги; додаткові вигоди – менший знос техніки і вища пропускна здатність у «вузьких вікнах» весняних робіт [13, 52, 35]. У господарському плануванні доцільно враховувати зони ризику

(посуха/надлишок опадів), доступність техніки (strip-till/сошники для No-till), вартість гербіцидних програм і довгостроковий ефект на родючість (органічна речовина, структура) [14, 50, 38].

Полісся/вологі підзони Лісостепу: допустима ротаційна оранка з періодичним чизелюванням; у мінімальних системах уважний контроль ущільнень, акцент на прогріванні рядка і боротьбі з дводольними бур'янами [31, 38]. Центральний/Північний Лісостеп: мінімальний обробіток або strip-till із локальною підготовкою рядка часто оптимальні; за холодної весни – одноразова «підготовча» операція для створення теплого насінневого ложа [38, 51]. Північний/Середній Степ: пріоритет консерваційних систем (мінімальний, No-till) для акумулювання вологи; оранка – за надмірної забур'яненості або перегрівання поверхні, з обмеженням частоти застосування [14, 38, 50]. Південний Степ із зрошенням: плоскорізний/безвідвальний обробіток, глибоке розпушення за показаннями пенетрометрії, вирівнювання під полив, акцент на P–K і інокуляції [34, 51].

Актуальними залишаються: довгострокові порівняння систем обробітку у зв'язку з кліматичним потеплінням, оцінка впливу на баланс органічної речовини і структуру чорноземів, взаємодія з інокулянтами/мікроелементами в різних підзонах, та економіко-енергетичні моделі рентабельності для господарств різного масштабу [14, 49, 50, 13, 52].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Географічне положення та природно-кліматичні умови зони

Фермерське господарство «Ставки» розташоване в межах Північного Степу України, у Павлоградському районі Дніпропетровської області, у басейні річки Дніпро з локальною дренажною мережею балки–яри, пов'язаною з річками Вовча та Самара. Рельєф представлений лесовою хвилястою рівниною з абсолютними висотами орієнтовно 80–220 м і лагідними схилами 1–3°, що сприяє розорюванню, але потребує протиерозійної організації території. Клімат помірно континентальний із теплим, переважно посушливим літом і відносно м'якою зимою. Середньорічна температура становить близько 8,5–9,5 °С; середня температура січня коливається від –6 до –4 °С, липня – від 21,5 до 22,5 °С. Річна сума опадів зазвичай 380–500 мм, з концентрацією 65–70 % у теплий період (квітень–жовтень). Тривалість безморозного періоду сягає 180–210 діб, а тривалість вегетаційного періоду для більшості польових культур – 205–230 діб. Гідротермічні умови характеризуються нестійким зволоженням: гідротермічний коефіцієнт за Селяниновим переважно 0,58–0,85, а коефіцієнт зволоження (співвідношення опадів до потенційного випаровування) зазвичай менше одиниці, що підтверджує ризик літніх посух і необхідність вологозберіжних елементів технології. Сума активних температур (>10 °С) становить орієнтовно 3,1–3,5 тис. °С за сезон, чого достатньо для ранньо- та середньостиглих сортів сої за дотримання оптимальних строків сівби та густоти.

Грунтовий покрив представлений переважно Чорноземами звичайними на лесових суглинках; локально трапляються Чорноземи південні, Лучно-чорноземні та Алювіальні лучні ґрунти заплави, а в пониженнях рельєфу – Солонцюваті та Солончакові комплекси різної потужності. Типовий морфологічний профіль Чорнозему звичайного включає потужний гумусовий

(молічний) горизонт А завтовшки 30–45 см із добре вираженою зернистою або грудкуватою структурою, перехідні горизонти АВ–В з більш щільною складкою, нижче – карбонатонасичений горизонт Вк зі слідами вторинної карбонатизації (псевдоміцелій CaCO_3), далі – материнська лесовидна суглинкова порода Ск. Генетично ці ґрунти сформовані під різнотравно-типчакрово-ковиловою степовою рослинністю за континентального клімату на лесових відкладах, вирізняються тривалим гумусо- та структуроутворенням і високим ступенем насичення основами, що забезпечує значний природний агровиробничий потенціал.

В орному шарі (0–20 см) вміст гумусу зазвичай становить 3,0–4,5 % для Чорноземів звичайних і 2,5–3,5 % для Чорноземів південних, на Лучно-чорноземних відмінах може досягати 4,5–5,0 %. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної або слаболужної: $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ у межах 6,8–7,6, карбонати з’являються з глибини 50–70 см і нижче, ступінь насичення основами високий. Забезпеченість рухомими формами елементів живлення для орного шару типово характеризується середніми або підвищеними запасами Фосфору й Калію та більшою мінливістю азотного режиму. За результатами стандартних методик діагностики (ДСТУ 4115-2002 для P_2O_5 і K_2O ; визначення мінерального азоту у шарах 0–60 см) орієнтовні діапазони для зони такі: рухомий фосфор 80–160 мг/кг, обмінний калій 120–220 мг/кг, ранньовесняний запас мінерального азоту у 0–60 см 40–80 кг/га (залежно від попередника та погодних умов). Механічний склад переважно середньо- та важкосуглинковий, із часткою фізичної глини 45–55 %, загальною пористістю 48–55 % та об’ємною масою 1,25–1,40 г/см³; польова вологоємність 26–30 % маси, вологість в’янення 11–14 %, що формує доступний запас води 110–150 мм у шарі 0–100 см. На карбонатних лесових відкладах можливі латентні дефіцити Цинку та Марганцю, а за низьких атмосферних надходжень – Сірки, що слід враховувати при плануванні системи удобрення сої.

Родючість Чорноземів у поєднанні з високим ступенем насичення основами і доброю структурністю створює сприятливі передумови для

формування врожайності сої за умови збалансованого живлення та раціонального обробітку. Водночас ключовим лімітуючим чинником є волога: нестійке зволоження в поєднанні з підвищеними температурами в червні–серпні підвищує ризик водного стресу у критичні фази – від бутонізації до наливу бобів. До екологічних обмежень території належать водна та вітрова ерозія на розораних схилах, локальна солонцюватість і вторинне засолення в пониженнях, ущільнення орного шару та кіркоутворення на важкосуглинкових різновидах, а також імовірне зниження забезпеченості мікроелементами на карбонатних відмінах. Оцінка придатності ґрунтів для вирощування сої загалом є високою на незасолених Чорноземах звичайних і Лучно-чорноземних ґрунтах за дотримання таких технологічних умов: сівба за прогрівання ґрунту на глибині загортання до 10–12 °С; інокуляція насіння активними штамами *Bradyrhizobium japonicum*; підтримання реакції ґрунту в межах рН 6,2–7,0; забезпечення стартовими дозами P₂O₅ і K₂O відповідно до результатів ґрунтової діагностики з корекцією на Сірку та мікроелементи; застосування вологозберігаючих прийомів (мінімальний або нульовий обробіток, мульчування стернею, оптимізація густоти та міжряддя, зменшення кількості проходів техніки). На солонцюватих і перезвожених локусах доцільна меліоративна корекція та підбір культур і гібридів із підвищеною толерантністю, тоді як на схилах ефективними є контурне землеробство, смугові посіви та підтримання постійного ґрунтопокриву.

2.2. Агрокліматична характеристика зони досліджень

Дослідна територія належить до Північного Степу України й розташована в межах Павлоградського району Дніпропетровської області. Клімат помірно континентальний із теплим сухуватим літом і відносно холодною зимою; річний хід температури та опадів типовий для степової кліматичної зони із літнім максимумом опадів і підвищеною повторюваністю бездощових періодів у червні–серпні. За локальними кліматичними рядами для м. Павлоград характерні теплі літні місяці та морозні зими з помірною

вітровою діяльністю, що формує умови нестійкого зволоження вегетаційного періоду.

Середньомісячні температури змінюються від близько $-6...-4$ °С у січні до $21-23$ °С у липні; упродовж літа середні денні максимуми сягають $28-30$ °С, а в період спекотних хвиль можуть перевищувати $33-35$ °С, тоді як узимку середні мінімальні температури опускаються до $-8...-10$ °С. За узагальненими місячними кліматичними нормами для Павлограда середні значення в літні місяці становлять: червень $\approx +22$ °С, липень $\approx +23$ °С, серпень $\approx +23$ °С; у перехідні місяці вересень знижується до $\approx +17$ °С і далі до $\approx +10$ °С у жовтні. Для періоду активної вегетації сільськогосподарських культур (квітень–вересень) це означає достатнє теплозабезпечення для ранньо- та середньостиглих груп сої за умови вчасної сівби.

Середньорічна кількість опадів відповідає $400-500$ мм із максимумом у теплу половину року; для Павлограда найбільш вологі місяці – червень (близько $60-65$ мм) і липень (приблизно 50 мм), далі обсяги поступово зменшуються до осені. Такий перерозподіл зумовлює підвищений ризик короткочасних літніх посух між опадами конвективного характеру. Гідротермічний коефіцієнт за Селяниновим для оцінки забезпеченості вологою в теплому періоді визначають як відношення суми опадів за дні з $t > 10$ °С до $0,1$ суми активних температур за цей самий період ($HTC = R / 0,1 \sum T$); для Степу значення влітку часто нижче 1, що відповідає слабкій або середній посусі за прийнятою шкалою. У сучасних оцінках для Дніпропетровської області фіксують тенденцію до зменшення показників зволоження на фоні зростання тепла, що погіршує вологозабезпечення посівів у критичні фази.

Переважаючі напрями вітру в регіоні протягом року змінюються, однак у теплу пору частіше спостерігаються східні та північні складові, а взимку зростає частка західних напрямів; середні швидкості вітру тримаються в межах $3-5$ м/с, із посиленнями під час проходження фронтів. Такий режим підсилює випаровування ґрунтової вологи й за відсутності ґрунтопокриву може активізувати вітроерозійні процеси, особливо на відкритих вододілах.

На дослідній ділянці додаткові мікрокліматичні відмінності формують експозиція схилів, наявність балок і близькість лісосмуг: північні та північно-східні схили довше утримують вологу й повільніше прогріваються навесні, тоді як південні швидше висихають і нагріваються, посилюючи ризик перегріву посівів у фазу цвітіння сої.

Забезпеченість теплом у зоні є достатньою для формування врожаю сої ранньо- та середньостиглих груп стиглості, але ключовим обмеженням лишається волога: максимум опадів припадає на червень–липень, тоді як у липні–серпні нерідко спостерігаються довгі бездощові інтервали за високих температур, що критично для фаз бутонізації, цвітіння й наливу бобів. Сумарний тепловий ресурс регіону забезпечує тривалий вегетаційний період, проте за сучасних кліматичних трендів фіксується зсув режиму опадів і зниження вологозабезпечення в теплий період, що зменшує вологість ґрунту й підвищує потребу у вологозберігаючих технологічних прийомах. До основних ризиків належать весняні та осінні приморозки при ранній або пізній сівбі, літні спекотні хвилі зі зниженим ГТК, пилові бурі на оголеному ґрунті та локальні зливові дощі з ризиком кіркоутворення. Для мінімізації ризиків доцільно поєднувати інокуляцію насіння із оптимальною густиною стояння, своєчасною сівбою в інтервалі прогрівання ґрунту до 10–12 °С, мульчувальним покривом стерні, зменшенням кількості проходів техніки та корекцією живлення фосфором, калієм, сіркою й мікроелементами; такі підходи краще узгоджуються з виявленою в регіоні тенденцією до зниження індексів зволоження в теплу пору року.

2.3. Метеорологічні умови проведення досліджень

За результатами спостережень метеостанції, репрезентативної для умов Павлоградського району, 2025 рік характеризувався підвищеним тепловим фоном і дефіцитом опадів у ключові для сої фази органогенезу. Узимку спостерігалось істотне потепління: у січні та лютому середньодобова температура перевищила норму на +2,8 °С та +5,1 °С відповідно (1,7 і 4,8 °С

проти $-1,1$ і $-0,3$ °C) при значному браку опадів (-35 і -23 мм). Березень був прохолоднішим і сухішим за норму ($2,6$ °C проти $4,6$ °C; 33 мм проти 44 мм), що дещо сповільнило прогрівання ґрунту й початок польових робіт (табл. 1).

Таблиця 1

**Середньодобова температура та опади,
згідно з метеостанцією за 2025 рік**

Місяць	Середньодобова температура повітря, °C		Сума опадів, мм	
	середньо-багаторічна	2025 р.	середньо-багаторічна	2025 р.
Січень	-1,1	1,7	60	25
Лютий	-0,3	4,8	45	22
Березень	4,6	2,6	44	33
Квітень	11,7	14,6	35	26
Травень	17,0	15,4	52	38
Червень	20,7	22,9	47	27
Липень	23,6	23,9	43	18
Серпень	21,4	21,7	17	19
Вересень	15,4	17,5	15	7
Жовтень	11,4	11,5	26	19
Листопад	5,2	7,3	32	24
Грудень	1,2	4,2		
Всього за період вегетації	8,2	8,5	475,1	258,1

Весна була контрастною: квітень – помітно тепліший за норму ($+2,9$ °C) за помірного дефіциту опадів (-9 мм), що створило умови для ранньої сівби сої та дружних сходів. Травень – прохолодніший ($-1,6$ °C) і сухіший (-14 мм), що підвищувало ризик уповільнення раннього росту у фазах VC–V2 та тимчасової нестачі доступної вологи на етапі закладання вузлів V2–V4.

На початку літа відмічалось стале потепління (червень $+2,2$ °C; липень $+0,3$ °C; серпень $+0,3$ °C до норми) при загальному дефіциті опадів: у червні -20 мм, у липні -25 мм, у серпні близько до норми ($+2$ мм). У критичне для сої вікно R1–R5 (цвітіння – формування та налив насіння) умови були

переважно посушливими, що загрожувало редукцією квіток і бобів, меншою кількістю насінин у бобі та зниженням маси 1000 насінин, особливо на ділянках із легшим механічним складом і в місцях технологічного ущільнення.

Вересень і листопад були теплішими за норму на $+2,1$ °С, при цьому опади нижчі від середніх (-8 мм у вересні; -8 мм у листопаді). Жовтень загалом відповідав температурній нормі ($+0,1$ °С) за дефіциту опадів (-7 мм). Такий перебіг погоди подовжував активний налив і дозрівання середньоранніх посівів, але обмежений дощовий фон стримував абсолютні темпи нагромадження сухої речовини наприкінці сезону.

У найважливіший для сої інтервал квітень–вересень середня температура 2025 року становила $19,33$ °С, що на $1,0$ °С вище від середньобаторічного рівня $18,3$ °С. Сума опадів за цей період – лише 135 мм проти 209 мм за нормою, тобто дефіцит -74 мм (близько -35 %). Розрахунковий гідротермічний коефіцієнт за Селяниновим для квітня–вересня склав близько $0,38$ проти середньобаторічного близько $0,62$, що відповідає умовам посухи та підтверджує провідну роль водного стресу у формуванні врожайності.

Теплий квітень сприяв своєчасній сівбі та дружним сходам. Прохолодний і сухий травень міг зумовити повільніший стартовий ріст, зниження інтенсивності поглинання азоту та тимчасове пригнічення формування листкової поверхні. Теплий і сухий червень–липень істотно підвищували ризики редукції генеративних органів у фазах R1–R3 і обмеження наливу в R4–R5, що вимагало максимальної вологозберечної тактики (мінімальний або нульовий обробіток, мульчувальний покрив стерні, обмеження проходів техніки) та точного живлення з урахуванням P–K–S і мікроелементів (Zn, Mn; за потреби Mo для ефективно фіксації азоту в інокульованих посівах). Теплий, але сухий вересень міг пришвидшити фізіологічне дозрівання, одночасно стримуючи абсолютні темпи наливу насіння. Загалом сезон 2025 року для сої у ФГ «Ставки» слід визнати термічно сприятливим, але гідрологічно дефіцитним, із чіткою необхідністю технологій збереження вологи та корекції живлення у критичні фази R1–R5.

2.4. Методика досліджень

Мета та завдання досліджень. Метою експерименту було встановити, як система обробітку ґрунту та рівень мінерального живлення впливають на водний, поживний і біологічний режими чорноземів та продуктивність сої в умовах Північного Степу України. Для досягнення мети визначали зміни агрофізичних та агрохімічних показників ґрунту під дією традиційної технології і технології No-till, оцінювали ефективність двох рівнів мінерального живлення порівняно з контролем без добрив, досліджували ріст і розвиток рослин, формування елементів структури врожаю, урожайність і якість насіння, а також проводили економічну оцінку варіантів.

Полеві дослідження виконували у 2025 році на землях Фермерського господарства «Ставки», Павлоградський район, Дніпропетровська область (орієнтовні координати дослідного поля WGS84: 48.52° N, 35.88° E). Дослідна ділянка розташована на лесовій хвилястій рівнині з легким мікророзчленуванням рельєфу; ґрунтовий покрив представлений переважно Чорноземами звичайними середньосуглинковими з нейтральною – слабколужною реакцією. Сівозміна в господарстві: кукурудза на зерно – соя – озима пшениця – соняшник, що забезпечує чергування культур різних біологічних груп і дає змогу об'єктивно оцінювати післядію агрозаходів. Експеримент закладали як двофакторний у триразовій повторності за схемою випадкових блоків. Фактор А – система обробітку ґрунту (Традиційна технологія з полицевим обробітком і передпосівними культиваціями; Технологія No-till із прямим висівом). Фактор В – рівень мінерального живлення (Без добрив; Рекомендована доза $N_{35}P_{45}K_{30}$; Розрахункова доза $N_{60}P_{60}K_{60}$ під планову врожайність 3,5 т/га). Площа однієї облікової ділянки становила 90 м² при загальній площі елементарної ділянки 300 м² (ширина 6 м, довжина 50 м); смуги-гребені і буферні проходи забезпечували просторову ізоляцію варіантів та стабільність агрофону.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження була соя культурна (*Glycine max* (L.) Merr.) як теплолюбна бобова СЗ-рослина з

тривалим періодом формування симбіотичного азотфіксувального апарату та високою чутливістю до водного стресу в фази R1–R5.

Предметом дослідження виступали реакції агроєкосистеми «грунт – рослина – технологія» на контрастні системи обробітку та різні рівні мінерального живлення. Вивчали скоростиглий сорт сої «Фортеця», придатний до умов Північного Степу.

Сівбу проводили суцільним рядовим способом з нормою висіву 650 тис. схожих насінин на гектар. Насіння у день сівби інокулювали нітрагіном за регламентом виробника з метою формування активної симбіотичної системи *Bradyrhizobium japonicum*.

За традиційної технології ґрунт готували через післязбиральне лущення стерні кукурудзи, внесення мінеральних добрив, зяблеву оранку на 22 см і весняні культивації до стану фізичної стиглості з подальшою передпосівною культивацією; висів виконували сівалкою СЗ-3,6.

За технології No-till здійснювали передпосівну десикацію/очищення поля від падалиці та бур'янів гербіцидом суцільної дії на основі гліфосату (Раундап Екстра 2,5 л/га) та прямий висів сівалкою GIMETAL із локальним внесенням добрив на глибину 8–10 см.

Допоміжний захист упродовж вегетації для обох систем був уніфікований: у фазі першого трійчастого листка застосовували післясходовий гербіцид Хармоні Класік 30 г/га у баковій суміші з ад'ювантом Тренд 90 (150 мл/100 л води), за появи злакових бур'янів у фазі 2–4 листки проводили обприскування гербіцидом Пантера 1,3 л/га, за появи шкідників – інсектицидом Шарпей 0,3 л/га.

Схему мінерального живлення формували таким чином: контроль без добрив; рекомендована доза $N_{35}P_{45}K_{30}$, яку за No-till вносили локально сівалкою при сівбі (попередньо змішували 25 кг/га аммофосу з 187 кг/га нітроаммофоски), за традиційної технології – під передпосівний обробіток; розрахункову дозу $N_{60}P_{60}K_{60}$ у вигляді нітроаммофоски вносили дробово –

восени 175 кг/га і навесні при сівбі 200 кг/га (відповідно локально для No-till і розкидно під оранку для традиційної технології).

Методи спостережень і аналізів. Облік фенології проводили за методикою державного сортовипробування із фіксацією фаз «посів», «повні сходи», «розгалуження», «цвітіння», «повна стиглість» та паралельним підрахунком густоти стояння.

Біометричні спостереження виконували у реперні фази V2–V4, R1–R3 та R6, визначаючи висоту рослин, кількість бобів на рослині, кількість насінин у бобі, масу 1000 насінин; листову поверхню визначали методом висічок з еталонним перерахунком на площу, формуючи чотирикратну вибірку з площі 0,25 м².

Нодуляцію оцінювали під час наливу бобів за методикою ДУ «Інститут зернових культур» НААН із визначенням кількості та сирі маси бульбочок. Облік урожаю проводили прокосом центральної смуги ділянки комбайном «Сампо-130» з перерахунком до стандартної вологості та чистоти за регламентами ДУ ІЗК НААН; масу рослинних решток визначали ваговим методом після доведення до повітряно-сухого стану.

Агрофізичні показники ґрунту включали визначення вмісту продуктивної вологи термостатно-ваговим методом пошарово через 10 см до глибини 150 см у контрольні строки (перед зимою, навесні на фізичну стиглість, перед сівбою, у фазу цвітіння та в повну стиглість), а також щільності складення методом ріжучих кілець у шарах 0–10, 10–20 і 20–30 см.

Температуру ґрунту контролювали контактним термометром на глибині 0,05–0,15 м о 12:00 кожні 10 днів з квітня по червень; вітровий режим на полі оцінювали ручним індукційним анемометром на висотах 0–5, 10–15, 20–25 та 150 см з п'ятихвилинним інтервалом фіксації та усередненням показників.

Хімічні аналізи ґрунту виконували за загальноприйнятими методиками: вміст гумусу – за Тюріним у модифікації Нікітіна, реакцію середовища – потенціометрично у водній витяжці 1:2,5 (ДСТУ ISO 10390:2007), нітратний

азот – за методом Грандваля–Ляжу, рухомий фосфор і обмінний калій – за Мачигінім у 1% вуглеамонійній витяжці.

Якісні показники насіння визначали за національними стандартами: масову частку сирого протеїну – методом К'ельдаля, олійність – екстракційним методом, жирнокислотний склад – газовою хроматографією (ДСТУ).

Усі лабораторні визначення виконували з внутрішнім контролем якості та повторністю, придатною для статистичної інтерпретації.

Методи статистичної обробки результатів. Статистичну обробку даних здійснювали за схемою двофакторного дисперсійного аналізу з урахуванням головних ефектів «система обробітку» та «рівень мінерального живлення» і їхньої взаємодії. Перевірку нормальності розподілу залишків проводили за критерієм Шапіро–Уїлка, однорідність дисперсій – за критерієм Левена; у випадку необхідності застосовували стабілізуючі перетворення. Оцінку відмін проводили за показником $NP_{0,5}$ у системі порівнянь з урахуванням множинності; додатково будували парні та множинні кореляції між урожайністю і ключовими предикторами (вологозапаси, щільність, забезпеченість елементами живлення, показники листової поверхні), а також регресійні моделі для кількісної інтерпретації ефектів. Розрахунки виконували у середовищі STATISTICA 10 та MS Excel з прийнятим рівнем значущості $p < 0,05$; для верифікації результатів і оформлення таблиць використовували підходи, викладені у класичних таблицях і методичних вказівках Доспехова та Єщенко.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Забезпечення посівів вологою та динаміка запасів продуктивної вологи в ґрунті

У водному режимі чорноземів Північного Степу саме система обробітку й організація поверхні поля визначають масштаб осінньо-зимового накопичення й весняного збереження вологи, від чого безпосередньо залежать стартові темпи росту сої та стійкість посівів у критичні фази R1–R5; тому порівняння традиційної технології та прямої сівби дозволяє кількісно оцінити водозберігальний ефект кожної системи й роль мінерального живлення у трансформації профільних запасів. Перед зимівлею пряма сівба забезпечила вищі запаси продуктивної вологи на всіх глибинах профілю: 35 проти 23 мм у 0–30 см, 103 проти 76 мм у 0–100 см і 146 проти 113 мм у 0–150 см, що еквівалентно приростам +52,2 %, +35,5 % і +29,2 % відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Рівень продуктивної вологи в ґрунті перед зимовим періодом під впливом технологічних прийомів вирощування, мм (2024 р.)

Шар ґрунту, см	Агротехніка	
	Традиційна	Пряма сівба
0-30	23	35
0-100	76	103
0-150	113	146

Навесні перевага No-till зберігалася: 49 проти 39 мм у 0–30 см, 137 проти 124 мм у 0–100 см і 198 проти 178 мм у 0–150 см, тобто на старті вегетації посіви за прямої сівби мали суттєвіший «водний кредит», особливо у верхньому шарі, критичному для проростання, укорінення й раннього засвоєння поживних елементів (табл. 3).

Сезонний зріз профільних запасів у 0–150 см показав, що на сівбу різниця між системами становила 20 мм (198 проти 178), у цвітіння – 16 мм (118 проти 102), а в повну стиглість запаси практично вирівнювалися до 50 і

49 мм; сумарна сезонна витрата з профілю була більшою за прямої сівби (-148 мм) порівняно з традиційною (-129 мм), що вказує на довше підтримуваний транспіраційний потік і потенційно кращу реалізацію наливу насіння в другій половині вегетації (табл. 4).

Таблиця 3

Рівень продуктивної вологи в ґрунті навесні залежно від технології вирощування, мм (2025 р.)

Шар ґрунту, см	Агротехніка	
	Традиційна	Пряма сівба
0-30	39	49
0-100	124	137
0-150	178	198

Деталізація в метровому шарі з урахуванням системи добрив підтвердила системний водозберігальний ефект агротехнології та помірний вплив доз живлення: на сівбу No-till перевищував традиційну технологію на 11 мм у контролі (117 проти 106; різниця значуща за $НІР_{0,5}$ для агротехнології = 1 мм), на 2 мм за рекомендованої дози (113 проти 111; також >1 мм), тоді як за розрахункової дози стартові запаси вирівнювалися (111 проти 111 мм).

Таблиця 4

Вплив елементів технологій вирощування сої на запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–150 см, мм (2025 р.)

Час визначення	Агротехніка	
	Традиційна	Традиційна
Сівба	178	198
Цвітіння	102	118
Повна стиглість	49	50

У фазу цвітіння перевага No-till становила 7–8 мм у кожній системі живлення (62 проти 54; 67 проти 59; 69 проти 62), що перевищує $НІР_{0,5} = 2$ мм і свідчить про статистично значущу перевагу прямої сівби; на збирання різниця зберігалася на рівні 5–7 мм (37 проти 31; 35 проти 28; 35 проти 30) і була більшою за $НІР_{0,5} = 2$ мм (табл. 5). Вплив підвищення дози добрив проявлявся переважно до середини вегетації: у традиційній системі перехід від

контролю до рекомендованої і розрахункової доз давав на сівбу +5 мм (106 – 111) і +5 мм, у цвітіння +5 мм (54 – 59) і +8 мм (54 – 62), що перевищує НІР_{0,5} для системи добрив (2–3 мм) і є статистично доведеним, тоді як різниця між рекомендованою та розрахунковою дозами у фазу цвітіння складала +3 мм і перебувала на межі значущості; у No-till на сівбу 117 – 113 – 111 мм означало зменшення стартових запасів зі зростанням дози (–4 і –6 мм, обидва >2 мм), зате у фазу цвітіння 62 – 67 – 69 мм свідчило про зростання водозабезпечення (+5 і +2 мм, де +5 мм >3 мм, а +2 мм нижче порогу значущості), на збирання 37 – 35 – 35 мм різниці були менші за НІР_{0,5} і статистично не підтверджували переваги вищої дози.

Таблиця 5

Вплив технологічних прийомів вирощування сої й удобрення на запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм (2025 р.)

Агротехнологія	Система добрив	Час визначення		
		сівба	цвітіння	збирання
Традиційна	без добрив	106	54	31
	рекомендована	111	59	28
	розрахункова	111	62	30
Пряма сівба	без добрив	117	62	37
	рекомендована	113	67	35
	розрахункова	111	69	35
НІР ₀₅ для агротехнології		1	2	2
НІР ₀₅ для системи добрив		2	3	3

Узагальнюючи, пряма сівба формує більші передсезонні та весняні запаси вологи і зберігає статистично вищі рівні у фазу цвітіння та на збирання, що в поєднанні з рекомендованим рівнем живлення забезпечує найкращий компроміс між збереженням і продуктивним використанням профільної води, тоді як підвищення дози понад рекомендовану має локальний ефект у середині вегетації та не призводить до істотних відмін у залишкових запасах на кінець сезону.

3.2. Вплив агротехніки на щільність складення ґрунту

Моніторинг щільності ґрунту є критично важливим для інтерпретації водного режиму, аерації та опору проникненню коренів сої; у польових умовах Північного Степу поєднання системи обробітку з сезонною динамікою зволоження визначає як стартову об'ємну масу орного шару, так і амплітуду її коливань упродовж вегетації, тому порівняння традиційної технології й прямої сівби дозволяє кількісно оцінити ризики рекомпації та формування підшви. За передзимовими вимірюваннями у верхніх горизонтах 0–10 і 10–20 см пряма сівба мала вищу ρ_b відносно традиційної: 1,19 проти 1,02 г/см³ і 1,22 проти 1,09 г/см³ відповідно, що перевищує $НР_{0,5} = 0,05$ і свідчить про статистично значущу різницю, тоді як у шарі 20–30 см відмінність 1,28 проти 1,24 г/см³ становила 0,04 і не досягала порога значущості; навесні перевага щільності за прямої сівби зберігалася вже в усіх шарах: 0–10 см – 1,04 проти 0,94 г/см³, 10–20 – 1,11 проти 1,03 г/см³, 20–30 см – 1,19 проти 1,11 г/см³, кожна різниця більша за $НР_{0,5} = 0,05$, що відображає стабілізацію структури під мульчею і мінімум проходів техніки порівняно з весняними передпосівними операціями в традиційній системі (табл. 6).

Таблиця 6

Щільність ґрунту під впливом технології вирощування, г/см³ (2025 р.)

Шар ґрунту, см	Перед входженням в зиму		Весна	
	традиційна	пряма сівба	традиційна	пряма сівба
0-10	1,02	1,19	0,94	1,04
10-20	1,09	1,22	1,03	1,11
20-30	1,24	1,28	1,11	1,19
$НР_{0,5}$	0,05		0,05	

Динаміка вегетаційних значень засвідчила різний характер рекомпації: на сівбу ρ_b була закономірно вищою за прямої сівби у шарах 0–10 і 10–20 см (1,19 проти 1,05 та 1,22 проти 1,10 г/см³; перевищення $НР_{0,5} = 0,06$), а в підорному шарі різниця була малою і статистично не доведеною (1,25 проти 1,22 г/см³ при різній глибині обліку для третього шару); у фазу цвітіння показники між системами практично вирівнялися в усіх шарах: 0–10 см – 1,28

проти 1,27 г/см³, 10–20 см – 1,34 проти 1,35 г/см³, глибший шар – 1,36 проти 1,36 г/см³, різниці менші за $HP_{0,5} = 0,04$ і тому статистично незначущі; на збирання спостерігалася така сама картина: 0–10 см – 1,25 проти 1,24 г/см³, 10–20 см – 1,29 проти 1,27 г/см³, глибший шар – 1,27 проти 1,28 г/см³, усі відмінності нижчі за $HP_{0,5} = 0,03$, що свідчить про сходження щільності до спільного «квазірівноважного» стану під дією виснаження вологи, усадки агрегатів і біоканалізації корінням сої (табл. 7).

Таблиця 7

Вплив технологічних прийомів вирощування сої на щільність ґрунту в період вегетації, г/см³ (2025 р.)

Агротехніка	Шар ґрунту, см	Період визначення		
		сівба	цвітіння	збирання
Традиційна	0-10	1,05	1,27	1,24
	10-20	1,10	1,35	1,27
	20-30	1,22	1,36	1,28
Пряма сівба	0-10	1,19	1,28	1,25
	10-20	1,22	1,34	1,29
	30-40	1,25	1,36	1,27
HP_{05} для технології		0,06	0,04	0,03

Водночас внутрішньосезонні траєкторії різнилися: у традиційній технології верхній шар 0–10 см зростав з 1,05 на сівбу до 1,27 у цвітіння (+0,22) з подальшим незначним зменшенням до 1,24 на збирання, що вказує на інтенсивну рекомпацію після весняних обробітків і часткове «розвантаження» структури під кінець сезону; за прямої сівби амплітуда була вдвічі меншою (1,19 – 1,28 – 1,25), що підтверджує структурну стабільність мульчованого орного шару й нижчий ризик різких змін макропористості. У критичному для кореневої системи шарі 10–20 см обидві технології досягали максимумів 1,34–1,35 г/см³ у цвітіння, тобто підходили впритул до верхньої межі оптимуму для сої (1,40 г/см³ для середньо- та важкосуглинкових чорноземів), що потенційно підвищує механічний опір проникненню коренів та знижує аерацію за дефіциту вологи; у глибшому шарі у фазу цвітіння обидві системи мали 1,36 г/см³, тобто знаходилися на межі бажаних значень і

вимагали обмеження осьових навантажень техніки, особливо в умовах часткової перезволоженості після злив.

Сукупно ці результати означають, що пряма сівба стартує з більшою щільністю у верхніх горизонтах, однак забезпечує меншу сезонну амплітуду ρ_b і відсутність вираженого піку ущільнення на глибині 15–25 см, тоді як традиційна система після короткочасного весняного «розпушення» швидко компактується до рівнів, близьких до порогових, у середньому орному шарі; з позицій керування ризиками для сої це аргументує потребу зменшення кількості проходів техніки у вологий ґрунт, збереження мульчі, застосування вузьких шин/зниженого тиску та, за наявності локальних вогнищ підшви, – адресного глибокорушення поза строками високої вологості, тоді як за No-till пріоритетом є контроль поверхневого злежування у технологічних коліях і підтримка активної біологічної каналізації через інокуляцію та збалансоване P–K–S-живлення.

3.3. Особливості росту та розвитку рослин у вегетаційний період

Вивчення нагромадження сирої надземної маси та лінійного росту сої є принциповим для інтерпретації формування листкового індексу, симбіотичної азотфіксації, водокористування і кінцевої врожайності в умовах дефіциту вологи Північного Степу, оскільки саме ці показники відбивають швидкість наростання фотосинтезуючої поверхні та інтенсивність транспірації; у нашому досліді порівнювалися дві системи обробітку (традиційна технологія та пряма сівба/No-till) у поєднанні з трьома рівнями мінерального живлення, що дозволяє розділити ефекти агротехнології і добрив та оцінити їхню взаємодію (табл. 8, 9).

За сирою надземною масою на гілкуванні традиційна система стабільно переважала пряму сівбу у всіх рівнях живлення: 411 проти 366 г/м² для контролю (+45 г/м²), 391 проти 343 г/м² для рекомендованої дози (+48 г/м²) і 381 проти 311 г/м² для розрахункової (+70 г/м²), причому кожна з різниць перевищувала $NP_{0,5}$ для фактора «агротехнологія» = 16 г/м² і була статистично

значущою; водночас вплив мінерального живлення на ранню масу виявився нетиповим: у середньому для обох технологій перехід від контролю до рекомендованої дози зменшував масу на 22 г/м², а від рекомендованої до розрахункової – ще на 21 г/м², що перевищує НІР₀₅ для «системи добрив» = 19 г/м² і свідчить про істотне «просідання» на початку вегетації.

Таблиця 8

Вплив технології вирощування та системи удобрення на розвиток сирі надземної маси сої, г/м² (2025 р.)

Агротехніка	Система добрив	Час визначення		
		гілкування	цвітіння	повна стиглість
Традиційна	без добрив	411	2223	725
	рекомендована	391	2057	707
	розрахункова	381	2125	693
Пряма сівба	без добрив	366	2126	745
	рекомендована	343	1936	720
	розрахункова	311	1955	691
НІР ₀₅ для агротехнології		16	99	21
НІР ₀₅ для системи добрив		19	102	24

Найімовірніше через перерозподіл асимілятів на користь кореневої системи та інерцію нодуляції за наявності мінерального азоту; у фазу цвітіння свіжі маси досягали максимуму і перевага традиційної системи зберігалася в більшості порівнянь: за рекомендованої дози 2057 проти 1936 г/м² (+121 г/м²) та за розрахункової 2125 проти 1955 г/м² (+170 г/м²) – обидві різниці більші за НІР_{0,5} для «агротехнології» = 99 г/м² і статистично доведені, тоді як у контролі 2223 проти 2126 г/м² різниця 97 г/м² була на межі значущості (менше за 99 г/м²); головний ефект добрив у цю фазу також проявився як зниження свіжої маси відносно контролю: середній рівень для рекомендованої дози 1996,5 г/м² був на 178 г/м² нижчим за контрольні 2174,5 г/м² (НІР_{0,5} для «системи добрив» = 102 г/м²), тоді як різниця між рекомендованою та розрахунковою дозами (44 г/м²) не досягала порога значущості; на повну стиглість системні відмінності за свіжою масою нівелювалися: у контролі пряма сівба мала 745 г/м² проти 725 г/м² у традиційній (різниця 20 г/м² трохи менша за НІР₀₅ для «агротехнології»

= 21 г/м²), за рекомендованої 720 проти 707 г/м² (різниця 13 г/м²) і за розрахункової 691 проти 693 г/м² (-2 г/м²) також були статистично незначущими.

Таблиця 9

Вплив технології вирощування та застосування добрив на динаміку лінійного росту рослин сої, мм (2025 р.)

Агротехнологія	Доза добрив	Час визначення		
		гілкування	цвітіння	повна стиглість
Традиційна	без добрив	153	530	654
	рекомендована	154	564	650
	розрахункова	158	572	650
Пряма сівба	без добрив	150	548	571
	рекомендована	156	542	585
	розрахункова	153	540	586
НІР ₀₅				
Фактор А		2	8	9
Фактор В		3	9	10
Взаємодія АВ		3	11	12

Натомість у межах No-till зростання дози добрив супроводжувалося послідовним зменшенням або стабілізацією свіжої маси: 745 – 720 – 691 г/м², де відмінності 25–54 г/м² переважали НІР_{0,5} для «системи добрив» = 24 г/м² і були істотними, тоді як у традиційній системі істотним виявилось лише зниження для розрахункової дози відносно контролю (725 – 693 г/м²; 32 г/м² > 24 г/м²) (табл. 8); узагальнюючи, свіжа маса яскраво реагувала на технологію в ранні фази і слабо – наприкінці сезону, а мінеральне живлення за умов 2025 року радше зменшувало гідратацію/сиру масу, що узгоджується з водним дефіцитом у липні–вересні. Динаміка лінійного росту підтвердила ці тенденції і виявила виразну взаємодію «агротехнологія × доза»: на гілкуванні середні по технологіях висоти становили 155 мм у традиційній і 153 мм у No-till, тобто різниця 2 мм була на межі значущості для фактора «технологія» (НІР₀₅ = 2 мм), при цьому в парних порівняннях за розрахункової дози традиційна перевищила No-till 158 проти 153 мм (5 мм ≥ НІР₀₅ для взаємодії АВ = 3 мм), тоді як за рекомендованої дози 154 проти 156 мм відмінність 2 мм була

незначущою; у фазу цвітіння середній головний ефект технології становив 12 мм на користь традиційної (555 проти 543 мм; NP_{05} для фактора $A = 8$ мм), але характерно, що в контролі No-till переважала 548 проти 530 мм ($18 \text{ мм} \geq NP_{0,5}$ для $AB = 11$ мм), тоді як за рекомендованої і розрахункової доз традиційна була вища 564 проти 542 мм (22 мм) і 572 проти 540 мм (32 мм) – обидві різниці істотні; на повну стиглість перевага традиційної технології стала виразною в усіх дозах: 654 проти 571 мм у контролі (83 мм), 650 проти 585 мм за рекомендованої (65 мм) і 650 проти 586 мм за розрахункової (64 мм), кожна з яких істотно більша за NP_{05} для $AB = 12$ мм, що відбиває сильнішу вертикальну структуру стеблостою в умовах полицевого обробітку.

Головний ефект добрив на висоту був помірним і проявився до цвітіння: на гілкуванні середня висота зросла з 151,5 мм у контролі до 155,0–155,5 мм за обох доз ($3,5\text{--}4,0 \text{ мм} \geq NP_{05}$ для фактора $B = 3$ мм), у цвітіння – з 539 до 553–556 мм ($14\text{--}17 \text{ мм} \geq 9 \text{ мм}$), тоді як на повну стиглість різниці між дозами не досягали порога значущості ($5\text{--}5,5 \text{ мм}$ при $NP_{0,5}$ для фактора $B = 10$ мм), тобто мінеральне живлення прискорювало/підсилювало ріст до середини вегетації, але не змінювало фінальну висоту рослин; у підсумку свіжі маси і висота найкраще узгоджуються з гіпотезою про різні механізми контролю структуроутворення стеблостою за двох систем: традиційна технологія забезпечила інтенсивніший лінійний ріст і більшу свіжу масу в період цвітіння, тоді як у No-till, попри нижчу ранню масу і нижчу фінальну висоту, спостерігалось краще збереження води в профілі (див. попередні таблиці), а підвищення дози добрив за посушливих умов не давало приросту свіжої маси і на кінцевій стадії навіть супроводжувалося зменшенням гідратації тканин, що вказує на доцільність утримання від перевищення рекомендованої дози та робить критично важливими водозберігальні елементи технології.

3.4. Інтенсивність фотосинтетичних процесів у посівах сої

Формування площі листкової поверхні визначає швидкість наростання фотосинтезуючої маси, інтенсивність транспірації та реалізацію потенціалу

врожайності сої в умовах водного дефіциту Північного Степу, тому аналіз її динаміки за різних систем обробітку і рівнів живлення є критичним для інтерпретації механізмів адаптації посівів (табл. 10). На фазі гілкування традиційна технологія забезпечила істотно вищу площу листків на 1 м посівів порівняно з прямою сівбою за всіх доз: 1,58 проти 1,44 м² у контролі (різниця 0,14 > НІР_{0,5} для взаємодії АВ = 0,10), 1,44 проти 1,21 м² за рекомендованої (+0,23 > 0,10) та 1,32 проти 1,13 м² за розрахункової (+0,19 > 0,10), тобто головний ефект фактора А у цей термін є достовірним (середня перевага традиційної 1,447 проти 1,260 м²; 0,187 > НІР_{0,5} для фактора А = 0,07); на рівні однієї рослини різниця між технологіями також була стійко значущою: 255 проти 226 см² у контролі (29 > НІР_{0,5} АВ = 21), 277 проти 218 см² за рекомендованої (59 > 21) і 270 проти 216 см² за розрахункової (54 > 21), що відображає швидше змикання проекційної поверхні в традиційній системі на старті вегетації (табл. 10).

Таблиця 10

**Вплив технології вирощування та добрив на
площа листової поверхні рослин сої, см² (2025 р.)**

Агротехнологія (фактор А)	Система добрив (фактор В)	Фенологічна фаза			
		гілкування		цвітіння	
		1 м посівів, м ²	1-ної рослини, см ²	1 м посівів, м ²	1-ної рослини, см ²
Традиційна	без добрив	1,58	255	7,33	1219
	рекомендована	1,44	277	6,08	1192
	розрахункова	1,32	270	6,31	1327
Пряма сівба	без добрив	1,44	226	6,76	1097
	рекомендована	1,21	218	6,63	1226
	розрахункова	1,13	216	6,30	1239
НІР ₀₅					
Фактор А		0,07	19	0,15	21
Фактор В		0,09	20	0,19	23
Фактор АВ		0,10	21	0,19	25

Ефект добрив на гілкуванні для площі листків на 1 м посівів був односпрямованим і негативним у середньому по системах: 1,51 м² у контролі проти 1,325 м² за рекомендованої (-0,185 > НІР_{0,5} для фактора В = 0,09) та

1,225 м² за розрахункової ($-0,285 > 0,09$); натомість площа однієї рослини в цей період на добрива реагувала слабо і статистично не відрізнялася від контролю в середньому по системах (240,5 – 247,5 – 243,0 см² при $НІР_{0,5} B = 20$ см²), що узгоджується з імовірним перерозподілом асимілятів на користь коренів і інерцією симбіозу на ранніх етапах. У фазу цвітіння листкова площа на 1 м посівів досягала максимумів, але головний ефект технології був мінімальним і недостовірним у середньому (6,573 проти 6,563 м²; $0,010 < НІР_{0,5} A = 0,15$), при цьому фіксувався виразний перехрест взаємодії $A \times B$: у контролі традиційна перевищувала пряму сівбу 7,33 проти 6,76 м² ($0,57 > НІР_{0,5} AB = 0,19$), за рекомендованої дози навпаки пряма сівба була більш листковою 6,63 проти 6,08 м² ($0,55 > 0,19$), а за розрахункової системи практично не різнилися 6,30 проти 6,31 м² ($0,01 < 0,19$); на рівні однієї рослини головний ефект технології у цвітіння залишався достовірним на користь традиційної (1246 проти 1187 см²; $59 > НІР_{0,5} A = 21$), проте за рекомендованої дози спостерігалася зворотна картина: 1226 проти 1192 см² ($\Delta = 34 > НІР_{0,5} AB = 25$) на користь прямої сівби, тоді як у контролі й за розрахункової дози перевага традиційної залишалася істотною 1219 проти 1097 см² ($122 > 25$) і 1327 проти 1239 см² ($88 > 25$). Головний ефект добрив у цвітіння був протилежним для двох рівнів масштабування: на 1 м посівів застосування мінерального живлення зменшувало площу листків порівняно з контролем у середньому по системах (7,045 – 6,355 – 6,305 м²; зниження 0,69–0,74 м², кожне $> НІР_{0,5} B = 0,19$, різниця між рекомендованою і розрахунковою незначуща $0,05 < 0,19$), тоді як на одну рослину листкова площа, навпаки, зростала ступінчасто 1158 – 1209 – 1283 см² (прирости +51 і +125 см², кожний $> НІР_{0,5} B = 23$; різниця між рекомендованою і розрахунковою також значуща $+74 > 23$), що вказує на посилення індивідуального листкоутворення за можливого зменшення ефективної площі на одиницю довжини рядка, найімовірніше через відмінності у фактичній густоті стояння/контурі стеблостою та конкуренції за вологу.

Узагальнюючи, традиційна система формує більшу листову поверхню на старті вегетації і зберігає перевагу за площею листка однієї рослини в цвітіння, тоді як пряма сівба на фоні рекомендованої дози демонструє кращу площу на 1 м посівів у фазу цвітіння та локальну перевагу за площею листка однієї рослини, що свідчить про інший режим розподілу листової маси в кроні; добрива в обох системах на фоні посушливого сезону зменшують площу листків на 1 м посівів, але істотно збільшують площу листка однієї рослини у цвітіння, причому перехід від рекомендованої до розрахункової дози добавляє листову площу рослини, не збільшуючи площу на 1 м, тобто підсилює індивідуальну вегетативну масу без розширення суцільного покриття; практичний висновок полягає в тому, що за умов ФГ «Ставки» підвищення дози понад рекомендовану не дає приросту листової площі на одиницю довжини рядка в ключову фазу і доцільніше акцентувати на керуванні густиною, рівномірності стеблостою та вологозберіжних прийомах, використовуючи рекомендовані дози як більш збалансовані з огляду на водний режим посівів (див. табл. 10).

3.5. Видовий склад бур'янів у посівах сої

Велика Аналіз бур'янового комплексу до внесення гербіциду показав, що спектр і загальна засміченість сої суттєво залежать від системи обробітку та фону живлення, причому за прямої сівби формується інший центр ваги популяції бур'янів із домінуванням амброзії полинолистої та злакових однорічників, тоді як за традиційної технології виразніша частка теплолюбних прогресорів на розпушеній поверхні поля; підсумкові щільності бур'янів становили для традиційної технології шістьдесят вісім, вісімдесят і сімдесят чотири особини на квадратний метр у варіантах без добрив, за рекомендованої та розрахункової дози відповідно, а для прямої сівби шістьдесят сім, сімдесят один і сімдесят особин, тобто пряма сівба забезпечила меншу або рівнозначну загальну засміченість за всіх рівнів живлення з найбільшим розходженням на

фоні рекомендованої дози, де різниця дорівнювала дев'ять особин на квадратний метр на користь прямої сівби (табл. 11).

Таблиця 11

**Видовий склад бур'янів у посівах сої
до внесення гербіциду, шт./м² (2025 р.)**

Бур'ян	Рекомендована			Пряма сівба		
	без удобрення	рекомен- дована	розраху- нкова	без удобрення	рекомен- дована	розраху- нкова
Амброзія полинолиста	18	18	16	20	22	25
Спориш	4	3	4	1	1	1
Горицвіт	4	4	5	2	3	1
Гірчак березковидний	4	4	4	4	2	4
Зірочник середній	4	3	3	5	4	4
Лутига татарська	2	5	4	4	4	5
Лобода біла	2	5	4	5	5	5
Мишій сизий	3	6	4	7	7	5
Підмареник чипкий	3	5	4	4	6	5
Портулак огородній	12	13	14	4	6	5
Фіалка польова	1	2	1	5	5	4
Щириця звичайна	7	7	7	5	4	5
Осот польовий	4	5	4	1	2	1
Всього	68	80	74	67	71	70

Структура видів відрізнялася ще виразніше: амброзія полинолиста за прямої сівби становила майже тридцять, тридцять одну і тридцять шість відсотків від загальної кількості у контрольному, рекомендованому та розрахунковому варіантах відповідно, тоді як у традиційній технології її частка дорівнювала приблизно двадцять сім, двадцять три і двадцять два відсотки, що вказує на посилення домінування амброзії у мульчованому ґрунті та на живленневих фонах із доступним мінеральним азотом; злаковий компонент «мишій сизий» за прямої сівби мав сім, десять і дев'ять відсотків у зазначених варіантах проти чотирьох, семи і п'яти відсотків у традиційній

технології, що відображає сприятливіші для проростання умови у вологішому поверхневому шарі під мульчею; водночас білоніжка лобода і підмареник чіпкий, як типові нітрофільні види, демонстрували підвищені частки за прямої сівби, зокрема підмареник зростав до восьми з половиною відсотків у варіанті з рекомендованою дозою, тоді як у традиційній технології не перевищував шести з невеликим відсотків.

Протилежна картина спостерігалася для портулаку городнього: у традиційній системі це був один із провідних компонентів бур'янового ценозу з сімнадцятьма–дев'ятнадцятьма відсотками залежно від дози, тоді як за прямої сівби його частка знижувалась до шести–восьми відсотків, що узгоджується з більш прохолодним і затіненим мікрокліматом поверхні ґрунту під мульчею, менш сприятливим для термофільного портулаку; спориш, осот польовий і горицвіт також демонстрували менші абсолютні чисельності за прямої сівби, тоді як зірочник середній та фіалка польова частіше траплялися саме в мульчованих варіантах, що відповідає їхній тіньовитривалості.

Вплив системи добрив на загальну чисельність бур'янів був помірним, але помітним у межах кожної технології: за традиційної системи перехід від контролю до рекомендованої дози супроводжувався зростанням загальної засміченості з шістдесяти восьми до вісімдесяти особин, а далі за розрахункової дози спостерігалось пом'якшення до сімдесяти чотирьох; за прямої сівби відповідні значення становили шістдесят сім, сімдесят один і сімдесят, тобто дози живлення модифікували видовий баланс більше, ніж сумарну щільність.

Суттєво змінювалися і внутрішньовидові тенденції: амброзія за прямої сівби монотонно зростала із підвищенням доз живлення від двадцяти до двадцяти п'яти особин на квадратний метр, тоді як у традиційній технології вона зменшувалась із вісімнадцяти до шістнадцяти; портулак навпаки підсилював свою присутність у традиційній системі від дванадцяти до чотирнадцяти, але залишався менш чисельним у No-till у межах чотирьох–шести; мишій був стабільно вищий за прямої сівби з піком сім особин у

контролі та рекомендованій дозі і невеликим спадом до п'яти на розрахунковій, тоді як у традиційній системі коливався в межах від трьох до шести; підмареник демонстрував посилення на рекомендованій дозі в No-till до шести особин проти чотирьох–п'яти у традиційній системі, що інтерпретується як реакція нітрофільного ліаноподібного бур'яну на підвищену доступність азоту та збережену вологу у верхньому горизонті.

У сукупності результати свідчать, що пряма сівба не збільшує сумарну передгербіцидну засміченість поля, але змінює видову структуру на користь амброзії, підмареника та однорічних злаків при одночасному пригніченні портулаку і низки прогресорів оголеного поверхневого шару; це означає потребу адаптувати схему контролю бур'янів у No-till до ширшого спектра листових бур'янів і однорічних злаків та враховувати можливе підсилення амброзії на живленневих фонах, тоді як за традиційної технології доцільно акцентувати на боротьбі з портулаком і контролі ярих осотів; незалежно від системи, базові відмінності між дозами живлення змінюють співвідношення видів більше, ніж загальну щільність, що критично для вибору комбінацій гербіцидів і строків їх внесення.

3.6. Вплив технології вирощування на врожайність сої

Оптимізація технології вирощування сої та параметрів мінерального живлення є принципово важливою для підвищення стабільності врожайності в умовах кліматичної мінливості та коливань цін на ресурси, оскільки вибір системи обробітку ґрунту й удобрення впливає не лише на стартовий ріст і формування симбіотичної азотфіксації, а й на вологозабезпечення, мінералізацію органічної речовини та ефективність використання елементів живлення; за наведеними даними встановлено виразну перевагу традиційної технології над прямою сівбою та парадоксальне, але статистично підтверджене зниження врожайності за внесення мінеральних добрив порівняно з контролем «без добрив». Середні по фактору А показують, що за традиційної технології одержано 2,337 т/га, тоді як за прямої сівби – 2,210 т/га;

різниця 0,127 т/га перевищує $HP_{0.05}(A)=0,07$, отже технологічний ефект достовірний (табл. 12).

Таблиця 12

**Вплив технології вирощування та
внесення добрив на врожайність сої, т/га**

Агротехнологія (фактор А)	Система добрив (фактор В)	Врожайність зерна, т/га
Традиційна	без добрив	2,47
	рекомендована	2,26
	розрахункова	2,28
Пряма сівба	без добрив	2,32
	рекомендована	2,18
	розрахункова	2,13
$HP_{0.05}$	фактор А	0,07
	фактор В	0,09
	взаємозв'язок АВ	0,10

За фактором В середня врожайність без добрив становила 2,395 т/га і була істотно вищою як за «рекомендованої» (2,22 т/га; різниця 0,175 т/га $>HP_{0.05}(B)=0,09$), так і за «розрахункової» системи (2,20 т/га; різниця 0,19 т/га $>0,09$); при цьому між «рекомендованою» та «розрахунковою» системами різниця мінімальна (0,015 т/га $<0,09$) і статистично незначуща. Деталізована оцінка взаємодії А×В за $HP_{0.05}(AB)=0,10$ підтверджує, що найбільший рівень урожайності забезпечила комбінація «традиційна технологія × без добрив» – 2,47 т/га, яка достовірно перевищила відповідний варіант за прямої сівби (2,32 т/га) на 0,15 т/га; аналогічно, за «розрахункової» системи традиційна технологія дала 2,28 т/га проти 2,13 т/га за прямої сівби, тобто також +0,15 т/га з перевищенням порога значущості; натомість для «рекомендованої» системи різниця між технологіями становила лише 0,08 т/га і була статистично недостовірною. Порівняння систем добрив усередині кожної технології демонструє узгоджену тенденцію: у традиційній системі «без добрив» переважала «рекомендовану» на 0,21 т/га та «розрахункову» на 0,19 т/га (в обох випадках $>0,10$), а за прямої сівби «без добрив» перевищувала «рекомендовану» на 0,14 т/га та «розрахункову» на 0,19 т/га (також $>0,10$), тоді

як різниця між «рекомендованою» і «розрахунковою» системами всередині кожної технології була малою (0,02 та 0,05 т/га відповідно) і нижчою за поріг значущості.

Загалом у досліді зафіксовано амплітуду варіювання 0,34 т/га між крайніми варіантами (2,13–2,47 т/га), що відповідає близько 15% від середнього рівня 2,27 т/га, а середня перевага традиційної технології над прямою сівбою становила близько 6% від її власного рівня; відсутність позитивної реакції на мінеральне удобрення і навіть зниження врожайності порівняно з контролем логічно узгоджуються з біологією сої і можуть бути зумовлені ймовірним пригніченням бульбочкової інокуляції та симбіотичної фіксації N за наявності доступних мінеральних форм азоту, а також можливими погодними обмеженнями, що не дозволили реалізувати потенціал внесених елементів живлення.

Отже, за умов досліду вирішальний вплив на врожайність справляла саме технологія обробітку ґрунту, де традиційна система забезпечила статистично вищий рівень, тоді як застосовані схеми мінерального живлення не дали приросту врожайності і поступалися контролю «без добрив»; практично це означає, що в подібних ґрунтово-кліматичних умовах доцільніше фокусуватися на оптимізації технологічних елементів та біологізації живлення (ефективна інокуляція, контроль рН, волога) замість підвищення мінерального фону, який може не лише не окупитися, а й зменшити врожай.

3.7. Вплив технології на якість зерна сої

Забезпечення стабільних якісних показників сої – олійності та вмісту сирого протеїну – є не менш важливим завданням, ніж нарощування врожайності, оскільки саме ці параметри визначають технологічну придатність насіння для переробки, харчової та комбікормової промисловості й безпосередньо впливають на економіку виробництва; при цьому відомо, що на якість сої істотно діють генотип, погодні умови року та водний режим, тоді

як вплив агротехнологічних прийомів і мінерального живлення часто має другорядний або опосередкований характер. У наведеному досліді за 2025 рік олійність варіювала надзвичайно вузько в межах 19,8–20,1%, а вміст протеїну – 41,3–41,5%, причому усі парні відмінності між середніми за комбінаціями факторів не перевищили відповідні пороги значущості: $НІР_{05}$ для жиру становила 0,9 в.п., для протеїну – 1,9 в.п. За фактором А середня олійність за традиційної технології дорівнювала 19,93%, за прямої сівби – 19,87% (різниця 0,06 в.п. $<0,9$), а протеїн – відповідно 41,40% і 41,37%, тобто технологія обробітку ґрунту не чинила статистично значущого впливу на якість насіння. За фактором В середня олійність становила 19,90% у варіанті без добрив, 19,95% за рекомендованої системи та 19,85% за розрахункової; найбільший розрив між «рекомендованою» і «розрахунковою» системами дорівнював лише 0,10 в.п., що майже в дев'ять разів менше за $НІР_{05}(\text{жир})=0,9$.

Таблиця 13

Вплив технології вирощування та внесення добрив на олійність і вміст протеїну в насінні сої (2025 р.)

Агротехнологія (фактор А)	Система добрив (фактор В)	Вміст в насіння, %	
		жиру	протеїну
Традиційна	без добрив	19,8	41,3
	рекомендована	20,1	41,4
	розрахункова	19,9	41,5
Пряма сівба	без добрив	20,0	41,4
	рекомендована	19,8	41,3
	розрахункова	19,8	41,4
$НІР_{05}$		0,9	1,9

Для протеїну середні за системами добрив дорівнювали 41,35% (без добрив), 41,35% (рекомендована) та 41,45% (розрахункова), а максимальна різниця 0,10 в.п. також у багато разів менша за $НІР_{05}(\text{протеїн})=1,9$. Порівняння у межах кожної технології підтверджує загальну картину: у традиційній системі коливання олійності 19,8–20,1% і протеїну 41,3–41,5% не досягають порогів значущості, так само як і у прямій сівбі, де для олійності зафіксовано 19,8–20,0%, а для протеїну 41,3–41,4%. Між технологіями за однакових систем

удобрення також не виявлено статистично достовірних розбіжностей: для олійності розриви становили 0,1–0,3 в.п. при $HP_{0,05}=0,9$, для протеїну – 0,0–0,1 в.п. при $HP_{0,05}=1,9$. Таким чином, якісний склад насіння сої у 2025 році характеризувався високою стабільністю й не залежав істотно від способу обробітку ґрунту та режиму мінерального живлення, що свідчить про домінуючий вплив чинників року і генетично обумовлених параметрів на формування олійності та протеїну; практично це означає, що за подібних ґрунтово-кліматичних умов і рівня технологічного забезпечення доцільніше приймати управлінські рішення насамперед за показниками врожайності та економіки, не очікуючи суттєвих коливань у якості насіння внаслідок зміни системи обробітку чи варіанта удобрення.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

Економічна оцінка технологій вирощування сої має ключове значення для прийняття управлінських рішень у виробництві, оскільки саме співвідношення врожайності, виробничих витрат і ціни реалізації визначає фактичну віддачу кожної гривні, а не лише агрономічний ефект; за фіксованої ціни 17 000 грн/т аналіз даних показує, що структуру витрат і вибір системи удобрення можуть змінювати економіку варіанта сильніше, ніж різниця врожайності. У межах «традиційної» технології найвищі фінансові показники отримано на контролі без добрив: за урожайності 2,47 т/га валова виручка становила 41 990 грн/га, витрати – 14 343 грн/га, собівартість 1 т – 5 807 грн, умовно чистий прибуток – 27 647 грн/га, рентабельність – 192,8%; внесення добрив знижувало ефективність (табл.14).

Таблиця 14

Вплив технології вирощування та внесення добрив на економічну ефективність виробництва сої

Агротехнологія		Врожайність, т/га	Валова вартість продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Собівартість 1 тони зерна, грн	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Рекомендована	без добрив	2,47	41 990	14 343	5 807	27 647	192,8
	рекомендована	2,26	38 420	17 009	7 526	21 411	125,9
	розрахункова	2,28	38 760	18 707	8 205	20 053	107,2
Прямасівба	без добрив	2,32	39 440	12 939	5 577	26 501	204,8
	рекомендована	2,18	37 060	15 639	7 174	21 421	137,0
	розрахункова	2,13	36 210	17 363	8 152	18 847	108,5

На «рекомендованій» системі при 2,26 т/га прибуток скоротився до 21 411 грн/га, а собівартість зросла до 7 526 грн/т (рентабельність 125,9%), тоді

як «розрахункова» система при 2,28 т/га дала ще нижчий прибуток 20 053 грн/га та найвищу собівартість 8 205 грн/т (рентабельність 107,2%).

Аналогічна картина спостерігається за прямої сівби: контроль без добрив забезпечив 2,32 т/га, 39 440 грн/га виручки, найнижчу в досліді собівартість 5 577 грн/т, 26 501 грн/га прибутку і найвищу рентабельність 204,8%; перехід до «рекомендованої» схеми за 2,18 т/га зменшив прибуток до 21 421 грн/га і підвищив собівартість до 7 174 грн/т (рентабельність 137,0%), а «розрахункова» при 2,13 т/га знизила прибуток до 18 847 грн/га з собівартістю 8 152 грн/т (рентабельність 108,5%). Порівняння технологій у межах однакових систем удобрення показує, що «традиційна» зазвичай дає вищу врожайність і вищий абсолютний прибуток, але «пряма сівба» зберігає перевагу за відносною віддачею завдяки меншим витратам: наприклад, на контролі різниця у врожайності на користь традиційної становила 0,15 т/га, а прибуток був на 1 146 грн/га вищий, проте рентабельність у прямої сівби більша на 12,0 в.п.; за «рекомендованої» системи прибуток двох технологій майже зрівнявся (21 411 проти 21 421 грн/га) саме через нижчі витрати у прямої сівби, а за «розрахункової» традиційна знову випередила пряму сівбу за прибутком на 1 206 грн/га при дуже близькій собівартості на тонну. Усереднення за фактором А підтверджує, що традиційна технологія дала дещо вищу урожайність (2,34 проти 2,21 т/га), більшу виручку (+2 153 грн/га) і трохи вищий прибуток (+781 грн/га), тоді як пряма сівба зменшила витрати в середньому на 1,37 тис. грн/га і забезпечила більшу середню рентабельність (150,1% проти 142,0%).

Усереднення за фактором В однозначне: контроль «без добрив» лідирує за всіма економічними метриками – 2,395 т/га, 40 715 грн/га виручки, лише 13 641 грн/га витрат, 5 692 грн/т собівартості, 27 074 грн/га прибутку і 198,8% рентабельності; перехід до «рекомендованої» системи, у середньому, зменшує врожайність на 0,18 т/га і прибуток на 5 658 грн/га, а собівартість зростає на 1 658 грн/т (+29,1%); «розрахункова» система поглиблює цей негативний ефект: –0,19 т/га до врожайності, –7 624 грн/га до прибутку і +2 486 грн/т до

собівартості (+43,7%), а рентабельність падає на 90,95 в.п. відносно контролю. Для всієї сукупності варіантів «подушка безпеки» щодо ціни (різниця між ціною реалізації і собівартістю тонни) коливалася в межах 8,8–11,4 тис. грн/т, при цьому найбільшу стійкість до можливого зниження ціни забезпечували варіанти без добрив. Отже, в умовах 2025 року всі розглянуті варіанти були прибутковими за ціни 17 000 грн/т, проте максимальна віддача досягалася без внесення мінеральних добрив: абсолютним лідером за прибутком став варіант «традиційна × без добрив» (27 647 грн/га), тоді як «пряма сівба × без добрив» забезпечила мінімальну собівартість і найвищу рентабельність; обидві схеми удобрення знижували економічну ефективність через сукупність двох факторів – підвищення витрат і відсутність компенсуючого приросту врожайності – що в сукупності робить їх економічно не вигідними за заданої кон'юнктури цін.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Дослідження стану охорони праці в фермерському господарстві

Організація охорони праці в фермерському господарстві «СТАВКИ» Павлоградського району Дніпропетровської області базується на основі положень з охорони праці в Україні, які встановлені і регламентується «Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом України» «Про охорону праці», а також розробленими на їх основі відповідними нормативними актами, та іншими джерелами інформації [6].

За стан охорони праці відповідає керівник – директор фермерського господарства «СТАВКИ», який в межах службової компетенції та посадових обов'язків діє згідно «Постанови Верховної Ради України, Кабінету Міністрів України з питань охорони праці, додержуючись вимог закону «Про охорону праці» та інших нормативних актів» [6].

У відповідності з «Типовим положенням про навчання та перевірку знань з питань охорони праці в господарстві встановлено порядок і види навчання з охорони праці робітників. Своєчасність навчання з охорони праці контролює керівник господарства» [6].

В фермерському господарстві «СТАВКИ» головний агроном виконує обов'язки фахівця з охорони праці за сумісництвом. В його обов'язки входить «проведення вступного інструктажу з особами, які оформляються на роботу» [6]. Проходження працівниками інструктажу відмічається в «журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці» [6].

5.2. Аналіз виробничого травматизму в фермерському господарстві

При підготовці кваліфікаційної роботи та виконання індивідуального завдання з аналізу виробничого травматизму в господарстві «СТАВКИ» було зафіксовано один нещасний випадок за період 2024–2025 рр. Аналіз було виконано на підставі «Річного звіту про нещасні випадки на виробництві»

Для аналізу виробничого травматизму в господарстві було застосовано стандартний статистичний метод за останні два роки. За останні два роки кількість працівників була незмінною, а саме: 15 чоловік. Один випадок виробничого травматизму було зафіксовано в 2022 році (табл. 7).

Коефіцієнт частоти травматизму:

$$K_{\text{чт}} = \frac{T}{P} \times 1000 = \frac{1}{15} \times 1000 = 43,5$$

де Т – кількість нещасних випадків;

Р – кількість працівників;

1000 – перерахування на 1000 працівників.

Коефіцієнт важкості травматизму:

$$K_{\text{вт}} = \frac{Д}{Т} = \frac{12}{1} = 12$$

де Д – кількість непрацездатних днів.

Коефіцієнт втрати робочого часу:

$$K_{\text{чт}} = \frac{Д}{P} \times 1000 = \frac{14}{20} \times 1000 = 277$$

Таблиця 7

Аналіз нещасних випадків та виробничого травматизму в фермерському господарстві

Показники травматизму	2024 рік	2025 рік
Кількість працюючих людей	14	14
Кількість нещасних випадків	1	–
Кількість днів непрацездатності, днів		–
- від травматизму	15	–
- від захворювання		–
Втрати, тис. грн:		–
- від травматизму	2,5	–
- від захворювання		–
Коефіцієнт травматизму	43,5	–
Коефіцієнт важкості травматизму	12	–
Коефіцієнт втрати робочого часу	277	–

При розрахунках виробничого травматизму використовували статистичний метод в фермерському господарстві за останні 2 роки. Згідно цьому, маючи кількість працівників за 2 роки, відповідно: 2024 р. – 14, 2025 р. – 14 людина та один нещасний випадок у 2024 році розрахуємо та занесемо в таблицю наступні дані.

В результаті аналізу виробничого травматизму в господарстві було встановлено, що працювало в 2024–2025 році 14 працівник, в 2024 році стався один нещасний випадок з 1 працівником.

5.3. Вимоги охорони праці під час перемішування, заправки та внесення пестицидів

Запобігання забрудненню вод і ґрунту. Усі операції зі змішування та заправки виконують на спеціально облаштованому майданчику з твердим покриттям і системою локалізації розливів. Поверхня має мати бортики (лоток/жолоб) або іншу перепону, яка утримає щонайменше об'єм найбільшої ємності + 10% запасу. Майданчик розташовують на безпечній відстані від відкритих водойм, колодязів, дренажів і водостоків; стоки не повинні мати прямого виходу у каналізацію чи яр. Заборонено влаштовувати змішувальний вузол у місцях, де пролита рідина може безперешкодно потрапити в воду. При потребі формують земляні валики або ставлять переносні бар'єри, щоб змінити напрямок можливого потоку і зібрати розлив у піддон/ємність. Водозабірні шланги обладнують гідророзривом або антисифонним клапаном - «зворотний підсос» у джерело води неприпустимий.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) і допуск до робіт. До робіт допускаються лише навчені працівники після медогляду, інструктажу та перевірки знань з ОП і безпечного поводження з ЗЗР. Перед відкриванням будь-якої тари оператор повинен повністю одягнути ЗІЗ, зазначені в етикетці та паспорті безпеки (SDS) конкретного препарату. Базовий комплект: хімічностійкі рукавиці (нітрил/бутил/ПВХ), фартух або комбінезон із хімічностійким покриттям (рекомендовано із нагрудником), захисні окуляри або

лицьовий щиток, закриті взуття. Для робіт з пилом і аерозолями - фільтрувальний респіратор класу P2/P3; для парів органічних розчинників - картриджі типу A/B (або інші згідно SDS). Для тривалого переливання чи роботи з агресивними формуляціями доцільні нарукавники. ЗІЗ обліковують персонально, зберігають окремо від побутового одягу, перуть/деконтамінують централізовано; прати вдома заборонено.

Відкривання й підготовка тари. Тару розкривають на рівній стійкій поверхні гострим ножем/різаком, не розриваючи упаковку «на вазі». Ємності розміщують так, щоб після зриву пломби рідина не могла самовільно витекти. Під час відкривання порошкових форм не нахиляються над горловиною, щоб не вдихати пил. Кожне відкриття/дозування одразу завершують щільним закручуванням кришки.

Переміщення, переливання та заправка. Під час перенесення та переливу ємність утримують нижче рівня обличчя; працюють з підвітряного боку, аби потік повітря відносив можливі бризки від оператора. Сифонування ротом суворо заборонене. Шлангові з'єднання - герметичні, справні; ковпачки і пробки тримають зачиненими, ємності не залишають без нагляду. Будь-який пролив одразу локалізують сорбентом, збирають у промарковану тару для утилізації. Якщо розчин потрапив на одяг або шкіру - забруднений одяг негайно зняти, шкіру промити водою з милом, ЗІЗ замінити чистими.

Сумісність препаратів і «банковий тест». Перед приготуванням бакових сумішей обов'язково звіряють сумісність за етикетками/рекомендаціями виробників і виконують пробне змішування в невеликій посудині з тією ж водою. Ознаки несумісності: інтенсивне піноутворення, «зварювання» у гель/пластівці, випадіння осаду, нагрівання баночки. За таких проявів суміш застосовувати не можна. Навіть за відсутності видимих реакцій нову комбінацію вперше випробовують на невеликій площі поля.

Порядок завантаження компонентів і підготовка робочого розчину. Щоби уникнути осаду і піни, дотримуються сталої послідовності внесення у

бак з частковою порцією води та ввімкненою мішалкою: змочувані порошки (WP), водорозчинні гранули/сухі концентрати (WG/DF); суспензійні концентрати (SC/CS/FS); водорозчинні концентрати (SL); емульсійні концентрати (EC/SE); та д'юванти/ПАР і мікродобрива - останніми.

Воду доливають поступово, підтримуючи рекомендований виробником діапазон рН та жорсткості (за потреби застосовують кондиціонери води). Сухі форми засипають при працюючій мішалці, уникаючи пиління.

Умови внесення, контроль знесення та санітарні відстані. Обробіток виконують за сприятливої погоди: швидкість вітру орієнтовно 2–4 (до 5) м/с без термічної інверсії, температура бажано нижча за +25...+28 °С, відносна вологість понад 40%. Для мінімізації знесення обирають форсунки з крупною–дуже крупною краплею, витримують висоту штанги ~50 см над ціллю, робочу швидкість 6–12 км/год і тиск у межах рекомендацій виробника. Біля водойм, пасік, житлових зон - дотримуються санітарно-захисних відстаней, крайні секції штанги відключають завчасно. За посилення вітру, появи інверсії чи загрози опадів роботи припиняють.

Перебування на оброблених площах, передзбиральні інтервали. Сторонні особи та тварини не допускаються в зону внесення. Після обробітку встановлюють попереджувальні знаки/стрічку. Повторний вхід (REI) - не раніше строку, зазначеного на етикетці; якщо строк не визначено, - після повного висихання робочого розчину і в базових ЗІЗ. Передзбиральний інтервал (PHI) витримують у відповідності до інструкцій препарату.

Огляди, калібрування і технічне обслуговування. Перед сезоном і періодично впродовж нього перевіряють насос, мішалку, фільтри, шланги, арматуру, стан форсунок. Рівномірність подачі по штанзі - у допуску (відхилення не більше 5–10% між форсунками). Норму виливу розраховують з урахуванням швидкості руху, міжфорсуночної відстані і витрати форсунки; фактичні параметри фіксують у журналі. Будь-які регулювання/прочищення

виконують тільки після повного зняття тиску і зупинки агрегату; наконечники і фільтри чистять не голими руками, а щітками.

Безпечне застосування і поведінка оператора. Під час роботи дотримуються правил особистої гігієни: не палять, не вживають їжу/воду в зоні хімробіт, після зміни миють руки і обличчя, приймають душ. За слабого вітру або штилю уникати перебування у тумані/аерозолі; якщо робота поза кабіною - підсилити захист: щиток, респіратор, наруківники, фартух, чоботи. При кожній зупинці перед регулюванням - вимкнути подачу, стравити тиск, перекрити головний клапан.

Порожня тара, залишки та відходи. Порожня тара залишається небезпечною: навіть тонка плівка препарату на стінках становить ризик. Якщо етикетка дозволяє - виконують потрібне промивання: злити залишок у бак; налити 10–20% води, збовтати, злити промивну воду в бак; повторити ще двічі; промарковану як «вимито» тару тимчасово зберігати окремо і передавати ліцензованому утилізатору або на програму повернення виробнику/дилеру.

Тара, що не підлягає миттю (зазначено на етикетці), максимально осушується (струшування/постукування) і повертається постачальнику або передається на утилізацію згідно законодавства. Повторне побутове використання тари заборонене. Залишки робочого розчину використовують на сумісних ділянках у межах норми; злив у ґрунт, канави чи водойми - заборонений.

Аварійні ситуації, перша допомога і повідомлення. На майданчику обов'язково є комплект для ліквідації розливів (сорбент, лопати, мітли, мішки), умивальник/душ-очистувач для очей, аптечка, засоби зв'язку і вогнегасник. У разі розливу - зупинити роботу, обмежити зону, засипати сорбентом, зібрати відходи у марковану тару, забруднений інвентар/покриття промити; не допустити стоку в водозбір. При потраплянні на шкіру - зняти забруднений одяг, промити водою з милом не менше 15 хв; в очі - промити проточною водою/в душі-очистувачі 15 хв; при вдиханні - винести на свіже повітря; при ковтанні - діяти за SDS і терміново звернутися по медичну

допомогу (з етикеткою препарату). Кожен інцидент реєструють і розслідують із визначенням кореневих причин та запобіжних заходів.

Транспортування та логістика. Перевезення ЗЗР виконують у закритій, промаркованій тарі з фіксацією вантажу. У випадках перевезень дорогами загального користування дотримуються вимог щодо супровідних документів, маркування небезпечного вантажу та допусків водіїв. Шланги/трубопроводи під час перекачування тримають вище рівня робочого розчину, щоб виключити зворотний підсос у джерело води.

Документування і контроль. Кожну операцію фіксують у журналі: дата, поле/культура, препарат і діюча речовина, норми і витрата води, тип форсунок/тиск/швидкість, метеоумови, ПБ оператора, використані ЗІЗ, обсяг і спосіб поводження з тарою/відходами. Внутрішні перевірки дотримання процедур проводять на початку сезону та після кожної позаштатної ситуації; виявлені відхилення усувають з обов'язковим повторним інструктажем.

5.4. Заходи з покращення стану охорони праці в фермерському господарстві

Охорона праці у фермерському господарстві є невід'ємною частиною системи управління виробництвом, адже саме вона визначає безпечність технологічних процесів, знижує частоту травматизму, втрат робочого часу та непрямих витрат, а також підвищує стійкість урожайності в умовах сезонних піків навантаження. Для сільського господарства характерні поєднання механічних, хімічних, фізичних, біологічних і ергономічних ризиків: робота з машинами і знаряддями, пересування транспортних засобів, контакт із пестицидами та мінеральними добривами, зберігання й переміщення зерна, пил, шум, вібрація, гарячі поверхні, роботи на висоті, а також вплив температурних екстремумів. Враховуючи це, ефективні заходи мають охоплювати рівень системи управління, підготовку персоналу, технічний стан обладнання, безпечну організацію робочих місць, контроль небезпечних речовин, готовність до надзвичайних ситуацій і постійний аудит.

Першочерговим є впровадження дієвої системи управління охороною праці за процесним підходом (у логіці ISO 45001) з чітким розподілом відповідальності, річною програмою заходів і бюджетуванням. На рівні господарства доцільно призначити відповідального за охорону праці, затвердити політику, сформувати реєстр небезпек та оцінку ризиків для кожної операції (польові роботи, сервіс техніки, робота на токах і в зерносховищах, хімсклади, гаражі), визначити керувальні дії й індикатори ефективності (частота травм із втратою працездатності, кількість небезпечних подій і «майже-інцидентів», виконання навчань, відсоток закритих зауважень аудитів). Розслідування інцидентів необхідно проводити за причинно-наслідковою логікою із фокусом на усунення кореневих причин, а не лише на дисциплінарні заходи.

Професійне навчання та інструктажі мають бути багаторівневими: вступний і первинний на робочому місці, повторні сезонні інструктажі перед посівною й жнивими, щотижневі «п'ятихвилинки безпеки» в бригадах, спеціалізована підготовка для трактористів-машиністів, комбайнерів, навантажувальників, електромонтерів, обліковців токів, а також окрема сертифікація для осіб, що працюють із засобами захисту рослин. Вкрай важливо навчити ЛОТО-процедур (lockout/tagout) під час обслуговування машин, правилам роботи в замкнених просторах (ємності, бункери, силоси), прийомам надання першої допомоги та протипожежній тактиці. Навчальні матеріали, схеми евакуації, інструкції з роботи й засобів індивідуального захисту повинні бути доступними, актуальними та розміщеними безпосередньо в місцях виконання робіт.

Технічна безпека машинно-тракторного парку базується на профілактичному обслуговуванні та щозмінних оглядах із чек-листами: справність гальм, кермового керування, світлотехніки, блокувань та огорожень, відсутність витоків пального і гідравліки, наявність і цілісність кожухів ВВП і карданних валів. На всіх тракторах і самохідних машинах мають бути ROPS/кабіни і ремені безпеки, на причіпних знаряддях штатні

шплінти й страхувальні ланцюги, на рухомих механізмах огороження і таблички попередження. Особливої уваги потребують безпечне агрегування та буксирування, заборона перебування людей між агрегатами під час зчеплення, а також заборона ремонтів під піднятим навісним обладнанням без механічних упорів.

Організація руху транспорту й пішоходів на території господарства передбачає схему руху, розділення потоків, обмеження швидкості, дзеркала і знаки огляду на перехрестях, маркування проходів у цехах і на токах, штатні місця завантаження-розвантаження з протикотними упорами. Для навантажувачів і автонавантажувачів обов'язкові підготовка операторів, щозмінні огляди, сигнал заднього ходу й освітлення; зона роботи огорожується, сторонніх не допускають.

Безпечна робота з пестицидами і добривами вимагає окремого вентильованого складу зі вторинним піддоном, інвентаризації і журналу видачі, наявності паспортів безпеки, чітких етикеток і знаків небезпеки. Місце приготування робочих розчинів обладнується водонепроникним майданчиком, набором для локалізації розливів, душем/мийкою очей, контейнерами для тари та ЗІЗ. Обов'язкові фільтрувальні респіратори класу не нижче Р2/Р3, захисні окуляри/щитки, нітрилові рукавиці, костюми-халати, гумові чоботи; персонал проходить навчання щодо періодів безпечного входу (re-entry), буферних зон і метеовікон, калібрування обприскувача й утилізації промивних вод. Добрива з ризиком корозії або виділення газів зберігаються окремо; при роботі з аміачною селітрою, КАС та іншими агресивними продуктами - додаткові засоби захисту і заборона змішування несумісних речовин.

Пилогазонебезпечні роботи в зерносковищах і на токах організуються за правилами вибухопожежної безпеки: регулярне прибирання пилу, заземлення та вирівнювання потенціалів, заборона «гарячих робіт» без наряду-допуску, наявність і обслуговування іскрогасників, використання іскробезпечного інструменту. Вхід у бункери/силоси лише за нарядом із

газоаналізом (вміст кисню, CO₂), зі страхувальним спорядженням, верхньою страховкою і спостерігачем, із повною зупинкою і LOTO всіх механізмів подачі/вивантаження.

Електробезпека забезпечується справними заземленнями, використанням ПЗВ/УЗО у вологих приміщеннях, періодичними вимірами опору ізоляції та петлі «фаза-нуль», заборонаю саморобних подовжувачів та експлуатації кабелів із пошкодженою ізоляцією. Пожежна безпека включає категорювання приміщень, оснащення вогнегасниками відповідних типів і калібрів, їх щоквартальні огляди, інструктажі з евакуації і навчальні тривоги двічі на рік, рознесене зберігання пального, заправлення лише на відведених майданчиках із антистатичним захистом і заборону паління поза спеціально обладнаними місцями.

Управління мікрокліматом і ергономікою потребує регламентації тривалості змін у спеку й холод, забезпечення водою та тіньовими зонами, планування перерв, використання протишумових навушників і антивібраційних рукавиць на гучних/вібронебезпечних машинах, механізації ручних підйомів, гнучкого планування режиму робіт, щоби мінімізувати втому, а також медоглядів із акцентом на слух, дихальну систему, опорно-руховий апарат і вакцинацію від правця

Система засобів індивідуального захисту повинна бути стандартизованою, з видачею під розпис, картами підбору розмірів, графіком заміни фільтрів і миттєвою заміною пошкоджених ЗІЗ. На робочих місцях – аптечки, носилки, укомплектовані шафи для ЗІЗ, станції для промивання очей, доступ до питної води і санітарних вузлів. План реагування на НС має містити перелік ризикових сценаріїв (пожежа, розлив хімікатів, травма з кровотечею, ураження струмом, тепловий удар), порядок дій, схеми оповіщення, контакти служб, точки збору і призначених відповідальних; не рідше двох разів на рік проводяться тренування.

Для підвищення дисципліни і прозорості потрібні стандартизовані форми: щоденні чек-листи стану техніки, журнали інструктажів і нарядів-

допусків, акти перевірок, карти ризиків на ділянках, плани-схеми евакуації, маршрутні карти руху техніки, записи про видачу ЗІЗ і пестицидів, карти калібрування обприскувачів і протоколи розслідувань інцидентів. Результати внутрішніх аудитів і спостережень за небезпечними ситуаціями обговорюються щомісяця на нарадах з ухваленням коригувальних дій із відповідальними та термінами.

Практична дорожня карта для господарства може виглядати так: протягом перших 30 днів базовий аудит умов праці, оновлення реєстру ризиків, перевірка і доукомплектація ЗІЗ, відновлення огорожень і ЛОТО; до 60-го дня повний цикл навчання основних категорій працівників, відпрацювання пожежних і перших домедичних дій; до 90-го дня впровадження чек-листів, графіка ТО безпечного стану, системи реєстрації «майже-інцидентів» і щомісячних міні-аудитів на місцях. Далі система підтримується через квартальні огляди техніки, сезонні інструктажі та щорічний перегляд ризиків і політик.

Реалізація наведених заходів формує кероване виробниче середовище: зменшується травматизм, скорочуються простої, стабілізується якість робіт у пікові періоди, знижується собівартість через менші непрямі втрати і страхові витрати. Для фермерського господарства це означає не лише відповідність вимогам законодавства та стандартів, а й реальну конкурентну перевагу у вигляді передбачуваності операцій і готовності до шоків погоди та ринку.

ВИСНОВКИ

Агроклімат 2025 р. у зоні досліджень був термічно сприятливим, але гідрологічно дефіцитним: за квітень–вересень температура перевищувала норму приблизно на $+1,0$ °С, а опади були нижчими на ~ 35 %, що сформувало посуху за ГТК. За таких умов визначальним лімітуючим чинником для сої виступала волога, а не тепло; це зумовило провідну роль технологій збереження води у ґрунті (консерваційні системи, мульча, мінімум проходів техніки) у забезпеченні стійкого функціонування посівів у фазах R1–R5.

За водним режимом пряма сівба (No-till) формувала статистично вищі стартові та середньосезонні запаси продуктивної вологи порівняно з традиційною технологією: перед сівбою у 0–150 см різниця становила $+20$ мм, у цвітіння $+16$ мм, на збирання – перевага зберігалася (до $+1$ мм); сезонна витрата з профілю за No-till була більшою, що свідчить про довше підтримувану транспірацію й краще забезпечення наливу насіння. Ефект підвищених доз мінерального живлення на запаси вологи проявлявся переважно до середини вегетації й не забезпечував істотних різниць у залишкових запасах на кінець сезону.

Щільність складення ґрунту в орному шарі за прямої сівби на старті була вищою у верхніх горизонтах, однак сезонна амплітуда її змін була меншою, ніж за традиційної системи. У фазу цвітіння обидві технології сходилися до близьких значень ($1,34$ – $1,36$ г/см³ у шарі 10–20 см), тобто підходили до верхньої межі оптимуму для сої на середньо- та важкосуглинкових чорноземах. Це обґрунтовує для традиційної системи мінімізацію весняних обробітків/проходів у вологий період і, за наявності підшви, адресне глибокорушення поза періодами перезволоження; для No-till – контроль локального злежування у технологічних коліях і підтримка біоканалізації (ефективна інокуляція, збалансоване P–K–S-живлення).

За ростом і листковою поверхнею традиційна система забезпечувала більшу ранню сиру надземну масу та вищу висоту рослин (особливо в період

цвітіння), тоді як за No-till на фоні «рекомендованої» дози відзначено більшу площу листків на 1 м посівів у цвітіння, що свідчить про інший просторовий розподіл листової маси. Застосування мінеральних добрив у посушливих умовах зменшувало листову площу на 1 м посівів і свіжу масу відносно контролю «без добрив», водночас збільшуючи листову площу одиничної рослини; тобто за дефіциту води підвищення мінерального фону стимулювало індивідуальну вегетативну масу без розширення ефективного покриття стеблостою, що не трансформувалося у приріст урожайності.

Бур'яновий комплекс до застосування гербіцидів за No-till не збільшував загальну засміченість, але істотно змінював її структуру: зростала частка амброзії полинолистої та однорічних злаків (мишій), тоді як традиційна технологія асоціювалася з вищою часткою портулаку городнього та окремих прогресорів оголеного ґрунту. Внесення добрив змінювало співвідношення видів більше, ніж сумарну щільність, що потребує адаптації гербіцидних схем: у No-till – акцент на контроль широколистих бур'янів і злаків, у традиційній – на портулак і ярові осоти.

Урожайність статистично залежала від системи обробітку і негативно реагувала на внесення мінеральних добрив. Середні по фактору А: традиційна технологія – 2,34 т/га, пряма сівба – 2,21 т/га (різниця 0,13 т/га > $HP_{0,5}(A)=0,07$). По фактору В найвищий рівень забезпечив контроль «без добрив» – 2,395 т/га, що достовірно перевищувало «рекомендовану» (2,22 т/га) і «розрахункову» (2,20 т/га) системи (> $HP_{0,5}(B)=0,09$), тоді як між двома дозами відмінності були незначущими. Найвищий показник одержано у варіанті «традиційна × без добрив» (2,47 т/га), найнижчий – «пряма сівба × розрахункова» (2,13 т/га); взаємодія А×В була істотною ($HP_{0,5}(AB)=0,10$). Біологічно це узгоджується з ризиком пригнічення симбіотичної фіксації азоту надлишковим мінеральним азотом за водного дефіциту.

Якість зерна була стабільною і не залежала істотно від факторів технології та живлення: олійність 19,8–20,1 % і протеїн 41,3–41,5 % при $HP_{0,5}$ 0,9 і 1,9 в.п. відповідно – усі розбіжності нижчі за пороги значущості.

Економічно всі варіанти були прибутковими за ціни 17 000 грн/т, але максимальні показники досягнуті без внесення добрив: «традиційна × без добрив» – найвищий прибуток (27 647 грн/га), «пряма сівба × без добрив» – мінімальна собівартість (5 577 грн/т) і найвища рентабельність (204,8 %). Обидві схеми удобрення знижували ефективність через поєднання зростання витрат і відсутності приросту врожайності.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На ерозійно небезпечних землях степової зони України, сформованих на чорноземах звичайних, після попередника кукурудзи на зерно, економічно вигідним є вирощування сої сорту Фортеця за технологією нульового обробітку ґрунту із застосуванням гербіцидів проти однодольних та дводольних бур'янів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України / Огурцов Є. М., Міхеєв В. Г., Белінський Ю. В., Клименко І. В. Х.: ХНАУ, 2016. 268 с.
2. Андреюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К.: Обереги, 2001. 237 с.
3. Андрієць Д. В. Управління продуктивністю сої за інтенсифікації технології вирощування у Правобережному Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.09. К., 2013. 20 с.
4. Анішин Л. А. Біостимулятори: урожай, якість та валові збори озимої пшениці. Новини захисту рослин. 1998. № 9. С. 30–31.
5. Анішин Л. А., Жилкін В. О., Пономаренко С. П. Рекомендації з впровадження регуляторів росту рослин у сільськогосподарське виробництво. К., 2000. 32 с. 64
6. Бабич А. А., Колісник С. І., Кобак С. Я. Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 2011. Вип. 69. С. 113–121.
7. Бабич А. О. Високоврожайні сорти сої. Аграрний тиждень. Україна. 2013. № 10/11. С. 31.
8. Бабич А. О. Наукові основи сучасних технологій вирощування сої на насіння в умовах Лісостепу України : зб. наук. праць Вінницького ДАУ. 2000. Вип. 7. С. 10–13.
9. Бабич А. О. Світове виробництво зернобобових культур для вирішення проблеми білка і біологічного азоту. Оптимізація агроландшафтів: раціональне використання, рекультивація, охорона: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпропетровськ, 2003. С. 8–12. 65

10. Бабич А. О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля. К.: Аграрна наука, 1998. 272 с. 21. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої. К.: Урожай, 1993. 430 с. 22.

11. Бабич А. О. Сучасний стан та перспективи використання сої на харчові і кормові цілі. Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі : матеріали III Всеукр. конф., м. Вінниця, 3 серпня 2000 р. Вінниця, 2000. С. 3–6.

12. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція і розміщення виробництва сої в Україні : монографія. К.: ФОП Данилюк В. Г., 2008. 216 с.

13. Бабич А. О., Венедіктов О. М. Моделі технологій вирощування сої, їх економічна ефективність та конкурентоспроможність. Корми і кормовиробництво. 2006. Вип. 56. С. 22–29.

14. Бабич А. О., Петриченко В. Ф. Теоретичне обґрунтування і розробка сучасних енергозберігаючих технологій вирощування зернобобових культур в Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 1996. Вип. 45. С. 18–20.

15. Барвінченко С. В. Оцінка сортозразків бобів кормових за параметрами екологічної пластичності та стабільності. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 84. С. 39–43.

16. Бахмат М. І, Бахмат О. М., Трач І. В. Сортובה продуктивність сої в умовах Лісостепу Західного. Корми і кормовиробництво. 2013. Вип. 76. С. 146–150.

17. Безвіконний П., Тарасюк В. Роль сучасних регуляторів росту рослин в технології вирощування буряка столового. Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату : збірник наукових праць всеукр. наук.-практ. конф., м. Кам'янець-Подільський, 15–16 червня 2017 р. Тернопіль: Крок, 2017. С. 55–57.

18. Береговенко С. К. Ефективність симбіозу сортів сої і штамів *Bradyrhizobium japonicum* залежно від ступеня їх комплементарності та умов вирощування: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.07. К., 1998. 21 с.

19. Білявська Л. Г. Колекційні зразки сої – цінний вихідний матеріал для селекції. Таврійський науковий вісник. 2018. Вип. 101. С. 9–15.
20. Біологічний азот / В. П. Патики, С. Я. Коць, В. В. Волкогон. та ін. К.: Світ, 2003. 424 с.
21. Біологічно активні речовини в рослинництві / З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко, В. П. Карпенко, І. Б. Леонтюк. К.: ЗАТ «Нічлава», 2008. 345 с.
22. Бобро М. А. Оптимізація технології вирощування зернових і бобових культур : сб. науч. статей по матеріалам 5-й междунар. науч.-метод. конф. К.: ИСМО, Аліста, 1997. С. 3–7.
23. Волкогон В. В., Сальник В. П. Значення регуляторів росту у формуванні активних азотфіксувальних симбіозів та асоціації. Физиология и биохимия культурных растений. 2005. № 3, т. 37. С. 187–197.
24. Гандзюк М. П. Основи охорони праці : Підручник. 2–е вид. / Гандзюк М.П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. –К. : Каравела, 2004. – 408 с.
25. Гамаюнова В. В., Назарчук А. А. Продуктивність та азотфіксуюча здатність сортів сої залежно від факторів вирощування на півдні Степу України. Вісник ЖНАУ. 2014. № 39, т. 1. С. 17–23.
26. Гібсон П. Т. Застосування ризоторфіна – основна умова підвищення врожаю сої в Україні. Агрогляд. 2006. № 11. С. 29–31.
27. Годяєв С.Г. Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці» в випускних та дипломних роботах для студентів агрономічного факультету / С.Г. Годяєв, О.С. Бабич. – Дніпропетровськ, 2007. – 18 с.
28. Голунова Л. А. Регуляція продукційного процесу *Glycine max* L. за дії ретардантів. Актуальні проблеми сучасної біології та методики її викладання : зб. наук. праць звітної наукової конференції викладачів за 2016–2017 н.р. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. С. 332–347.
29. Григор'єва О. М. Перспективи використання регуляторів росту рослин при вирощуванні соняшнику. Сучасні інтенсивні технології в рослинництві в умовах Північного степу України : матеріали конф., 70

присвяченої 10-й річниці заснування кафедри загального землеробства КНТУ. 2007. С. 50–57.

30. Коренева система сої за дії *Bradyrhizobium japonicum* / І. І. Гуменюк, С. Ю. Грузінський, І. С Бровко, Я. В. Чабанюк. Агроєкологічний журнал. 2018. № 1. С. 138–143.

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

32. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2023 рік. К., 2023. 392 с.

33. Дідора В. Г., Дербон І. Ю., Саврасих Л. Д. Технологічні показники якості сої залежно від інокуляції та удобрення в умовах українського Полісся. Вісник ЖНАЕУ. 2017. № 1 (58), т. 1. С. 57–63.

34. Заверюхін В. І., Левандовський І.Л. Соя. Методичні вказівки по ефективному використанню зрошуваних земель в господарствах Херсонської області у 1999 році. Херсон: УААН, ІЗЗ, Центр наукового забезпечення АПК Херсонської області. 1999. 28 с.

35. Збарський В. К. Економіка сільського господарства: навчальний посібник / Збарський В. К., Мацибора В. І., Чалий А. А. та ін. ; за ред. В. К. Збарського, В. І. Мацибори. – К. : Каравела, 2010. – 280 с.

36. Ріст рослин і врожайність сортів сої в південному Лісостепу України / О. І. Зінченко. Вісник ЖНАЕУ. 2016. № 2 (56), т. 1. С. 119–126.

37. Іванюк С. В. Сучасна селекція сої. Агрономія сьогодні. 2014. № 17(288). С. 14–21.

38. Колісник С. І. Основні технологічні прийоми вирощування сої на насіння. Корми і кормовиробництво. 2012 р. Вип. 71. С. 41–49.

39. Крамарьов С. М., Артеменко С. Ф. Вплив інокуляції насіння сої бактеріальними препаратами на продуктивність її агроценозів в умовах північної частини Степової зони України. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2016. № 4 (42). С. 72–75.

40. Літун П. П. Коломацька В. П. Проблеми адаптивної селекції рослин в зв'язку зі зміною клімату. Селекція і насінництво. 2006. Вип. 93. С. 67–91.
- 41.
42. Матушкін В. О., Мошкова О. М. Методи і результати селекції сої на адаптивність, продуктивність і скоростиглість. Селекція і насінництво. 2005. Вип. 90. С. 84–97.
43. Медведєва Л. Р. Інноваційні сорти сої Кіровоградського інституту АПВ НААНУ. Посібник українського хлібороба. 2011. К.: ТОВ «АКАДЕМПРЕС», 2011. С. 13–14.
44. Огурцов Є. М., Міхеєв В. Г. Урожайність сої залежно від застосування біологічних препаратів. Вісник Харківського НАУ. Сер. Рослинництво, селекція і насінництво, овочівництво. Харків. 2008. № 5. С. 59–62.
45. Омельченко К. Ю. Вирішення основних проблем вирощування сої як шлях забезпечення продовольчої безпеки країни. Наукові праці НУХТ. 2016. № 4, т. 22. С. 76–82.
46. Опанасенко Г. В. Вплив способів сівби, густоти рослин та системи захисту посівів від бур'янів на урожайність насіння сої. Виробництво, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі: матеріали III всеукр. конф. Вінниця, 2000. С. 72–73.
47. Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні. Вісник аграрної науки. 2008. № 3. С. 24–27.
48. Петриченко В. Ф. Наукові основи сталого соєсіяння в Україні. Корми і кормовиробництво. 2011. Вип. 69. С. 3-10.
49. Петриченко В. Ф., Бабич А. О., Іванюк С. В. Роль кліматичних факторів у формуванні сортової політики сої в умовах Лісостепу України. Селекція і насінництво. Харків: Магда LTD, 2006. Вип. 93. С. 60–67.
50. Петриченко В. Ф., Камінський В. Ф., Патица В. П. Бобові культури і сталий розвиток агроєкосистем. Корми і кормовиробництво. 2003. Вип. 51. С. 3–6.

51. Поляков О. І., Нікітенко О. В. Вплив способів основного обробітку ґрунту та стимуляторів росту на ріст, розвиток, водоспоживання та врожайність сої. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 83. С. 79–84.

52. Репілевський Е. В. Економічна ефективність виробництва сої в ринкових умовах господарювання. Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Серія: Економічні науки. 2011. Вип. 2, т. 2. С. 215–220. 83 193. Регулятори росту рослин – агротехнологія ХХІ сторіччя. Пропозиція. 2002. № 1. С. 69.

53. Розміщення посівів і технологія вирощування сої в Україні / А. Бабич та ін. Пропозиція. 2000. № 5. С. 38-40.

54. Романько Ю. О. Вплив кліматичних чинників на реалізацію потенціалу сортів сої різних груп стиглості в умовах північно-східного Лісостепу України. Вісник Львівського НАУ. 2009. № 13. С. 379–387.

55. Січкач В. І. Ефективніше використовувати сортовий потенціал сої – потреба сьогодення. Посібник українського хлібороба. 2013. Т. 2. С. 146 – 150.

56. Сорти сої і їх агробіологічні особливості вирощування / В. О. Матушкін, Р. А. Магомедов, О. М. Мошкова та ін. Харків, 2006. 56 с. 206. Сорти сої Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва та технологія вирощування / С. І. Попов, В. О. Матушкін, М. Ф. Божко та ін. Х.: Магда ЛТД, 2002. 20 с.

57. Соя – стратегічна культура світового землеробства: бібліогр. покажч. / уклад. І. І. Фіненко; наук. ред. Л. Г. Білявська; відп. за вип. Л. О. Снітко. Полтава: ПДАА, 2017. 100 с.

58. Статистичний щорічник України за 2022 рік. Київ: Август Трейд, 2022. 554 с.

59. Трибель С. О., Стригун О. О. Фітосанітарний стан агроценозів сої та інтегрований захист рослин. Захист і карантин рослин. 2011. Вип. 57. С. 224–247.

60. Фізіологічні особливості живлення рослин біологічним азотом / С. Я. Коць, С. М. Малеченко, О. Д. Крутова та ін. К.: Логос, 2001. 271 с. 221.

61. Чорна В. М. Ефективність застосування регулятора росту хлормекват-хлорид при вирощуванні сої. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 84. С. 126–132.
62. Шевчук О. А., Голунова Л. А., Ткачук О. О., Шевчук В. В., Криклива С. Д. Перспективи застосування синтетичних регуляторів росту інгібіторного типу у рослинництві та їх екологічна безпека. Корми і кормовиробництво. 2017. Вип. 84. С. 86–90.
63. Ярошко М. Технологія вирощування сої. Агроном. 2013. № 1. С. 130–133.
64. Balatti P. A., Piepkke S. G. Cultivars specific interactions of soybean with *Rhizobium fredii* are regulated by genotype of the root. *Plant Physiol.* 1990. № 4. P. 1907–1909.
65. Description of the environmental damage on soybean seeds / M. R. Arango, R. M. Craviotto and others. *Seed Science and Technology.* 2006. Vol. 34. P. 133–141.