

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та  
екології**

**Кафедра рослинництва**

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття ступеня вищої освіти магістр**

**на тему: «ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД  
ГЛИБИНИ ТА СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ»**

Виконав: здобувач вищої освіти  
за ОПП Еколого-економічне рослинництво спе-  
ціальності 201 Агронімія  
ступеня вищої освіти магістр  
групи 201Амд\_21  
**Гречка Михайло Олександрович**

Керівник: **Гангур В.В.**, доктор с.-г. наук, ст.н. с.

Рецензент: **Ласло О.О.**, кандидат с.-г. наук, до-  
цент

Полтава – 2025 року

## Анотація

Основна частина кваліфікаційної роботи виконана на 59 сторінках тексту, відображена у 6 таблицях.

Робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 64 найменування та 1 додатку.

**Об'єкт дослідження:** продукційний процес, ріст і розвиток сої за використання різних способів основного обробітку ґрунту та інокуляції насіння бактеріальними препаратами.

**Предмет дослідження:** способи основного обробітку ґрунту, соя сорту Чураївна, інокулювання насіння.

**Мета кваліфікаційної роботи магістра:** з'ясувати вплив різних способів основного обробітку ґрунту та інокулювання насіння активними штамми бульбочкових бактерій на особливості росту, розвитку й формування продуктивності сої.

**Наукова новизна кваліфікаційної роботи магістра:** вперше встановлено закономірності щодо формування насінневої продуктивності сої за різних способів основного обробітку ґрунту. Отриманий експериментальний матеріал свідчить, що характер обробітку істотно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунту, рівень забезпеченості рослин елементами живлення та умови розвитку кореневої системи рослин сої. Встановлено також позитивний вплив передпосівної бактеризації насіння біологічним інокулятом на активність симбіотичного апарату сої, зокрема на інтенсивність утворення бульбочок та фіксацію атмосферного азоту, що сприяло покращенню азотного живлення рослин та підвищенню урожайності насіння культури. Крім того, здійснено розрахунок економічної ефективності вирощування культури за різних способів основного обробітку ґрунту, що дало змогу визначити найбільш рентабельні варіанти технології з урахуванням рівня витрат та отриманого прибутку.

**Практичне значення кваліфікаційної роботи магістра:** розроблено науково обґрунтовані рекомендації для виробничого впровадження, які стосуються вдосконалення технології основного обробітку ґрунту під посіви сої за вирощування в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. Запропоновані підходи базуються на раціональному використанні ґрунтообробних агрегатів нового покоління, що забезпечують якісне розпушування орного шару, нагромадження та збереження вологи та оптимізацію агрофізичних властивостей ґрунту. Застосування сучасних енергоощадних і ресурсозберігаючих агрегатів сприяє підвищенню ефективності польових робіт, поліпшенню умов для росту та розвитку рослин сої, стабілізації урожайності і підвищенню показників економічної результативності виробництва культури в зоні ризикованого землеробства.

**Галузь застосування:** 20 Аграрні науки та продовольство.

**Значення роботи та висновки:** підвищення врожайності насіння та покращення якісних показників.

**Ключові слова:** соя, способи обробітку ґрунту, забур'яненість, інокуляція насіння, урожайність, економічна ефективність.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| <b>Вступ</b> .....  | 4  |
| <b>РОЗДІЛ 1. Обробіток ґрунту як дієвий чинник підвищення насінневої продуктивності сої (огляд літературних джерел)</b> ..... | 9  |
| 1.1. Продовольча цінність, поширення сої та значення способів обробітку ґрунту в технології її вирощування.....               | 9  |
| 1.2. Вплив різних способів обробітку ґрунту на біометричні параметри рослин та урожайність сої .....                          | 13 |
| <b>РОЗДІЛ 2. Умови та методика проведення досліджень</b> .....  | 17 |
| 2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень ..   | 17 |
| 2.2. Погодні умови місця проведення досліджень .....  | 19 |
| 2.3. Методика проведення досліджень .....   | 22 |
| 2.4. Агротехніка вирощування культури .....   | 25 |
| <b>РОЗДІЛ 3. Результати досліджень</b> .....  | 27 |
| 3.1. Вплив способів обробітку ґрунту на активність фіксації атмосферного азоту.....   | 27 |
| 3.2. Забур'яненість посівів сої під за впливу способів основного обробітку ґрунту .....                                       | 31 |
| 3.3. Вплив способів основного обробітку ґрунту на реалізацію продуктивного потенціалу сої .....                               | 33 |
| 3.3.1. Формування елементів структури урожайності сої .....   | 33 |
| 3.3.2. Вплив способів обробітку ґрунту та інокуляції на урожайність насіння сої .....   | 36 |
| <b>РОЗДІЛ 4. Економічна ефективність інокулювання та різних способів обробітку ґрунту за вирощування сої</b> .....            | 39 |
| <b>РОЗДІЛ 5. Екологічна експертиза</b> .....  | 42 |
| <b>РОЗДІЛ 6. Охорона праці</b> .....  | 46 |
| <b>ВИСНОВКИ</b> .....   | 50 |
| <b>РЕКОМЕНДАЦІЇ</b> .....   | 51 |
| <b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b> .....  | 52 |
| <b>ДОДАТКИ</b> .....  | 59 |

## ВСТУП

Серед ключових стратегічних напрямів реалізації земельної реформи в Україні є підвищення ефективності використання земельних ресурсів шляхом удосконалення найбільш впливових технологічних чинників, зокрема системи раціонального обробітку ґрунту, попередження процесів деградації земель, насамперед від проявів водної та вітрової ерозії, а також забезпечення стабільного відновлення енергетичного потенціалу та підвищення родючості ґрунтів. Актуальність вище зазначених завдань з кожним наступним роком лише посилюється, оскільки на сучасному етапі розвитку аграрного виробництва істотно зростає антропогенне та техногенне навантаження на земельні сільськогосподарського призначення. Це зумовлено широким та повсюдним впровадженням інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, які передбачають активне залучення важкої сільськогосподарської техніки, агрохімікатів та інтенсивний механічний обробіток ґрунту.

Водночас перед галуззю сільськогосподарського виробництва постає складне завдання, з одного боку необхідно збільшувати обсяги виробництва конкурентоспроможної продукції, а з іншого – раціональне використання ресурсів і поступове зниження виробничих витрат. Таким чином, удосконалення земельних відносин у сільськогосподарському виробництві та екологізація землекористування стають визначальними чинниками переходу аграрного сектору до сталого розвитку та забезпечення продовольчої безпеки держави.

**Актуальність теми.** Упродовж останніх десятиліть вітчизняними науково-дослідними установами проведено значний наукових досліджень, спрямованих на удосконалення технологій основного обробітку ґрунту під різні польові культури у розрізних ґрунтових і кліматичних умовах. Узагальнений аналіз отриманих результатів досліджень та практичного досвіду агроформувань засвідчує, що заміна традиційного, енерговитратного полицевого обробітку на ресурсощадні мінімальні технології, зокрема безполицевий обробіток, сприяє підвищенню потенційної та ефективної родючості ґрунту. За-

стосування таких підходів сприятливо впливає на покращення поживного режиму, формування сприятливих агрофізичних властивостей (структурності, оптимального водного балансу), а також створює умови для належного захисту ґрунту від проявів водної і вітрової ерозії, пригнічення сегетальної рослинності та істотного зниження енергетичних витрат із технології вирощування.

Посилення негативних наслідків пов'язаних із тривалим застосуванням інтенсивного полицевого обробітку, який впродовж тривалого часу залишався базовим елементом технологій вирощування сільськогосподарських культур, зумовило необхідність переорієнтації на нові системи землеробства відповідно до вимог сьогодення. Такі системи мають не лише оптимізувати агрофізичні параметри ґрунту і сприяти підтриманню його природної родючості, але й гарантувати стабільно високі врожаї культур, зокрема такої стратегічно важливої зернобобової культури, як соя.

Враховуючи наукову та практичну значущість вирішення вище піднятих питань, було обрано тему даної кваліфікаційної роботи.

**Мета та завдання досліджень.** Метою досліджень було з'ясувати вплив різних способів основного обробітку ґрунту та інокулювання насіння активними штамами бульбочкових бактерій на особливості росту, розвитку й формування продуктивності сої.

Для досягнення цієї мети програмою досліджень було передбачено вирішення наступних завдань:

- з'ясувати вплив різних способів основного обробітку ґрунту та інокулювання насіння на симбіотичну активність посівів сої;
  - визначити вплив способів основного обробітку ґрунту на рясність бур'янів у посівах сої;
  - виявити вплив інокуляції насіння, основного обробітку ґрунту на формування елементів структури та врожайність насіння сої;

– дати економічну оцінку ефективності різних способів основного обробітку ґрунту та передпосівної бактеризації насіння в технології вирощування сої.

**Об’єкт і предмет досліджень.** Об’єкт досліджень – продукційний процес, ріст і розвиток сої за використання різних способів основного обробітку ґрунту та інокуляції насіння бактеріальними препаратами.

Предмет дослідження – способи основного обробітку ґрунту, соя сорту Чураївна, інокулювання насіння.

**Методи досліджень:** У процесі проведення досліджень за темою кваліфікаційної роботи було застосовано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів. Під час проведення досліджень основним було обрано польовий метод, який дав змогу дослідити взаємозв’язок між об’єктом та предметом дослідження. Крім того, залучено лабораторний метод для аналізу структури врожаю, математичний (дисперсійний) метод – для оцінки взаємодії та визначення частки впливу окремих чинників, що досліджували, а також розрахунково-порівняльний метод – для встановлення економічної ефективності технологічних прийомів.

**Наукова новизна результатів досліджень.** На основі проведених комплексних наукових досліджень вперше встановлено закономірності щодо формування насінневої продуктивності сої за різних способів основного обробітку ґрунту. Отриманий експериментальний матеріал свідчить, що характер обробітку істотно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунту, рівень забезпеченості рослин елементами живлення та умови розвитку кореневої системи рослин сої. Встановлено також позитивний вплив передпосівної бактеризації насіння біологічним інокулятом на активність симбіотичного апарату сої, зокрема на інтенсивність утворення бульбочок та фіксацію атмосферного азоту, що сприяло покращенню азотного живлення рослин та підвищенню урожайності насіння культури. Крім того, здійснено розрахунок економічної ефективності вирощування культури за різних способів основно-

го обробітку ґрунту, що дало змогу визначити найбільш рентабельні варіанти технології з урахуванням рівня витрат та отриманого прибутку.

**Практичне значення результатів досліджень.** За результатами проведених польових досліджень розроблено науково обґрунтовані рекомендації для виробничого впровадження, які стосуються вдосконалення технології основного обробітку ґрунту під посіви сої за вирощування в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. Запропоновані підходи базуються на раціональному використанні ґрунтообробних агрегатів нового покоління, що забезпечують якісне розпушування орного шару, нагромадження та збереження вологи та оптимізацію агрофізичних властивостей ґрунту. Застосування сучасних енергоощадних і ресурсозберігаючих агрегатів сприяє підвищенню ефективності польових робіт, поліпшенню умов для росту та розвитку рослин сої, стабілізації урожайності і підвищенню показників економічної результативності виробництва культури в зоні ризикованого землеробства.

**Особистий внесок здобувача.** Автором самостійно здійснено інформаційно-аналітичний пошук і опрацювання наукових джерел вітчизняних та іноземних науковців, визначено мету, завдання та напрями проведення досліджень. Безпосередньо виконано польові й лабораторні експерименти, проведено систематизацію, узагальнення та наукову інтерпритацію отриманих результатів. На основі проведеної роботи сформульовано основні положення кваліфікаційної роботи, зроблено ґрунтовні висновки та розроблено практичні рекомендації для виробничого впровадження в агрофрмуваннях регіону.

**Апробація результатів роботи.** Результати досліджень і основні положення кваліфікаційної роботи оприлюднені і обговорені на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Актуальні питання та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», Полтава, 25 листопада 2025 року.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 1 тези наукових доповідей:

1. Гангур В.В., Гречка М.О. Вплив способів основного обробітку ґрунту та інокуляції насіння на забур'яненість посівів сої / матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні питання та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва», Полтава, 25 листопада 2025 р. Полтава, 2025. С. .

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота виконана на 59 сторінках машинописного тексту і складається із загальної характеристики, 6 розділів, висновків і пропозицій. Список використаної літератури налічує 64 найменування. Робота містить 6 таблиць.

## РОЗДІЛ 1.

### ОБРОБІТОК ГРУНТУ ЯК ДІЄВИЙ ЧИНИК ПІДВИЩЕННЯ НАСІНЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ (огляд літературних джерел)

#### 1.1. Продовольча цінність, поширення сої та значення способів обробітку ґрунту в технології її вирощування

Соя (*Glycine max* L.) є важливою зерною бобовою культурою в усьому світі завдяки своєму багатому вмісту білка, олії та функціональним компонентам [42, 44, 28, 16, 26, 27]. Як продукт харчування, споживання насіння сої історично асоціювалося з азійськими країнами, такими як Китай та Японія, де ця культура є невід'ємним компонентом традиційної кухні [57]. Основою виробництва різних продуктів харчування в багатьох країнах світу є насіння сої. Окрім безпосереднього споживання, насіння служить обов'язковим компонентом, що використовується у виробництві кормів для різних видів сільськогосподарських тварин [47]. Таким чином, важливість сої (*Glycine max* L.) як найбільш поширеної у світі бобової культури не можна переоцінити, враховуючи її подвійну цінність як джерела високоякісного рослинного білка, так і олії для виробництва продуктів харчування, концентрованих кормів для тварин. Впродовж останніх років соєва олія знайшла й інше, не характерне їй раніше застосування, зокрема все частіше використовується для виробництва біопалива [37]. Останніми роками світовий попит на сою постійно збільшується завдяки швидкому економічному зростанню в країнах, що розвиваються, та девальвації долара США [58]. У відповідь на зростаючий попит, виробництво цієї культури інтенсивно збільшується в усьому світі, що зумовлено як розширенням площ посіву, так і поступовим підвищенням врожайності завдяки впровадженню в агротехнології сучасних інноваційних рішень, удосконаленню сортів та оптимізації систем живлення й захисту рослин [33]. Світове виробництво сої демонструє постійне зростання і нині становить орієнтовно 378 млн тонн. У глобальній структурі виробництва лідируючі пози-

ції займає Бразилія, на частку якої припадає близько 40,7 % загального обсягу виробництва насіння сої. Друге місце утримують Сполучені Штати Америки із часткою виробництва 29,9 %, далі розташовується Аргентина – 13,2 %, тоді як Китай виробляє біля 5,3 % світового валового збору насіння цієї культури. За прогнозами міжнародних аналітичних організацій, попит на сою й надалі буде зростати, що обумовить подальше поступове нарощування глобального виробництва щонайменше до 2050 року, зокрема за рахунок розширення посівних площ, підвищення врожайності та впровадження інноваційних елементів агротехнологій [30]. Однак швидке розширення вирощування сої, особливо в Південній Америці, створює значні ризики [31], включаючи виснаження ґрунтів на органічний вуглець через вирубування лісів і перетворення багатих карбоном земель на сільськогосподарські угіддя [29], а також втрату біорізноманіття та пошкодження цілісності екосистеми. Поширення вирощування сої в таких регіонах як Європа, де виробництво цієї культури донедавна було фрагментарним, підкреслює її потенціал і можливість вирощування в районах з різними кліматичними та ґрунтовими умовами [49]. У богарних агроекосистемах, що простягаються від Великої Британії до південної Європи, середня врожайність культури є порівняно високою і становить близько 3,1 т/га [54], що практично мало чим відрізняється від середньої врожайності 3,5 т/га, зареєстрованої для сільськогосподарських районів Північної Америки. Подальше розширення посівних площ сої посилює нагальну потребу у визначенні методів управління, які мінімізують як деградацію земель, так і підвищують продуктивність існуючих сільськогосподарських угідь.

Водночас, зростаючий попит на стале виробництво в умовах зміни клімату та дефіциту ресурсів підкреслює необхідність оптимізованих технологій вирощування, які підвищують продуктивність польових культур без шкоди для екологічної стабільності агроландшафтів [56].

Способи, глибина обробітку ґрунту мають особливий вплив у цьому контексті, формуючи оптимальну структуру ґрунту, збільшуючи вміст та досту-

пність поживних речовин і води, що безпосередньо впливає на рівень реалізації продуктивного потенціалу сільськогосподарських культур [52]. Постійно зростаючий попит на білок рослинного походження у продуктах харчування та кормах зумовив розширення вирощування сої в багатьох країнах Європи [62]. В останні десятиліття, з економічних, екологічних та кліматичних причин, способи обробітку ґрунту без використання плуга стають дедалі популярнішими [51]. Мінімальний обробіток ґрунту зі смуговим посівом привернув увагу як ефективна стратегія, яка балансує між оптимізацією врожайності та збереженням ґрунту. Цей спосіб обробітку ґрунту мінімізує можливий негативний вплив, пов'язаний з іншими системами, такими як прями́й посів (нульовий обробіток), які покращують біометричні характеристики рослин, але при цьому часто призводять до зниження якості насіння та польової схожості. І навпаки, звичайна оранка сприяє доступності поживних речовин, зокрема підвищує рівень нітратного азоту, але може негативно впливати на екологічний стан навколишнього природного середовища у зв'язку із посиленням деградаційних процесів ґрунту. Більше того, завдання зі збільшення запасів карбону в ґрунті охоплює широкий комплекс заходів, до якого входять: відновлення деградованих ґрунтів і регенерація лісів, впровадження безпліцевого мілко́го обробітку ґрунту, постійне використання покривних культур, ефективне управління поживними речовинами, внесення добрив і органічних матеріалів місцевого походження, таких як мул, удосконалення заходів зі збереження та нагромадження води, оптимізація зрошення, розвиток агролісівництва, а також вирощування енергетичних культур на малопродуктивних або вільних землях [43].

Отримані результати підкреслюють важливість глибокого розуміння систем обробітку ґрунту, адаптованих до конкретних агроекологічних умов та диференційованого їх використання. Поєднання мінімальних технологій, зокрема мілко́го обробітку в комбінації зі смуговим посівом, із комплексними підходами сталого управління дозволяє ефективно підтримувати належний фітосанітарний стан ґрунту, підвищувати його стійкість до деградації та за-

безпечувати стабільну продуктивність посівів польових культур. Важливим аспектом є впровадження таких систем управління ґрунтом і сільськогосподарськими культурами, які сприяють покращенню фізичних, хімічних і біологічних показників родючості та одночасно забезпечують зниження виробничих витрат за рахунок використання відповідних технічних засобів. Саме такі інтегровані рішення створюють реальні передумови для їх успішного застосування фермерами у практичній діяльності [38]. Сучасна техніка дозволяє обробляти смуги за один прохід і одночасно вносити різні види добрив та висівати насіння. При смуговому обробітку смуги глибоко розпушеного ґрунту шириною від кількох сантиметрів до кількох десятків сантиметрів нарізаються завчасно для подальшого посіву насіння. Ці смуги розділяються смугами необробленого ґрунту, де зосереджуються післязжнивні рослинні рештки. Смуга розпушеного ґрунту вузька, тоді як ширина нерозпушеного міжряддя більша, ніж за традиційного обробітку [36]. Створення в оброблених смугах оптимальних умов для підвищення температури та проростання насіння забезпечує сприятливіші умови для подальшого росту і розвитку посівів [50].

Результати досліджень Боярщук та Ксенжак [42] свідчать, що спосіб обробітку ґрунту, який вони використовували мав відносно незначний вплив на врожайність сої, вміст окремих поживних речовин, морфологічні особливості та елементи структури врожаю. Однак ґрунт, оброблений смуговим способом (Strip-till), був більш ущільненим, ніж той, що оброблявся за допомогою традиційних способів обробітку, зокрема полицевої оранки. При цьому автори звертають увагу, що після збирання сої на глибині 30 та 40 см ущільненість ґрунту, обробленого смуговим або мінімальним обробітком, була значно нижчою, ніж навесні, що свідчить про позитивний вплив кореневої системи рослин сої на розпушування орного шару. Більше того, результати свідчать, що відмова від плужного обробітку не спричиняє істотного зниження врожайності порівняно зі мінімальним чи смуговим обробітком (Strip-till). Натомість дослідженнями виявлено, що відсутність оранки дає низку переваг, зокрема

скорочення витрат часу на виконання польових операцій, зменшення витрат палива та відповідне зниження викидів вуглекислого газу, який має безпосередній вплив на формування парникового ефекту. Ці чинники особливо важливі, враховуючи зобов'язання європейських країн щодо виконання вимог Паризької кліматичної угоди щодо скорочення викидів парникових газів. Ці зобов'язання стосуються і України, яка в 2016 році ратифікувала вище зазначену угоду. Оскільки технологія смугового обробітку ґрунту (Strip-till) може покращити якість ґрунту та зменшити негативний вплив сільського господарства на навколишнє середовище, вона має можливість набагато ширше використовуватися в країнах Європейського Союзу, в тому числі і в Україні та потенційно може замінити традиційний плужний обробіток ґрунту [50].

Подальші дослідження мають бути спрямовані на оцінку довгострокового впливу різних систем обробітку ґрунту в умовах змінного клімату та обмежених енергетичних ресурсів, аби сформувані надійну наукову основу для сталого виробництва сої [6, 7]. Водночас в Україні бобові культури, зокрема соя, набувають дедалі більшої популярності через зростаючий попит на високоякісний кормовий білок [10, 22, 5, 9, 8]. Це підтверджується експоненційним збільшенням площ, відведених під вирощування сої. Проведене дослідження висуває гіпотезу, що різні системи обробітку ґрунту, пов'язані зі смуговим посівом, здатні істотно підвищувати врожайність і покращувати якість сої завдяки їхньому впливу на структурний стан ґрунту, доступність поживних елементів та формування якісного складу насіння.

## **1.2. Вплив різних способів обробітку ґрунту на біометричні параметри рослин та урожайність сої**

Зміни властивостей ґрунту внаслідок різних способів обробітку ґрунту істотно впливають на ріст та продуктивність посівів сої [59]. Дія різного впливу способів обробітку ґрунту на врожайність поєднується із системою сівозмін, погодними умовами та типом ґрунту [45]. Системи безполицевого обробітку ґрунту (No-Till), які нині розглядаються як один із ключових елементів сталого сільського господарства, забезпечують низку важливих пере-

ваг для покращення стану ґрунту. Зокрема, вони сприяють секвестрації органічного вуглецю, підвищенню ємності катіонообміну, покращенню структурного стану та здатності ґрунту утримувати вологу [46].

Натомість традиційні способи обробітку ґрунту, хоча й здатні забезпечити інтенсивний ріст рослин на ранніх етапах органогенезу за рахунок інтенсивної мінералізації органічних речовин і поліпшення аерації, у середньо- та довгостроковій перспективі мають низку істотних недоліків. Постійне інтенсивне механічне розпушування спричиняє руйнування агрегатів структури ґрунту, зменшує його водотривкість і порушує просторову організацію порового простору. Це призводить до прискорення процесів водної та вітрової ерозії, ущільнення підорного шару (формування плужної підшви) та погіршення умов для розвитку і поширення в ґрунті кореневої системи.

Крім того, регулярний інтенсивний обробіток активізує мінералізацію органічної речовини, що з часом призводить до зниження вмісту гумусу – ключового індикатора родючості ґрунту. Втрата органічної речовини негативно впливає на здатність ґрунту утримувати вологу та елементи живлення, погіршує його біологічну активність, зменшує ємність катіонообміну. У сукупності ці процеси ставлять під загрозу довгострокову продуктивність агро-екосистем та підвищують потребу у застосуванні додаткових ресурсів, зокрема добрив [39]. У той час як Powlson et al. [48] стверджували, що потенціал систем безполицевого обробітку у зменшенні негативного впливу зміни клімату обмежений і часто перебільшений, це твердження ще не було перевірено на посівах сої в контексті довгострокових досліджень. Нечисленні експериментальні дані свідчать про те, що система безполицевого обробітку в поєднанні з сівозміною може покращити адаптацію сільського господарства до зміни клімату та сприяти сталому розвитку та продовольчій безпеці [55, 35], однак вплив мінімалізованих технологій обробітку ґрунту на реалізацію потенціалу продуктивності та стабільність врожайності ще недостатньо досліджений.

Незважаючи на встановлені переваги безполицевого обробітку в соєво-кукурудзяних сівозмінах [64, попередні дослідження показали неоднозначні результати для сої. За даними Вільгельма та Вортманна [61], упродовж 16-річного періоду досліджень у сівозміні сої з кукурудзою було встановлено підвищення врожайності культури за різних систем обробітку ґрунту, зокрема на 5,3 % – у разі застосування оранки, на 5,1 % – за чизельного обробітку та на 13,2 % – за умов смугового обробітку порівняно з безполицевою технологією. Водночас Карлен та співавтори [40] встановили значно меншу різницю у врожайності сої після кукурудзи в сівозміні: приріст становив лише 2,1 % за використання відвального обробітку, 1,5 % – за чизельного обробітку, тоді як за умов смугового обробітку було зафіксовано навіть зниження врожайності на 2,8 % упродовж 15-річного періоду досліджень.

За результатами 20-річних досліджень, проведених на мулистому суглинному ґрунті, Вест та співавтори [60] встановили, що застосування полицевого обробітку ґрунту забезпечило найвищі показники врожайності сої та більшу висоту рослин як у разі вирощування її в монокультурі, так і після кукурудзи. Це свідчить про те, що інтенсивний обробіток ґрунту на початкових етапах розвитку культури може формувати більш сприятливі умови для росту. Однак між іншими системами обробітку ґрунту – зокрема мінімальним, чизельним та безполицевим – істотних відмінностей у врожайності чи морфологічних показниках рослин сої впродовж тривалого періоду не спостерігали. Вище зазначені результати підкреслюють, що за умов належного управління агротехнічними чинниками альтернативні способи обробітку можуть забезпечувати продуктивність, не нижчу, ніж традиційні, водночас маючи істотні екологічні та енергетичні переваги.

Висота рослин сої залишається ключовою ознакою в селекційних програмах багатьох науково-дослідних установ впродовж періоду тривалістю вже понад півстоліття [63]. Поглиблене розуміння екологічної функції сої, зокрема динаміки її росту та продуктивності за різних сівозмін і систем обробітку ґрунту, істотно розширило наявну наукову базу щодо функціону-

вання сучасних агроєкосистем [17]. Отриманий експериментальний матеріал та нові наукові знання є важливими не лише для описового аналізу, а й для розвитку прогнозних і модельних підходів. Зокрема, вони дозволили б точніше моделювати фенологічний розвиток сої впродовж періоду вегетації, оцінювати розрив у врожайності між потенційним і фактичним рівнями продуктивності, а також визначати чутливість культури до різних кліматичних стресових чинників, зокрема високих температур, дефіциту вологи, надмірної кількості опадів чи зміни тривалості вегетаційного періоду. Такі моделі відіграють ключову роль у плануванні адаптивних агротехнологій [53], прогнозуванні можливих ризиків і розробці ефективних прийомів управління технологічним процесом з метою забезпечення стабільного виробництва сої в умовах зростаючої кліматичної мінливості [41, 32]. Крім того, глибше розуміння екологічних і фізіологічних механізмів розвитку сої може сприяти досягненню ширших стратегічних цілей спрямованих на виробництво рослинного білка та забезпеченні продовольчої безпеки. Йдеться не про подальше розширення посівних площ під культурою, яке обмежене екологічними та ресурсними ризиками, а про підвищення продуктивності за рахунок удосконалення сортових особливостей. Оптимізація морфологічних та фізіолого-біохімічних характеристик культури дозволяє покращити ефективність поглинання світла та хід фотосинтетичних процесів, використання води та елементів мінерального живлення, підвищити толерантність до стресових чинників і, відповідно, забезпечити вищу врожайність із високими якісними показниками. Такий підхід є ключовим для розвитку сучасного кліматично орієнтованого рослинництва та формування високопродуктивних агроєкосистем без залучення додаткових земельних ресурсів [34]. Отже, правильно підібрана система обробітку ґрунту, адаптована до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, дає змогу забезпечити отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур. Водночас вона сприяє збереженню й відновленню родючості ґрунтів та підвищує ефективність використання фінансових ресурсів.

## РОЗДІЛ 2.

### УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Характеристика ґрунтових умов місця проведення досліджень

Державне підприємство «Дослідне господарство «Степне», що функціонує як структурний підрозділ Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН, розташоване у селищі Степне та знаходиться на відстані 25 км від міста Полтава – районного й обласного центру. За географічним районуванням територія досліджень знаходиться у південно-східній частині Лівобережного Лісостепу України, в межах палеогенової рівнини, яка є складовою Придніпровської низовини.

Геологічна будова місцевості характеризується значним поширенням покривних відкладів постпліоценового, льодовикового та післяльодовикового періодів, а також новітніх алювіальних утворень. У ярах та річкових долинах переважно виходять на поверхню молодші відклади – зокрема червонобурі глини й біло-жовті кварцові піски, що відображає складну геологічну історію регіону.

Земельний масив господарства розміщений на другій лесовій терасі річки Ворскла, на межі між плато Ворскла–Орчик, у вододільній частині басейнів малих річок Коломак і Тагамлик. Територія землекористування розділена практично на дві рівні частини глибокою балкою, що простягається з південного сходу на північний захід. Рельєф у межах господарства відносно вирівняний: максимальна висота становить 117 м (поблизу с. Олексіївка), мінімальна – 84 м (на дні балки). Різниця висот у межах окремих ділянок переважно не перевищує 5–10 м, розмиви та яри відсутні. Глибина залягання ґрунтових вод становить понад 22 м.

Первинна рослинність території землекористування дослідного господарства представлена лучно-степовими ботанічними формаціями з вкраплення-

ми лісових та чагарникових масивів. Саме такий тип рослинності сприяв формуванню високородючих ґрунтів – чорноземів типових.

Полтавська область, у межах якої розташоване дослідне господарство, належить до найбагатших ґрунтових регіонів України: близько двох третин її земельного фонду займають високородючі чорноземи на лесових відкладеннях. Ці ґрунти переважно відносяться до малогумусних, слабогумусних та середньогумусних типів. У регіоні нараховується приблизно 18 різновидів чорноземів, серед яких найбільш розповсюджені: чорноземи глибокі та звичайні на лесах, залишково-солонцюваті й солонцюваті чорноземи. У структурі орних земель їх частка становить понад 80 %.

За природно-історичним районуванням територія господарства розташована на межі Лісостепової (Українська провінція) та Степової (Південно-Українська провінція) зон Східноєвропейської рівнини. В ґрунтово-географічному відношенні вона належить до Лісостепової провінції опідзолених, вилугуватих і типових глибоких та надглибоких чорноземів і сірих лісових ґрунтів.

Ґрунтоутворюючою породою чорноземів є лес – пухкий, нешаровий, палево-жовтий, карбонатний матеріал четвертинного віку, формування якого пов'язане з процесами льодовикової епохи. На території господарства сформувалися чорноземи типові малогумусні, що прилягають до відомих карлівських чорноземів, разом з якими утворюють єдиний земельний масив. У середньому карбонати кальцію залягають орієнтовно на глибині 80–120 см, подекуди опускаються до 150–160 см. За механічним складом ці ґрунти є важкими суглинками з вмістом грубого пилу біля 37–43 % і мулуватих часток 25–38 %. Перерозподіл колоїдів по профілю незначний.

Фізичні властивості чорнозему відповідають вимогам необхідних для вирощування всіх польових культур. Межі пластичності ґрунтів достатньо широкі (до 15 %), а при вологості понад 40 % ґрунт переходять у текучий стан, що унеможливорює їх обробіток. Границя качання становить від 21–25 % до 39–40 %.

Агрохімічні властивості ґрунтів дослідної ділянки свідчать про їх високу родючість та придатність до вирощування найбільш вимогливих культур. Вміст гумусу в шарі 0–20 см становить 4,9–5,2 %, у горизонті 35–45 см – 3,72–4,07 %, на глибині 1,5 м – 0,6–0,7 %. Ємність вбирного комплексу – 33,0–35,0 мг-екв. на 100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН 6,3), гідролітична кислотність – 1,6–1,9 мг-екв. на 100 г.

За показниками забезпечення основними елементами живлення ґрунт характеризується як добре забезпечений: в орному шарі міститься 5,44–8,10 мг легкогідролізованого азоту (за Тюрінім і Коновою), 10–15 мг рухомого фосфору (за Чириковим) та 16–20 мг калію (за Масловою) на 100 г ґрунту.

## **2.2. Погодні умови місця проведення досліджень**

### **Особливості погодних умов весняно-літнього періоду 2024 року.**

Навесні 2024 року відновлення вегетації озимих культур розпочалося 31 березня, що відповідає середньобагаторічним оптимальним строкам для цієї культури. Усі весняні місяці характеризувалися підвищеним температурним фоном. У березні середньомісячна температура перевищила норму на 1,1 °С, а кількість опадів становила 82,7 мм за середнього багаторічного значення 30,7 мм.

Квітень виявився значно теплішим від кліматичної норми характерної для місця проведення досліджень. Зокрема середня температура досягала 11,3 °С (норма 9,3 °С). Місяць був малозвоженим – випало лише 16,3 мм атмосферних опадів, що на 47,8 % менше від середніх багаторічних показників.

У травні також спостерігалось істотне потепління: середня температура становила 20,6 °С за середнього багаторічного значення 15,7 °С, тобто на 4,9 °С вище. Опадів випало 31,4 мм за середньої багаторічної норми 45,5 мм, причому продуктивним був лише один дощ на початку місяця з кількістю 29,4 мм. Загалом за весняний період середньомісячні температури стабільно

перевищували норму, а саме у березні – на 1,1 °С, у квітні – на 4,3 °С, у травні – на 5,7 °С. Хоча сумарна кількість опадів за весняний період (136,0 мм) була дещо більшою від норми, однак їх розподіл був нерівномірним і більша частина опадів припала на березень.

У червні 2024 року утримувалася дуже тепла погода з локальними опадами. Середньодобові температури коливалися в межах 17–23 °С, у окремі дні підвищувались до 25–27 °С. Середня температура місяця становила 21,5–22,0 °С, що на 3 °С вище норми. Максимальна температура у третій декаді досягала 33–35 °С, а температура на поверхні ґрунту досягала 60–67 °С. Впродовж місяця зафіксовано 7–9 днів із температурою повітря  $\geq 30$  °С. Кількість опадів становила 67,7 мм, що відповідає кліматичній середній багаторічній нормі.

Липень 2024 року характеризувався нестійкою погодою: спочатку спостерігалась спека, а в третій декаді відбулося похолодання. На початку місяця середньодобові температури перевищували норму на 3–4 °С, а наприкінці були на 1–2 °С нижчими. Середня температура липня становила 20,5–21,5 °С (на 1 °С вище норми). Максимальна температура зростала до 32–34 °С, а на поверхні ґрунту – до 55–63 °С. Днів із температурою  $\geq 30$  °С було 5–7. Місячна сума опадів становила лише 12,1 мм, або 22 % норми.

За таких умов відзначалося швидке зниження запасів продуктивної вологи та пересихання верхнього шару ґрунту. Поєднання підвищеного температурного режиму й дефіциту опадів негативно вплинуло на ріст, розвиток та біометричні показники рослин сої.

У серпні високі температури збереглися: середньомісячна температура становила 21,5 °С, що на 1,9 °С вище норми. Найспекотнішою була друга декада місяця, коли максимальні температури підвищувалися до 29–35,5 °С, а середньодекадна температура становила 23,3 °С, що на 2,7 °С вище місячної норми. Кількість опадів за місяць склала лише 31 мм, тобто 60 % кліматичної норми.

## Характеристика погодних умов весняно-літнього періоду 2025 року.

Весна 2025 року відрізнялася значною варіабельністю гідротермічних умов як між місяцями, так і порівняно з багаторічними даними. Незважаючи на заморозки, що тривали до третьої декади квітня, середньодобова температура повітря починаючи з другої декади березня перевищувала 5 °С, що забезпечило своєчасне відновлення вегетації озимих культур та багаторічних трав.

Весняні місяці були теплішими за багаторічну норму, зокрема березень – на 3,2 °С, квітень – на 0,8 °С, травень – на 3,9 °С. При цьому кількість опадів у квітні та травні була більшою від середнього багаторічного значення на 12,3 та 34,9 мм відповідно. Такі умови сприяли інтенсивному росту та розвитку як ранніх, так і пізніх культур, зокрема сої.

У середньому за весняний сезон 2025 року середньодобова температура становила 11,9 °С за норми – 8,6 °С, сума опадів – 139,4 мм за середнього багаторічного показника – 107,4 мм.

Літній період 2025 року відзначався контрастністю гідротермічних умов. Червень був прохолоднішим за норму на 0,5 °С, але з істотним перевищенням суми атмосферних опадів – на 38,3 мм. Липень та серпень, навпаки, були теплішими за кліматичну норму на 0,5 °С та 2,3 °С відповідно, а опадів випало значно менше, відповідно на 27,0 та 11,2 мм. Частина дощів мала низьку ефективність через швидке випаровування на фоні високих температур повітря.

За таких умов формування врожаю озимих, ранніх зернових і зернобобових культур відбувалося у сприятливіших умовах, ніж розвиток пізніх культур, в тому числі і сої, що не дозволило повністю реалізувати їх генетичний потенціал попри належний рівень агротехніки.

У цілому середньодобова температура літнього періоду становила 21,0 °С, що на 0,8 °С вище норми. Сума опадів відповідала середньобагаторічному показнику – 169,1 мм за норми 169,0 мм.

### 3.3. Методика проведення досліджень

Експериментальні дослідження проводилися за загальноприйнятими методиками ведення польових дослідів.

Схема дослідів:

| <i>А. Способи основного обробітку ґрунту</i>  | <i>С. Інокулювання насіння</i>  |
|---|---|
| 1. Полицевий обробіток на 20-22 см, ПЛН-3-35.<br>2. Безполицевий обробіток на 20-22 см, АЧН-4,2 «Хома».<br>3. Безполицевий обробіток на 12-14 см, чизель культиватор КЧ-51. | 1. Без інокулювання<br>2. Інокулювання насіння Сідон (соя) - 3,0 кг/т |

Дослідження виконували із застосуванням польового методу, який забезпечує отримання достовірних експериментальних даних в умовах, максимально наближених до реального виробництва. Схема досліджень передбачала триразову повторність, а варіанти та повторення розміщували систематичним методом, що дало змогу мінімізувати вплив випадкових чинників і підвищити статистичну надійність даних.

Площа кожної посівної ділянки становила 210 м<sup>2</sup>, з яких 72 м<sup>2</sup> виділяли для проведення спостережень та обліку урожайності. У якості попередника використовували поля після пшениці озимої, що є типовим елементом зернобобової сівозміни та забезпечує сприятливі умови для росту й розвитку сої.

У досліді вирощували сою сорту Чураївна, який характеризується високою адаптивністю до умов Лівобережного Лісостепу України. Сівбу здійснювали звичайним рядковим способом із шириною міжрядь 15 см, що сприяє оптимальному формуванню площі живлення та рівномірному розміщенню рослин у рядках. Норма висіву становила 550 тис. схожих насінин на гектар, що відповідає рекомендаціям для забезпечення оптимальної густоти стояння рослин впродовж періоду вегетації.

Перед сівбою проводили інокуляцію насіння активним штамом бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*. Обробку проводили з розрахунку 3,0 кг мікробіологічного препарату Сідон на 1 т насіння, що забезпечувало ефективну колонізацію кореневої системи та формування продуктивного симбіозу, необхідного для інтенсивної біологічної фіксації азоту впродовж вегетаційного періоду.

Препарат Сідон містить високоефективні симбіотичні бактерії, спеціально адаптовані до взаємодії з рослинами сої. Потрапляючи в ризосферу, ці мікроорганізми швидко формують стійку рослинно-мікробну систему, здатну забезпечувати інтенсивний перебіг симбіозу. У процесі колонізації кореневої системи вони ініціюють утворення бульбочок, у яких активується нітрогеназний ферментний комплекс бактероїдів. Саме ця система забезпечує фіксацію молекулярного азоту атмосфери з подальшим перетворенням його в амонійну форму, доступну для засвоєння рослиною. Водночас бактерії використовують органічні сполуки – переважно цукри та інші нутрієнти, які надходять із корневих виділень сої.

Мікроорганізми, що входять до складу препарату, продукують значну кількість полісахаридів, завдяки яким здатні витримувати несприятливі умови середовища до моменту повноцінного формування бульбочок. Ці полісахариди сприяють створенню захисної біоплівки на поверхні коренів, що не лише покращує конкурентоспроможність симбіонтів щодо патогенної мікробіоти, а й додатково зміцнює природні бар'єри рослини проти фітопатогенів.

Бактерії препарату ретельно збалансовані за метаболічною активністю та комплексом біологічно активних речовин, які вони синтезують. До цього комплексу входять амінокислоти, вітаміни групи В, цукри, полісахариди, фітогормони регуляторної дії (ауксини, цитокініни, гібереліни), ферменти, органічні та жирні кислоти та інші метаболіти, що позитивно впливають на ріст і розвиток рослин.

Завдяки ефективному функціонуванню симбіотичного комплексу посіви сої отримують 120–160 кг/га біологічного азоту у діючій речовині в найза-

своєюванішій формі. Найвищі обсяги надходження фіксованого азоту спостерігаються у фазі цвітіння та наливу бобів. Окрім того, до складу препарату входять сполуки, що підсилюють проникнення ризобій у меристему коренів, стимулюючи утворення більшої кількості продуктивних бульбочок та забезпечуючи стабільний симбіотичний ефект.

На початкових етапах розвитку рослин бур'янів – коли злакові перебували у фазі 2–3 листків, а дводольні сформували вже 4–6 листків – здійснювали хімічний захист посівів шляхом обприскування посівів гербіцидом Імазахіл у нормі 1,4 л/га.

Відповідно до затвердженої програми польового експерименту було проведено комплекс обліків і спостережень. Фенологію росту й розвитку рослин сої відстежували в ключові фази онтогенезу згідно з вимогами «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [15].

Густоту стояння рослин визначали двічі впродовж вегетаційного періоду: у фазі повних сходів та безпосередньо перед збиранням урожаю, дотримуючись положень «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур».

Облік засміченості посівів бур'янами проводили у фазі формування 2–3 трійчастого листка та повторно перед збиранням урожаю культури.

Аналіз елементів структури врожаю виконували згідно з вищезазначеною методикою сортовипробування. Збирання сої здійснювали з облікової площі ділянки шляхом прямого комбайнування. Визначення маси 1000 насінин проводили відповідно до вимог ДСТУ 4138-2002.

Біохімічний склад насіння вивчали методом інфрачервоної спектроскопії з використанням аналізатора NIP-450 Scanner 4250, оснащеного програмним забезпеченням ADI DM, що забезпечує високу точність оцінки вмісту білка, жиру та інших компонентів.

Економічну ефективність технологічних елементів вирощування сої розраховували на основі технологічних карт та посібників [23, 25]. Статистичну обробку результатів польових та лабораторних дослідів здійснювали із

застосуванням дисперсійного аналізу [11], що дало змогу визначити достовірність отриманих даних та вплив окремих чинників на формування врожаю.

### **3.4. Агротехніка вирощування культури**

**Характеристика сорту сої Чураївна.** В Реєстрі сортів знаходиться з 2020 року. Рекомендований до вирощування в умовах Степу, Лісостепу і Полісся. За тривалістю періоду онтогенезу сорт віднесено до середньо ранньостиглої групи. Вцілому вегетаційний період триває біля 120 діб. Потенціал урожайності насіння становить до 3,50 т/га. Тип використання – зерновий. Вміст білка досягає 41 %. Вміст олії в насінні також і дорівнює 21 %. Характеризується сорт підвищеною стійкістю до ураження збудниками основних хвороб, зокрема бактеріозу, пероноспорозу, вірусних хвороб. Має підвищену стійкість до вилягання та осипання після настання повної стиглості.

**Соя у сівозміні та попередники.** Культуру доцільно вирощувати після попередників, які залишають після себе чисте від бур'янів поле. Найкраще вона реагує на вирощування після зернових культур, зокрема пшениці озимої, жита, ячменю ярого, кукурудзи, а також після кормових та овочевих культур. Небажаними попередниками для розміщення сої є соняшник та інші однорічні й багаторічні бобові, оскільки вони сприяють накопиченню спільних шкідників і хвороб. Для запобігання пошкодженню акацієвою вогнівкою, люцерновою совкою та іншими фітофагами рекомендовано дотримуватися просторової ізоляції не менше як 500 м від посівів минулих років, а також бобових трав, гороху та лісонасаджень акації.

**Основний обробіток ґрунту.** Система передбачає одно- чи дворазове лущення стерні після збирання попередника з подальшим розпушуванням ґрунту плоскорізними або чизельними культиваторами на глибину 14–16 см. Важливим технологічним етапом є вирівнювання поверхні поля, що забезпечує рівномірне загортання насіння та якісне перемішування робочого розчину гербіцидів, а також зменшує втрати врожаю під час збирання.

**Удобрення.** Для формування урожайності на рівні 3,0 т/га, з урахуванням природної родючості та здатності сої забезпечувати до 75 % власної пот-

реби в азоті через симбіотичну азотфіксацію, рекомендована норма мінеральних добрив становить  $N_{25}P_{66}K_{76}$  кг д. р./га.

**Передпосівний обробіток ґрунту.** Оптимальні строки сівби настають через 20–30 днів після початку польових робіт. У цей період у вологому верхньому шарі ґрунту масово проростають бур'яни, які ефективно знищуються передпосівною культивацією. Основним завданням передпосівного обробітку є максимальне збереження вологи та ліквідація небажаної рослинності. Виконують мілке розпушування (3–4 см), вирівнювання й ущільнення ґрунту.

**Підготовка насіння.** Через високу інфікованість насіння сої патогенами обов'язковим є протруювання препаратами фунгіцидної дії, зокрема на основі тебуконазолу. Важливим елементом технології є інокуляція насіння активними штамми азотфіксувальних бактерій, яку проводять не раніше ніж через два тижні після протруювання.

**Сортовий склад.** Для умов регіону рекомендовано використовувати сорти скоростиглої, ранньостиглої та середньоранньої груп стиглості у співвідношенні цих груп у структурі посівів 20:40:40. Серед рекомендованих сортів – Сузір'я, Сіверка, Антрацит, Адамос, Білосніжка.

**Сівба.** Соя потребує достатнього прогрівання ґрунту, тому оптимально висівати її за середньодобової температури у посівному шарі 10–12 °С, що найчастіше відповідає календарному терміну кінець квітня – початок травня. Глибина загортання насіння повинна становити 3–4 см за достатньої зволоженості посівного шару ґрунту, максимально допустима – 5–6 см. Насіння необхідно укладати на вирівняне та ущільнене вологе ложе.

Спосіб сівби може бути суцільний або широкорядний (15, 30–45 см). Норма висіву: при широкорядному способі – 500–550 тис. схожих насінин/га, при суцільному – близько 700 тис.

**Догляд за посівами.** Основним завданням є контроль бур'янів у посівах, які конкурують з культурою за вологу, енергію сонця та поживні речовини. Ефективним доповненням до системи догляду є позакореневі підживлення мікродобривами у період найбільшої потреби у елементах живлення.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Вплив способів обробітку ґрунту на активність фіксації атмосферного азоту

Серед важливих напрямків розвитку сучасного світового землеробства є використання біологічних властивостей бобових культур, які володіють здатністю до симбіотичної азотфіксації. Фіксований біологічний азот сприяє як покращенню мінерального живлення бобових культур, так і підвищенню їх продуктивності, а також поліпшенню родючості ґрунту [19]. Результати наукових досліджень свідчать, що посіви сої впродовж вегетаційного періоду здатні зв'язувати від 70 до 150 кг/га азоту повітря, який на 50-75 % задовольняючи потреби культури в цьому елементі живлення [14].

Внаслідок впливу бульбочок на вегетативний та генеративний розвиток рослин, їхню участь у процесах фіксації атмосферного азоту сприяє більш тривалому функціонуванню листкового апарату й синтезу органічних речовин, в тому числі азотистих сполук. Утворені азотні сполуки відразу концентруються у вегетативній частині рослини, а потім реутилізуються у репродуктивні органи сої. Найбільш інтенсивно азотфіксація у сої відбувається у фазі цвітіння, формування і наливу бобів за температури повітря в межах 24-28 °С і відносній вологості 40-60 % [1].

Спостереження свідчать, що у ґрунтах України практично відсутні аборигенні соєві ризобії, тому необхідним є проведення передпосівної бартеризації насіння сої, яке забезпечує приріст урожаю зерна до 0,3 т/га в екстремальних умовах та до 0,8 т/га за сприятливих умов і за зрошення. За наявності в ґрунті вже інтродукованих штамів соєвих ризобій ефективність інокуляції зазвичай зменшується орієнтовно на 30–50 %, однак при цьому загальний обсяг симбіотичної азотфіксації не скорочується [24].

Отримані результати польових досліджень свідчать, що системи обробітку ґрунту представлені у схемі по-різному впливали на інтенсивність та

кількісні параметри функціонування симбіотичного апарату рослин сої. Зокрема, на варіанті із полиневим обробітком на глибину 20–22 см кількість азотфіксуючих бульбочок на коренях сої у середньому становила: у фазі «бутонізація» – 51,3 шт./рослину, у фазі «цвітіння» – 82,6 шт., а під час «наливу бобів» – 100,3 шт./рослину (табл. 3.1).

За даними А.О. Бабича, за звичайних умов на одній рослині формується в середньому від 21 до 80 і більше бульбочок, які переважно зосереджені на головному корені та бічних кореневих розгалуженнях, що пронизують орний шар ґрунту [2]. У разі створення оптимальних умов для симбіотичної азотфіксації соя може формувати до 1,5–2,0 г і більше активних бульбочок на одну рослину.

Таблиця 3.1

**Вплив систем обробітку ґрунту та інокулювання насіння на активність роботи симбіотичного апарату сої, 2024-2025 рр.**

| Варіанти обробітку   |          | Загальна кількість бульбочок, шт./рослина |          |             | Маса сирих бульбочок, г/рослина |          |             |
|--|----------|---|----------|-------------|---------------------------------|----------|-------------|
|  |          | бутонізація                               | цвітіння | налив бобів | бутонізація                     | цвітіння | налив бобів |
| Полицевий обробіток на 20-22 см, ПЛН-3-35                    | <i>b</i> | 51,3                                      | 82,6     | 100,3       | 1,86                            | 3,42     | 4,61        |
|  | <i>a</i> | 61,7                                      | 92,9     | 108,0       | 2,21                            | 3,84     | 4,73        |
| Безполицевий обробіток на 20-22 см, АЧН-4,2 «Хома»           | <i>b</i> | 43,2                                      | 71,1     | 86,5        | 1,60                            | 2,20     | 3,79        |
|  | <i>a</i> | 56,1                                      | 86,0     | 96,2        | 1,94                            | 2,61     | 3,92        |
| Безполицевий обробіток на 12-14 см, чизель культиватор КЧ-51 | <i>b</i> | 53,7                                      | 88,0     | 102,3       | 2,6                             | 3,42     | 4,41        |
|  | <i>a</i> | 66,0                                      | 100,2    | 117,7       | 3,11                            | 3,98     | 4,67        |
| НІР <sub>05</sub>  |          | 5   | 7        | 7           | 0,36                            | 0,49     | 0,32        |

*a* - інокулювання насіння, *b* – без інокуляції

На фоні полиневого основного обробітку ґрунту передпосівна інокуляція насіння сої азотфіксувальними бактеріями забезпечила збільшення чисельності бульбочок на рослині у всі фази органогенезу, при цьому зростання їх кількості становило від 7,7 до 20,3 %.

За проведення безполицевого основного обробітку ґрунту чизелем глибокорозпушувачем АЧН-4,2 «Хома», порівняно з полицевим обробітком на 20–22 см та мілким розпушуванням чизель культиватором КЧ-51 на 12–14 см, формування бульбочок відбувалося менш інтенсивно. Їх кількість становила 71,1 шт./рослину у фазі масового цвітіння та 86,5 шт. – у фазі наливу бобів. Передпосівна бактеризація насіння мікробіологічним препаратом Сідон сприяла підвищенню активності утворення бульбочок за всіх варіантів основного обробітку ґрунту, зокрема у фазі «бутонізація» кількість бульбочок зростала на 10,4–12,3 шт./рослину, у фазі «цвітіння» – на 10,3–14,9 шт., у фазі «налив бобів» – на 7,7–15,4 шт.

Дослідження також засвідчили, що максимальна кількість бульбочок формувалася за мілкого основного обробітку чизель культиватором КЧ-51. У фазі «бутонізація» їх число становило 53,7–66 шт./рослину, у фазі «цвітіння» – 88,0–100,2 шт., а у фазі «наливу бобів» – 102,3–117,7 шт.

Щодо сирої маси бульбочок, то дослідження свідчать, що за проведення безполицевого обробітку чизелем глибокорозпушувачем на глибину 20-22 см її значення у фазах «бутонізація» та «налив бобів» було нижчим, ніж за полицевого або мілкого обробітку, і коливалося в межах 1,6–1,94 г/рослину та 3,79–3,81 г/рослину відповідно.

За даними обліків 2024–2025 рр., відзначено, що інокуляція насіння позитивно впливала не лише на кількість, але й на масу бульбочок. Так, на фоні полицевого обробітку ґрунту сира маса збільшилася на 2,6–18,8 %; за безполицевого обробітку – на 3,4–21,3 %; за мілкого безполицевого – на 5,9–19,6 %. Найбільші прирости маси спостерігали у фазі «бутонізація», а найменші – у фазі «налив бобів». Узагальнюючи одержаних результатів досліджень, можна стверджувати, що найбільш сприятливі умови для формування і функціонування симбіотичного апарату сої створюються за полицевого обробітку на глибину 20-22 см (оранка) та мілкого безполицевого основного обробітку ґрунту на глибину 12-14 см. Передпосівна інокуляція насіння сої активним штамом бульбочкових бактерій забезпечує підвищення як чисельності, так і

сирої маси бульбочок на рослині незалежно від глибини та системи проведеного обробітку ґрунту.

Важливим діагностичним показником активності симбіотичної активності посівів сої є кількість атмосферного азоту, зв'язаного рослиною. На інтенсивність фіксації азоту значною мірою впливають агротехнічні заходи інтенсифікації технології вирощування культури, зокрема застосування макро- і мікродобрив, використання інокулянтів та інших прийомів, які сприяють активному росту, розвитку як рослин, так і кореневої системи, а також підвищенню їх продуктивності. Оптимальними умовами для роботи ризобій є: достатній вміст органічної речовини в ґрунті, близька до нейтральної реакція ґрунтового розчину, помірна вологість, належна аерація та температура ґрунту біля 22–26 °С, що одночасно стимулює процеси фотосинтезу та біологічної фіксації азоту.

У середньому за 2024–2025 рр. кількість азоту, який зафіксованого рослинами залежно від системи обробітку та інокуляції насіння, становила 83,9–185,5 кг/га. Найвищі показники цього показника зафіксовано за мілкового безполицевого основного обробітку чизель культиватор КЧ-51, зокрема 150,4–185,5 кг/га, або 65,2–69,8 % від його загального вмісту у біомасі рослин сої (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Накопичення атмосферного азоту залежно від системи обробітку ґрунту під сою, у середньому за 2024-2025 рр.**

| Варіанти обробітку   |          | Загальний азот в біомасі, кг/га | Фіксований азот з атмосфери, кг/га |      |
|--|----------|---------------------------------|------------------------------------|------|
|  |          |                                 | кг/га                              | %    |
| Полицевий обробіток на 20-22 см, ПЛН-3-35                    | <i>a</i> | 167,2                           | 83,9                               | 50,2 |
|  | <i>в</i> | 206,0                           | 125,5                              | 60,9 |
| Безполицевий обробіток на 20-22 см, АЧН-4,2 «Хома»           | <i>a</i> | 199,6                           | 119,0                              | 59,6 |
|  | <i>в</i> | 233,2                           | 152,7                              | 65,5 |
| Безполицевий обробіток на 12-14 см, чизель культиватор КЧ-51 | <i>a</i> | 230,6                           | 150,4                              | 65,2 |
|  | <i>в</i> | 265,7                           | 185,5                              | 69,8 |

Примітка: – *a* – без інокулювання, *в* – інокулювання

За застосування безполицевого основного обробітку ґрунту за допомогою знаряддя АЧН-4,2 «Хома» кількість азоту, зафіксованого з атмосфери, становила 119,0 кг/га. Передпосівна інокуляція насіння мікробіологічним препаратом Сідон сприяла істотному зростанню цього показника – до 152,7 кг/га, що відповідало 65,2 % його загального вмісту в біомасі рослин сої.

Отримані експериментальні дані свідчать, що найнижчі показники біологічної азотфіксації спостерігали за класичного обробітку ґрунту (традиційна зяблева оранка на глибину 20–22 см), де на фоні без інокуляції насіння рослини сої засвоювали лише 83,9 кг/га атмосферного азоту, тоді як після передпосівної бактеризації насіння – 125,5 кг/га.

У середньому за всіма варіантами основного обробітку ґрунту передпосівна інокуляція забезпечувала істотне збільшення кількості фіксованого азоту на одиницю площі. Порівняно з контролем, приріст становив: за полицевого обробітку на глибину 20–22 см – 49,6 %, за безполицевого на аналогічну глибину – 28,3 %, за мілкого безполицевого – 23,3 %.

Таким чином, серед систем основного обробітку ґрунту, які вивчали у досліді найвищий рівень симбіотичної азотфіксації – 185,5 кг/га – забезпечувався за використання чизель культиватор КЧ-51 із глибиною розпушування на 12-14 см.

### **3.2. Забур'яненість посівів сої під за впливу способів основного обробітку ґрунту**

Контроль бур'янів у посівах сої є одним із пріоритетних завдань у технології вирощування сої, оскільки ця культура характеризується дуже низькою конкурентною здатністю щодо сегетальної рослинності, особливо на початкових етапах росту та розвитку. Повільний стартовий ріст та відносна розрідженість стеблостою посівів не дають змоги сої ефективно конкурувати за світло, вологу та елементи живлення, порівняно із бур'янами. Унаслідок цього забур'яненість посівів стає істотним чинником зниження продуктив-

ності культури та погіршення якості насіння, а також негативно позначається на водному, повітряному, тепловому та світловому режимах агрофітоценозу [3].

Проведені нами польові дослідження підтвердили відчутний вплив способів основного обробітку ґрунту на рясність бур'янів у посівах сої. У структурі біологічних груп бур'янів переважали однорічні види, головним чином однорічні злакові. Найбільш поширеними були просо куряче (*Echinochloa crus-galli* L.) та мишій сизий (*Setaria glauca* L.). Дводольні бур'яни були представлені редькою дикою (*Raphanus raphanistrum* L.), лободою білою (*Chenopodium album* L.), щирицею звичайною (*Amaranthus retroflexus* L.), гірчаком березковидним (*Polygonum convolvulus* L.), березкою польовою (*Convolvulus arvensis* L.) та осотом рожевим (*Cirsium arvense* L.).

Результати досліджень свідчать, що у середньому за 2024–2025 рр. на час першого обліку, найбільшу кількість бур'янових рослин зафіксовано на фоні проведення безполицевого обробітку ґрунту на 20–22 см агрегатом АЧН–4,2 «Хома» – 59,1 шт./м<sup>2</sup> однорічних та 4,3 шт./м<sup>2</sup> багаторічних бур'янів (табл. 3.3). Найменшу рясність бур'янів відмічено на варіанті з полицевим обробітком (оранка на 20–22 см) – 39,1 шт./м<sup>2</sup>, з яких багаторічні становили лише 0,7 шт./м<sup>2</sup>. Мінімальний безполицевий обробіток ґрунту на глибину 12–14 см характеризувався проміжними показниками, щодо впливу на забур'яненість посівів, зокрема їх кількість становила 55,8 шт./м<sup>2</sup>, у тому числі 1,9 шт./м<sup>2</sup> багаторічних видів.

Застосування хімічних засобів захисту рослин, передбачених технологією вирощування культури, забезпечило істотне зменшення рясності бур'янів. На момент збирання урожаю їх кількість за всіма варіантами обробітку ґрунту знизилася до 7,5–12,8 шт./м<sup>2</sup>, зокрема багаторічних – до 0,6–1,3 шт./м<sup>2</sup>.

Серед варіантів основного обробітку ґрунту найбільшу кількість бур'янів перед збиранням сої спостерігали за безполицевого обробітку на глибину 20–22 см, де їх чисельність у середньому дорівнювала 12,8 шт./м<sup>2</sup>, з

яких багаторічні види становили 1,1 шт./м<sup>2</sup>. У цей період вегетації сої в її посівах домінували такі види бур'янів, як лобода біла та мишій сизий.

Таблиця 3.3

**Забур'яненість посівів сої залежно від способів обробітку ґрунту, шт./м<sup>2</sup>  
(середнє за 2024-2025 рр.)**

| Варіанти обробітку   | Строки визначення та забур'яненість |              |               |                        |              |               |
|--|-------------------------------------|--------------|---------------|------------------------|--------------|---------------|
|  | утворення 2-го трійчатого листка    |              |               | перед збиранням урожаю |              |               |
|  | всього                              | в тому числі |               | всього                 | в тому числі |               |
|  |                                     | одно-річних  | багато-річних |                        | одно-річних  | багато-річних |
| Полицевий обробіток на 20-22 см, ПЛН-3-35                    | 39,1                                | 38,4         | 0,7           | 7,5                    | 6,9          | 0,6           |
| Безполицевий обробіток на 20-22 см, АЧН-4,2 «Хома»           | 63,4                                | 59,1         | 4,3           | 12,8                   | 11,7         | 1,1           |
| Безполицевий обробіток на 12-14 см, чизель культиватор КЧ-51 | 55,8                                | 53,9         | 1,9           | 10,4                   | 9,1          | 1,3           |
| НІР <sub>05</sub>  | 15,1                                | –            | –             | 1,6                    | –            | –             |

Узагальнюючи отримані результати, можна зробити висновок, що найбільш дієвим способом зниження забур'яненості посівів сої залишається полицевий обробіток ґрунту на глибину 20–22 см, за якого загальна кількість бур'янів становила лише 39,1 шт./м<sup>2</sup>. Застосування гербіцидів у посівах сої забезпечує ефективний контроль сегетальної рослинності незалежно від обраної способу та глибини основного обробітку ґрунту.

### **3.3. Вплив способів основного обробітку ґрунту на реалізацію продуктивного потенціалу сої**

#### **3.3.1. Формування елементів структури урожайності сої**

В умовах сьогодення, технології вирощування сільськогосподарських культур, спрямовані на регулювання процесів формування високої продуктивності та якості зерна, які ґрунтуються на оптимальному поєднанні комплек-

су ключових чинників. До них належать: вибір високопродуктивного і адаптованого до умов вирощування сорту й якісного насінневого матеріалу, раціональне розміщення культур у сівозміні, науково обґрунтована система обробітку ґрунту, збалансоване мінеральне живлення, своєчасна та якісна сівба, ефективний догляд за посівами, інтегрований захист посівів від шкочочинних організмів, а також використання діагностичних методів контролю та управління процесами формування врожаю. Встановлено, що такі елементи технології, як система обробітку ґрунту та застосування бактеріальних препаратів, є визначальними не лише для перебігу вегетативного розвитку, але й для генеративного періоду, особливо для переходу рослин від вегетативних до генеративних фаз [4].

Основними структурними елементами, що формують урожайність сої, є: кількість рослин на одиниці площі, кількість бобів на рослині, число зерен у бобі та маса 1000 зерен. Найбільш мінливим показником є кількість бобів на рослині, на відміну від більш стабільного показника – кількості зерен у бобі. Число бобів на рослині сої може істотно варіювати за впливу різних чинників – від 10 до 350 і навіть до 500 штук. Загальновідомо про високу потенційну здатність зернобобових культур, у тому числі сої, формувати значну кількість бутонів, квіток і бобів, однак реальний рівень їх закладання значною мірою залежить від сортових особливостей та умов вирощування.

За результатами проведених нами досліджень встановлено істотний вплив різних способів обробітку ґрунту та обробки насіння бактеріальним препаратом на процес формування бобів у рослин сої. Зокрема, застосування полицевого обробітку на глибину 20–22 см супроводжувалося зниження кількості бобів на рослині, відносно безполицевого розпушування на аналогічну глибину та мінімального обробітку на 12–14 см (табл. 3.4).

Використання бактеріального препарату Сідон для передпосівної обробки насіння сприяло покращенню умов мінерального живлення рослин, зокрема азотного і відповідно збільшенню кількості бобів порівняно з контрольним варіантом (без інокуляції).

Узагальнені результати польового експерименту свідчать, що найсприятливіші умови для формування бобів створювалися за мілкого безполицевого обробітку проведеного чизель культиватором КЧ-51. За інокуляції насіння кількість бобів на рослині становила 23,5 шт., що на 6,8 % і 5,6 % більше відносно полицевого і безполицевого обробітку ґрунту на глибину 20–22 см відповідно.

Серед структурних елементів, які беруть участь у формуванні урожайності сої найстабільнішим показником є кількість зерен у бобі. У середньому за 2024–2025 рр. нами встановлено, що цей показник змінювався залежно від чинників, що досліджували. Так, у разі проведення інокуляції насіння перед сівбою спостерігали збільшення кількості зерен у бобі на 0,01–0,05 г або на 0,5–2,4 %. Отримані результати також засвідчують про позитивне реагування рослин сої на заміну полицевого обробітку на глибину 20–22 см на мілкий безплужний на глибину 12–14 см. При цьому кількість зерен у бобі за мілкого обробітку зростає на 6,8 % порівняно з полицевим та на 2,25 % – відносно безполицевого обробітку.

Таблиця 3.4

**Вплив систем обробітку ґрунту та інокулювання насіння на елементи структури врожаю рослин сої, середнє за 2024-2025 рр.**

| Варіанти обробітку   | Елементи структури           |                               |                      |       |
|--|------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------|
|  | кількість бобів, шт./рослина | кількість насінин в бобі, шт. | маса 1000 насінин, г |       |
| Полицевий обробіток на 20-22 см, ПЛН-3-35                    | <i>a</i>                     | 20,9                          | 2,07                 | 103,4 |
|  | <i>в</i>                     | 22,0                          | 2,12                 | 106,2 |
| Безполицевий обробіток на 20-22 см, АЧН-4,2 «Хома»           | <i>a</i>                     | 22,2                          | 2,08                 | 103,5 |
|  | <i>в</i>                     | 23,0                          | 2,10                 | 107,6 |
| Безполицевий обробіток на 12-14 см, чизель культиватор КЧ-51 | <i>a</i>                     | 22,9                          | 2,11                 | 109,4 |
|  | <i>в</i>                     | 23,5                          | 2,12                 | 111,5 |

Примітка: – *a* – без інокулювання, *в* – інокулювання

Результати проведених досліджень свідчать, що найвищі показники маси 1000 насінин у рослин сої формувалися за умов застосування мілкого обробітку ґрунту за допомогою чизель культиватора. У цьому варіанті маса

1000 зерен становила 109,4–111,5 г, що свідчить про формування оптимальних умов для наливу та досягання насіння на вище зазначеному фоні основного обробітку ґрунту.

Формування насіння з найменшою масою 1000 шт., відзначено за проведення традиційного полицевого обробітку плугом ПЛН-3-35. У цьому варіанті цей показник перебував у межах 103,4–106,2 г, що свідчить про погіршення умов для розвитку рослин у завершальні фази онтогенезу.

За використання безполицевого обробітку ґрунту глибокорозпушувачем АЧН-4,2 «Хома» на глибину 20–22 см маса 1000 насінин становила 103,5–107,6 г. Цей варіант займав проміжне положення між класичним (оранка) та мілким безполицевим обробітком, що підтверджує диференційований вплив способів обробітку ґрунту на кінцевий розмір і масу зерна сої.

### **3.3.2. Вплив способів обробітку ґрунту та інокуляції на урожайність насіння сої**

Підсумковим показником будь-якого агрономічного дослідження є рівень зернової продуктивності культури, що вирощують. Максимальна урожайність може бути досягнута лише за умови сприятливої взаємодії всіх чинників, які беруть участь у забезпеченні життєдіяльності рослин.

Система основного обробітку ґрунту є одним із важливих чинників, які мають безпосередній вплив на рівень урожайності та якісні показники насіння сої [18]. У 2025 році погодні умови були більш сприятливими для росту й розвитку культури, ніж у 2024 р., що мало позитивний вплив на формування врожайності. Загальний вплив погодних умов, способів основного обробітку ґрунту та бактеризації насіння сприяв формуванню порівняно високого врожаю сої саме у 2025 році (табл. 3.5).

На фоні полицевого обробітку урожайність насіння сої коливалася залежно від технології передпосівної обробки насіння в межах 1,99–2,13 т/га, за

безплужного обробітку АЧН-4,2 «Хома» – 2,06–2,34 т/га, а за мілкого обробітку ґрунту агрегатом КЧ-51 – 2,32–2,48 т/га.

Таблиця 3.5

**Урожайність насіння сої залежно від способів обробітку ґрунту, т/га**

| Варіанти обробітку   |   | Роки    |         |                          |
|--|---|---------|---------|--------------------------|
|  |   | 2024 р. | 2025 р. | середнє за 2024-2025 рр. |
| Полицевий обробіток на 20-22 см, ПЛН-3-35                    | <i>а</i>  | 1,81    | 1,99    | 1,90                     |
|  | <i>в</i>  | 2,00    | 2,26    | 2,13                     |
| Безполицевий обробіток на 20-22 см, АЧН-4,2 «Хома»           | <i>а</i>  | 1,82    | 2,29    | 2,06                     |
|  | <i>в</i>  | 2,09    | 2,58    | 2,34                     |
| Безполицевий обробіток на 12-14 см, чизель культиватор КЧ-51 | <i>а</i>  | 2,13    | 2,50    | 2,32                     |
|  | <i>в</i>  | 2,29    | 2,66    | 2,48                     |
| НІР <sub>0,95</sub> для фактору                              | <i>основний обробіток: 2024 р. - 0,20, 2025 р. - 0,20</i> |         |         |                          |
|  | <i>інокулювання: 2024 р. - 0,16, 2025 р. - 0,17</i>       |         |         |                          |

*Примітка: – а – без інокулювання, в – інокулювання*

У 2024 році, за екстремальних термічних і гідрологічних умов, найвищу урожайність формували рослини сої за використання активного азотфіксувального штаму бульбочкових бактерій та вирощування культури на фоні мілкого обробітку ґрунту – 2,29 т/га. У той же час за безплужного та полицевого обробітку вона становила 2,09 і 2,00 т/га відповідно.

Симбіотична азотфіксація мала чітко виражений позитивний вплив на урожайність сої, зокрема приріст зерна від застосування цього агрозаходу становив 14,5 % за безплужного обробітку та 10,5 % за полицевого розпушування.

Аналіз результатів досліджень одержаних впродовж років 2024–2025 рр., свідчить, що рівень урожайності сої залежав від способів обробітку ґрунту та допосівного інокулювання насіння. Середні за два роки експериментальні дані свідчать, що заміна полицевого обробітку на 20–22 см на безполицевий на аналогічну глибину або мілкий обробіток на 12–14 см на фоні іно-

кульовання забезпечувала збільшення урожайності на 0,21–0,35 т/га, або на 9,9–16,4 %.

Ці результати свідчать про можливість заміни традиційного полицевого обробітку в технології вирощування сої більш енергоощадними мінімізованими способами обробітку. Найвищу зернову продуктивність сої забезпечив мілкий обробіток ґрунту, за якого урожайність коливалася в межах 2,32–2,48 т/га.

У варіантах технології, де під культуру проводили полицевий обробіток, урожайність сої складала 1,90–2,13 т/га, а за заміни його на безполицевий обробіток на таку ж глибину – 2,06–2,34 т/га. Верхні значення урожайності відзначалися у варіантах із передпосівною бактеризацією насіння штамом бульбочкових бактерій, що входить до складу мікробіологічного препарату Сідон.

Таким чином, узагальнення одержаних результатів досліджень вказує на істотний вплив технологічних чинників, що вивчали, на реалізацію продуктивного потенціалу сої. Комбінація мілкового основного обробітку ґрунту проведеного чизель культиватором КЧ-51 із передпосівною бактеризацією насіння штамом бульбочкових бактерій забезпечила найвищу урожайність культури в досліді – 2,48 т/га.

## РОЗДІЛ 4.

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНОКУЛЮВАННЯ ТА РІЗНИХ СПОСОБІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

Економічні розрахунки свідчать, що на основний обробіток ґрунту припадає найбільша частина виробничих витрат у структурі сільськогосподарського виробництва. На думку науковців він є одночасно енергоємним та фінансово затратним заходом. За різними оцінками в умовах сьогодення на обробіток припадає близько 40 % енергетичних та 25 % трудових витрат, які відображені в технологічній карті. Через значні витрати енергії заходи з обробітку ґрунту повинні виконувати поставлені на них завдання, але водночас відповідати принципам ресурсозберігаючих технологій.

Як зазначає М.В. Коломієць [13], за впровадження мінімальної системи обробітку ґрунту енергозберігаючий ефект слід оцінювати не лише за зменшенням витрат пального та пально-мастильних матеріалів, а й з урахуванням енерговитрат на внесення мінеральних добрив та використання пестицидів, які можуть збільшуватися. На думку автора відмова від використання плужного обробітку дозволяє скоротити витрати на вирощування культури на 40 % без істотного зниження урожайності.

У наших дослідженнях для оцінки економічної ефективності вирощування сої використовувалися такі показники: урожайність насіння та приріст врожаю, які формують ціну реалізації, а також виробничі витрати, які мають безпосередній вплив на величину собівартості продукції. Виробничі витрати розраховувалися за технологічними картами вирощування сої з урахуванням специфіки різних варіантів згідно зі схемою польового експерименту.

Аналіз результатів показав, що чинники, які досліджували, істотно впливали на економічну ефективність вирощування сої. Так, найвищі загальні виробничі витрати зафіксовано за полицевого обробітку на глибину 20–22 см плугом ПЛН-3,35 – 20891–21014 грн/га (табл. 4.1). Використання більш енерго- та ресурсозберігаючих способів обробітку ґрунту, зокрема

безполицевого на таку ж глибину та мілкого безполицевого на глибину 12–14 см – зменшувало загальні витрати на 274–1325 грн/га відносно варіанту із полицевим обробітком. Скорочення виробничих витрат відбулося переважно за рахунок економії пально-мастильних матеріалів та скорочення амортизаційних відрахувань, а також витрат ремонт і оплату праці.

З підвищенням урожайності збільшувалася вартість валової продукції, зокрема за проведення під культуру полицевого обробітку цей показник становив 33345–37381,5 грн/га, безполицевого обробітку на аналогічну глибину – 36153–41067 грн/га, мілкого – 40716–43524 грн/га.

Економічна оцінка варіантів основного обробітку показала, що умовно чистий прибуток за вирощування сої на фоні полицевого обробітку варіював від 12454 до 16367,5 грн/га залежно від способу передпосівної обробки насіння. За безполицевого обробітку на глибину 20–22 см прибуток збільшувався на 24,7 % без бактеризації та на 24,2 % за передпосівного інокулювання насіння, досягаючи суми 15536–20326 грн/га. Найвищий умовно чистий прибуток отримано за проведення під культуру мілкого обробітку ґрунту чизель культиватором КЧ-51 на глибину 12–14 см, де його сума дорівнювала 22150–24835 грн/га, або була вищою за варіант із полицевим обробітком на 51,7–77,9 %. Важливими показниками оцінки економічної ефективності технології вирощування у рослинництві є собівартість 1 т насіння та рентабельність. За проведеними економічними розрахунками встановлено, що найвища собівартість 1 т насіння сої спостерігалася за основного обробітку ґрунту плугом ПЛН-3-35 на глибину 20-22 см – 9866–10995 грн/т, рентабельність на цьому варіанті дослідів становила 59,6–77,9 %.

У разі проведення під культуру безполицевого обробітку на глибину 20-22 см собівартість продукції знижувалася та одночасно підвищувалася рентабельність. Так, при цьому собівартість 1 т насіння становила 10008 грн, рентабельність – 75,4 %. Інокулювання насіння бактеріальним препаратом забезпечувало зменшення собівартості до 8864 грн/т та підвищувало рентабельність до 98,0 %.

**Вплив основного та передпосівного обробітку ґрунту на показники економічної ефективності вирощування сої**

| Показники ефективності               | Варіанти обробітку ґрунту                 |              |  |              |  |              |
|--------------------------------------|---|--------------|--|--------------|--|--------------|
|                                      | Полицевий обробіток на 20-22 см, ПЛН-3-35 |              | Безполицевий обробіток на 20-22 см, АЧН-4,2 «Хома» |              | Безполицевий обробіток на 12-14 см, чизель культиватор КЧ-51 |              |
|                                      | без інокулювання                          | інокулювання | без інокулювання                                   | інокулювання | без інокулювання   | інокулювання |
| Урожайність, т/га                    | 1,90                                      | 2,13         | 2,06   | 2,34         | 2,32   | 2,48         |
| Вартість основної продукції, грн./га | 33345                                     | 37381,5      | 36153  | 41067        | 40716  | 43524        |
| Виробничі витрати, грн./га           | 20891                                     | 21014        | 20617  | 20741        | 18566  | 18689        |
| Собівартість 1 т зерна, грн.         | 10995                                     | 9866         | 10008  | 8864         | 8003   | 7536         |
| Умовний чистий прибуток, грн./га     | 12454                                     | 16367,5      | 15536  | 20326        | 22150  | 24835        |
| Рівень рентабельності, %             | 59,6                                      | 77,9         | 75,4   | 98,0         | 119,3  | 132,9        |

Проведеними розрахунками встановлено, що найнижча собівартість 1 т насіння формувалася на фоні мілкового обробітку ґрунту чизель культиватором КЧ-51 на глибину 12–14 см, зокрема цей показник дорівнював 7536–8003 грн/т, а рентабельність збільшилася до 119,3–132,9 %. Отже, максимальні показники економічної ефективності – умовно чистий прибуток 24835 грн/га, мінімальна собівартість 1 т насіння 7536 грн, високий рівень рентабельності 132,9 % – досягаються у разі застосування мінімальної системи основного обробітку ґрунту в технології вирощування сої, зокрема мілкового обробітку ґрунту чизель культиватором КЧ-51 на глибину 12–14 см.

## РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Низька продуктивність і нестабільність сільськогосподарського виробництва в Україні впродовж останніх десятиліть зумовлена недостатньою увагою до законів розвитку природи та суспільства, а в ряді випадків – повним їх ігноруванням. Це призвело до значної деградації природних ландшафтів, постійного зростання площ орних земель із ознаками водної та вітрової ерозії ґрунтів, порушення водного режиму річок і територій загалом, а також до забруднення навколишнього природного середовища компонентами антропогенної діяльності. Сільськогосподарське виробництво, як ніяка інша галузь економіки країни, тісно пов'язане з інтенсивним використанням основних природних ресурсів, зокрема землі, води та повітря. Через це сучасний фахівець повинен володіти не лише спеціальними знаннями у галузі агрономії, але й високим рівнем екологічної освіти. Такий комплекс знань і підхід до ведення виробництва є необхідним для раціонального використання природних ресурсів та ефективного вирішення проблем охорони довкілля.

Екологічні компетенції спеціалістів дозволяють зменшувати матеріаломісткість і енергоємність виробництва, впроваджувати маловідходні технологічні процеси, мінімізувати втрати продукції та забезпечувати природодоцільне ведення землеробства і рослинництва. Вони сприяють оптимізації агроландшафтів сільських територій та виробництву екологічно безпечної продукції рослинництва. Методологічно важливо надавати екологічний напрямок усім технологічним процесам у рослинництві та землеробстві, враховуючи спеціалізацію та концентрацію сільськогосподарського виробництва відповідно до природно-господарських зон, біокліматичного потенціалу територій. Концепція екологічної і економічної доцільності повинна бути закладена у технологічні процеси, а оцінка продуктивності – враховувати співвідношення між отриманою продукцією, використаними ресурсами та утвореними відходами.

Раціональне природокористування необхідно застосовувати на всіх підсистемах агропромислового комплексу, зокрема із виробництва засобів механізації для сільського господарства, матеріально-технічного забезпечення, а також ланках власного агровиробництва, а саме за заготівлі, зберіганні, первинній переробці та реалізації товарної продукції. Сучасне сільське господарство володіє методами та засобами природоохоронної роботи, однак посилений контроль за використанням природних ресурсів є критично необхідним впродовж всього технологічного циклу із вирощування польових культур. Це дозволяє запобігати подальшому забрудненню, деградації та зниженню потенціалу родючості ґрунтів, водних екосистем та атмосфери, а також створює сприятливі умови для життя флори та фауни. Особливо важливо не переступати межу самозахисту природи, за рубежами якої починаються неконтрольовані деградаційні процеси.

Одним із головних завдань сучасного землеробства в Україні є забезпечення продовольчої безпеки та виробництво конкурентоспроможної продукції рослинництва, здатної задовольняти харчові потреби населення та бути затребуваною на внутрішньому та зовнішньому ринках. Вирішення цього надважливого завдання потребує стабілізації землеробства, раціонального використання земельних ресурсів із урахуванням інтересів рослинництва та тваринництва, а також захисту довкілля від забруднення. З огляду на політичні, соціальні, економічні та екологічні чинники, площу оброблюваних земель в Україні необхідно скоротити щонайменше на 10 млн га порівняно з 1990 р., перевівши їх у природні кормові угіддя або провести заліснення частини малопродуктивних угідь.

У рослинництві особливе значення має підвищення рівня використання фотосинтетично активної радіації (ФАР), адже саме рослини здатні перетворювати сонячну енергію в хімічну, нагромаджуючи її у продуктах харчування та сировині для переробної промисловості. Акумуляована енергія ФАР забезпечує задоволення потреб населення та промисловості. Розміщення сільськогосподарських культур має враховувати агробіологічну доцільність згід-

но зонального поділу територій, технології – ефективне використання ресурсів та збереження ґрунтового потенціалу.

Майбутнє землеробства пов'язане з високопродуктивними технологіями. Основними напрямками вдосконалення є впровадження нових високоврожайних сортів та гібридів польових культур, які максимально окуповують затрачені ресурси, розвиток молекулярної генетики та біотехнологій рослин, а також комбінованих агрегатів для мінімалізації обробітку ґрунту, догляду за посівами. Освоєння інноваційних підходів до формування системи удобрення забезпечить ефективність внесених поживних речовин за мінімального негативного впливу на довкілля. Відтворення родючого потенціалу та охорона ґрунтів залишаються ключовими чинниками стабілізації землеробства. Зменшення площі ріллі дозволяє зберегти ґрунти для майбутніх поколінь, а насичення їх органічною речовиною шляхом застосування побічної продукції і покривних культур (сидератів) забезпечує відновлення запасів поживних речовин і фітосанітарне оздоровлення ґрунту. Застосування симбіотичної азотофіксації, біологічного захисту посівів, комбінованих систем удобрення та локального внесення мінеральних добрив сприяє підвищенню продуктивності та екологічності технологій у рослинництві. У перспективі набудуть більш широкого розповсюдження у сільськогосподарському виробництві альтернативні системи землеробства – біодинамічна, органічна, біологічна. В Україні екологічну експертизу почали проводити у 1980-х роках через погіршення стану довкілля, особливо після аварії на ЧАЕС. Закон «Про екологічну експертизу» (1995 р.) визначає її обов'язковість за здійснення законотворчої, інвестиційної, управлінської та господарської діяльності, яка може впливати на екологічний стан навколишнього середовища.

Екологічна експертиза передбачає оцінку ступеня ризику, відповідності об'єктів законодавству, санітарним нормам та будівельним правилам, впливу на здоров'я людей і стан природних ресурсів, а також обґрунтовує впровадження дієвих заходів з охорони довкілля. Основні принципи експертизи: гарантування безпечного середовища для людей, збалансованість екологічних,

економічних та соціальних інтересів, наукова обґрунтованість і об'єктивність, екологічна безпека та законність реалізації об'єктів.

Природоохоронні показники, що враховуються за проведення екологічної експертизи: розміщення об'єктів без порушення цінних ландшафтів та орних земель; застосування енергоефективних, мало- та безвідходних технологій; раціональне використання води та очищення стічних вод; використання пилогазоочисних споруд; утилізація всіх видів відходів або їх безпечне поховання; збереження та відновлення зелених насаджень; захист від шкідливого фізичного впливу (шум, вібрація, ультразвук).

На основі екологічної експертизи дослідного господарства «Степне» зроблено такі висновки:

1. Застосовується мінімальна технологія основного обробітку ґрунту за допомогою комбінованих безполицевих агрегатів;
2. Після збирання культур на полях залишається подрібнена побічна продукція, яка зменшує прояв водної та вітрової ерозії, запобігає пересушуванню ґрунту та збагачує його органікою;
3. Створено спеціальні майданчики із твердим покриттям для зберігання гною, а також обладнано приміщення для зберігання мінеральних добрив, отрутохімікатів та відпрацьованих мастил;
4. Впроваджено локальне внесення мінеральних добрив у технології вирощування всіх сільськогосподарських культур;
5. Хімічні методи боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками комбінуються з агротехнічними та біологічними;
6. Обробка крайових смуг полів проводиться локально для запобігання поширенню шкідників на всю площу зайнятою культурою.

Ці заходи забезпечують збереження родючості ґрунтів, підвищення продуктивності та мінімізацію негативного впливу на довкілля. Системний підхід до застосування природодоцільних технологій та екологічної експертизи гарантує довгострокову стабілізацію землеробства та виробництво екологічно безпечної продукції для майбутніх поколінь.

## РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Перехід аграрного сектору України на нові форми господарювання супроводжується зниженням ефективності роботи з охорони праці. Реформування структури та виробничих відносин ускладнило організацію безпечних умов праці, особливо коли роботодавець територіально перебуває в одному регіоні, а виробництво – в іншому. Нові власники сільськогосподарських підприємств часто не мають достатнього розуміння важливості питань охорони праці.

Механізовані процеси в сільському господарстві є травмонебезпечними, тому агропромисловий комплекс відноситься до достатньо ризикованих галузей у цьому відношенні [20].

Охорона праці визначається як комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності працівників [21]. Нормативна база управління охороною праці включає Конституцію України, Закон «Про охорону праці» (1992, з доповненнями 2002 р.), Кодекс законів про працю, численні постанови та накази органів державного управління, а також міжгалузеві та галузеві нормативні акти [21].

Відповідно до «Типового положення про службу охорони праці» та Закону України «Про охорону праці» (ст. 15), відповідальність за організацію охорони праці в ДПДГ «Степне» покладається на директора господарства. Безпосередньо керує роботою служби інженер з охорони праці, а керівники підрозділів несуть відповідальність за організацію та дотримання вимог із створення безпечних умов праці у межах своїх виробничих цехів.

Система управління охороною праці спрямована на комплексне та планове запобігання травматизму, професійним захворюванням, аваріям і пожежам, а також на підвищення культури виробничої діяльності. Закон поширюється на всі підприємства, що використовують найману працю незалежно від

чисельності персоналу та форми власності. Для ефективного функціонування СУОП необхідно:

1. Визначити нормативно-правову базу з охорони праці для виду діяльності.
2. Виявити небезпечні та шкідливі чинники, машини, механізми та процеси підвищеної небезпеки, які можуть призвести до травматизму .
3. Встановити основні завдання та пріоритетні напрями з охорони праці на підприємстві беручи до уваги особливості організації виробничих процесів.
4. Розробити організаційну схему та розподіл обов'язків серед посадових осіб з метою своєчасного реагування та контролю.

Пріоритет життя і здоров'я працівників передбачає суворе дотримання нормативних актів, щоб запобігти погіршенню здоров'я, травматизму і прояву професійних захворювань. Керівник підприємства зобов'язаний створити та підтримувати безпечні умови праці, організувати СУОП, визначити обов'язки посадових осіб, забезпечити організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, метрологічні та інформаційні заходи [12].

До системи управління охороною праці входять навчання та інструктажі працівників. Навчання проводиться відповідно до «Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці». Працівники проходять вступний, первинний на робочому місці, позаплановий та цільовий інструктажі, що документуються в журналах із особистим підписом проінструктованої особи. Вступний інструктаж охоплює всіх нових працівників та тимчасово відряджених на підприємство, первинний – на робочому місці, позаплановий – при зміні нормативних актів або модернізації обладнання, цільовий – для разових робіт.

Треступінчатий контроль у СУОП забезпечує спільний нагляд роботодавця та трудового колективу за умовами праці, дотриманням норм трудового законодавства, профілактикою травматизму та професійних захворювань.

Контроль здійснюється «знизу доверху», передбачено положення про його організацію [20].

У ДПДГ «Степне» щорічно приділяється увага поліпшенню умов праці та фінансуванню заходів охорони праці. Розподіл коштів виділених на організацію заходів з охорони праці здійснювався наступним чином: 7 % – номеклатурні заходи, 72 % – засоби індивідуального захисту, 21 % – лікувально-профілактичні заходи, фінансування здійснюється роботодавцем згідно ст. 19 Закону «Про охорону праці» – 0,5 % від реалізованої продукції.

Аналіз виробничого травматизму за даними актів Н-1 та лікарняних листків показав, що за останні два роки не було випадків травматизму. Втрата працездатності через захворювання зменшилась з 306 днів у 2023 р. до 242 днів у 2024 р., що свідчить про ефективність впровадженої системи охорони праці.

Наказом Міністерства соціальної політики України № 1240 від 29.08.2018 встановлено правила охорони праці під час виконання технологічних операцій: експлуатація машин відповідно до технічної документації; огороження рухомих частин захисними кожухами; заборона роботи несправних машин; контроль повітряних ліній при руху техніки; дотримання безпечної дистанції під час руху сільськогосподарської техніки.

Для покращення умов праці і підвищення рівня безпеки та охорони праці в господарстві пропонується:

1. В кожному цеху, виробничому підрозділі створити куточки з охорони праці та техніки безпеки.

2. Куточки з охорони праці та техніки безпеки забезпечити сучасною літературою (плакатами, номативними документами, інструкціями, посібниками) та зразками засобів індивідуального захисту.

3. Не дозволяти у темний час доби здійснювати роботи, пов'язані з транспортуванням аміаковмісних мінеральних добрив, приготуванням розчинів, змішуванням їх та внесенням у ґрунт.

4. Чітко дотримуватись тривалості робочої зміни при роботі з отрутохімікатами і мінеральними добривами відповідно розробленим і науково обґрунтованим регламентам щодо виконання таких робіт.

5. Транспортування, зберігання та застосування пестицидів здійснювати з дотриманням вимог Закону України «Про пестициди і агрохімікати» та інших нормативно-правових актів у частині безпечного здійснення робіт із транспортування, зберігання та застосування отрутохімікатів.

6. Щорічно проводити підвищення кваліфікації персоналу, який працює з отрутохімікатами, на спеціальних курсах при станціях захисту рослин або інших установах, які ліцензовані на надання вище зазначених послуг.

7. Обладнати всі небезпечні обертові механізми робочих агрегатів захисними кожухами.

8. На засіданні профспілкового комітету розглянути стан з охорони праці, зокрема про забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

Таким чином, системний підхід до охорони праці, організація навчання та контроль за дотриманням норм законодавства забезпечують безпечні умови праці, знижують ризики травматизму та підвищують ефективність сільськогосподарського виробництва.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що максимальна кількість бульбочок формувалася за мілкового основного обробітку чизель культиватором КЧ-51. впродовж всього періоду вегетації сої.

2. Виявлено, що найбільш дієвим способом зниження забур'яненості посівів сої залишається полицевий обробіток ґрунту на глибину 20–22 см, за якого загальна кількість бур'янів становила лише 39,1 шт./м<sup>2</sup>.

3. Найсприятливіші умови для формування бобів створювалися за мілкового безполицевого обробітку проведеного чизель культиватором КЧ-51.

4. Виявлено, що комбінація мілкового основного обробітку ґрунту проведеного чизель культиватором КЧ-51 із передпосівною бактеризацією насіння штамом бульбочкових бактерій забезпечила найвищу урожайність культури в досліді – 2,48 т/га.

5. Встановлено, що максимальні показники економічної ефективності – умовно чистий прибуток 24835 грн/га, мінімальна собівартість 1 т насіння 7536 грн, високий рівень рентабельності 132,9 % – досягаються у разі застосування мінімальної системи основного обробітку ґрунту в технології вирощування сої, зокрема мілкового обробітку ґрунту чизель культиватором КЧ-51 на глибину 12–14 см.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою скорочення загальних виробничих витрат в технології вирощування сої та підвищення рівня її урожайності в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу, господарствам усіх форм власності рекомендується:

- у системі основного обробітку ґрунту замінювати оранку на глибину 20-22 см на мілкий безполицевий обробіток важкими культиваторами з робочими органами чизельного типу;

- з метою інтенсифікації симбіотичної діяльності бульбочок та підвищення рівня накопичення біологічного азоту в ґрунті здійснювати передпосівну обробку насіння сої мікробіологічним препаратом Сідон 3,0 кг/т.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабич А.О. Проблеми білка і вирощування зернобобових на корм. 3-є видання перероблене і доповнене. К.: Урожай, 1993. 429 с.
2. Бабич А.О., Побережна А.А. Народонаселення і продовольство на рубежі другого і третього тисячоліть. К.: Аграрна наука, 2000. 158 с.
3. Балабан О.А., Гончар О.І. Злакові бур'яни – небезпечні конкуренти. *Зб. наукових праць "Вісник Білоцерківського державного аграрного університету"*. Біла Церква, 2002. С. 85.
4. Береговенко С.К. Вплив інокуляції насіння сої різними штамми *Bradyrhizobium japonicum* на вміст амінокислот і сирого протеїну в її зерні. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2001. Т. 33. №5. С. 432-435.
5. Гангур В.В., Лень О.І., Гангур Ю.М. Продуктивність короткоротаційних сівозмін за максимальної частки в них сої та кукурудзи при вирощуванні в умовах недостатнього зволоження лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. Том 1. № 2. С. 313–319.
6. Гангур В.В., Пипко О.С., Прокопів О.О. Продуктивність сої залежно від технології передпосівного обробітку ґрунту та інокулювання. *Вісник ПДАА*. 2021. № 4. С. 80–85. doi: 10.31210/visnyk2021.04.10
7. Гангур В.В., Сахацька В.М. Мікробіологічна активність ґрунту за різних способів обробітку. *Вісник ПДАА*. 2019. № 4. С. 13–19. doi: 10.31210/visnyk2019.04.01
8. Гангур В.В., Єремко Л.С. Тривалість міжфазних періодів сої залежно від способів основного обробітку ґрунту. Матеріали X науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні аспекти сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур» (присвячена 115 річчю з дня народження професора Є. С. Гуржій). Полтавська державна аграрна академія, 2021. С. 25–29.
9. Гангур В.В., Заплаткіна А. С. Вплив передпосівного обробітку ґрунту на агрофізичні показники за вирощування сої. *Актуальні питання та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва: матеріали*

IX науково-практичної інтернет-конференції, Полтава, 27 листопада 2020 року. Полтава, 2020. С. 44–47.

10. Єремко Л.С., Гангур В.В. Особливості формування індивідуальної продуктивності рослин сої (*Glycine Hispida* Moench.) за різної забезпеченості елементами мінерального живлення. *Вісник ПДАА*. 2022. № 3. С. 40–46. doi: 10.31210/visnyk2022.03.05
11. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В, Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
12. Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. К.: Центр учбової літератури, 2009. 264 с.
13. Коломієць М.В. Рациональний обробіток ґрунту, як фактор стабільності й прогресу в землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 1995. №11. С. 18-26.
14. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: НВФ "Українські технології", 2008. 312 с.
15. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. За ред. В.В. Волкодава. К. 2000. 100 с.
16. Міленко О.Г. Урожайність сої залежно від сорту, норм висіву насіння та способів догляду за посівами. *Збірник наукових праць. Агробіологія*. 2015. № 1. С.85–88..
17. Міленко О.Г., Сідаш А.А., Невкритий М.М., Плішко О.В., Костенко Р.В. Вплив препаратів на ефективність інокуляції посівного матеріалу сої. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 49–53.
18. Нагорний В.І. Особливості вирощування сої в умовах Лісостепової частини сумської області. *Вісник Сумського НАУ. Серія "Агрономія і біологія"*. 2006. Вип. 11-12 (12-13). С. 112-114.
19. Патица В.П., Панченко Г.М., Зарицький М.М. та інші. Сільськогосподарська мікробіологія на допомогу аграрному виробництву: Збірник науко-

- вих розробок. Чернігів. 2001. 57 с.
20. Пістун І. П., Березовецький А. П., Березовецький С. А. Охорона праці в галузі сільського господарства (тваринництво, птахівництво) : навчальний посібник. Суми : Університетська книга, 2012. 504 с.
  21. Пістун І.П., Березовецький А.П., Березовецький С.А. Охорона праці в галузі сільського господарства. Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2009. 368 с.
  22. Сокирко Д.П., Гангур В.В., Єремко Л.С. Вплив елементів технології вирощування на формування симбіотичного апарату зернобобових культур. *Colloquium-journal*. 2021. № 10 (97). Część 1. P. 30–32. <http://www.colloquium-journal.org/1097-2>
  23. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур за різним ресурсним забезпеченням / За редакцією Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева. Харків, ХНТУСГ. 2006. 725 с.
  24. Толкачов М.З. Використання симбіотрофного азоту при вирощуванні сої. *Використання, переробка і використання сої на кормові та харчові цілі: матеріали 3-ої Всеукраїнської конференції*. Вінниця. 2000. С. 56-57.
  25. Ушкаренко В.О., Лазер П.Н., Шепель А.В. Економічна та біоенергетична ефективність вирощування соняшника різних груп стиглості в основних посівах при зрошенні. *Таврійський науковий вісник*. 1998. Вип. 8. С. 10–15.
  26. Шевніков М. Я., Міленко О. Г. Вплив агроекологічних факторів на вміст протеїну та олії в насінні сої. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 20. С. 84–90.
  27. Шевніков М. Я., Міленко О. Г. Польова схожість і виживання рослин сої за різних варіантів фітоценотичної напруги. *Вісник СНАУ. Серія «Агроніомія і біологія»*. 2015. Вип. 9 (30). С. 148–151.
  28. Шевніков М.Я., Міленко О.Г., Лотиш І.І. Урожайність сортів сої залежно від елементів технології вирощування. *Вісник ПДАА*. 2018. № 3. С.15–21.
  29. Aragão R. B. A., Bastos Lima M. G., Burns G. L. and Ross H. To Clear or Not to Clear: Unpacking Soy Farmers' Decision-Making on Deforestation in

- Brazil's Cerrado. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022. Vol. 6: P. 942207.
30. Bao Y., Hoogenboom G., McClendon R., and Urich P. Soybean Production in 2025 and 2050 in the Southeastern USA Based on the SimCLIM and the CSM-CROPGRO-Soybean Models. *Climate Research*. 2015. Vol. 63. P. 73–89.
  31. Costantini M., and Bacenetti J. Soybean and Maize Cultivation in South America: Environmental Comparison of Different Cropping Systems. *Cleaner Environmental Systems*. 2021. Vol. 2. P. 100017.
  32. Couëdel A., Lollato R.P., Archontoulis S.V., et al. Statistical Approaches Are Inadequate for Accurate Estimation of Yield Potential and Gaps at Regional Levels. *Nature Food*. 2025. Vol. 6. P. 715–724.
  33. El-Shemy H.A. (Ed.) *Soybean Physiology and Biochemistry*; IntechOpen: Rijeka, Croatia, 2011.
  34. Fischer R.A., Byerlee D., and Edmeades G. *Crop Yields and Global Food Security: Will Yield Increase Continue to Feed the World?* ACIAR Monograph 158. Australian Centre for International Agricultural Research. 2014.
  35. Gautam A., Anuo C.O., Kladvivko E., Vyn T.J., and Armstrong S. Does 46 Years of Conservation Tillage and Crop Rotations Change Soil Carbon and Nitrogen Distribution and Storage? *Soil and Tillage Research*. 2025. Vol. 254. P. 106702.
  36. Górski D., Gaj R., Ulatowska A., Miziniak W. Effect of Strip-Till and Variety on Yield and Quality of Sugar Beet against Conventional Tillage. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. P. 166.
  37. Hartman G.L., West E.D., Herman T.K. Crops That Feed the World 2. Soybean-Worldwide Production, Use, and Constraints Caused by Pathogens and Pests. *Food Secur.* 2011. Vol. 3. P. 5–17.
  38. Hobbs P.R., Sayre K., Gupta R. The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 2008. Vol. 363. P. 543–555.
  39. Kahlon M.S., Lal R., and Ann-Varughese M. Twenty Two Years of Tillage and

- Mulching Impacts on Soil Physical Characteristics and Carbon Sequestration in Central Ohio. *Soil and Tillage Research*. 2013. Vol. 126. P. 151–158.
40. Karlen D.L., Kumar A., Kanwar R.S., Cambardella C.A., and Colving T.S. Tillage System Effects on 15-Year Carbon-Based and Simulated N Budgets in a Tile-Drained Iowa Field. *Soil and Tillage Research*. 1998. Vol. 48. P. 155–165.
  41. Kothari K., Battisti R., Boote K. J., et al. Evaluating Differences Among Crop Models in Simulating Soybean In-Season Growth. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 309. P. 109306.
  42. Książak J., Bojarszczuk J. The Productivity of Selected Soybean Cultivars Grown Using Various Cultivation Methods. *J. Water Land Dev*. 2024. Vol. 62. P. 88–96.
  43. Lal R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science*. 2004. Vol. 304. P. 1623–1627.
  44. Medic J., Atkinson C., Hurburgh C.R. Current Knowledge in Soybean Composition. *J. Am. Oil Chem. Soc*. 2014. Vol. 91. P. 363–384.
  45. Morrison M.J., Cober E.G., Gregorich H.D., Voldengen H.D., Ma B., and Topp G.C. Tillage and Crop Rotation Effects on the Yield of Corn, Soybean, and Wheat in Eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. 2017. Vol. 98. P. 183–191.
  46. Nunes M. R., van Es H. M., Schindelbeck R., Ristow A. J., and Ryan M. No-Till and Cropping Systems Diversification Improve Soil Health and Crop Yield. *Geoderma*. 2018. Vol. 328. P. 30–43.
  47. Panasiewicz K. Chemical Composition of Lupin (*Lupinus* spp.) as Influenced by Variety and Tillage System. *Agriculture*. 2022. Vol. 12. P. 263.
  48. Powlson D.S., Stirling C.M., Jat M.L., et al. Limited Potential of No-Till Agriculture for Climate Change Mitigation. *Nature Climate Change*. 2014. Vol. 4. P. 678–683.
  49. Rotundo J.L., Marshall R., McCormick R., et al. European Soybean to Benefit People and the Environment. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. P. 7612.

50. Różewicz M. Review of Current Knowledge on Strip-Till Cultivation and Possibilities of Its Popularization in Poland. *Polish J. Agron.* 2022. Vol. 49. P. 20–30.
51. Różewicz M., Grabiński J., Wyzińska M. Effect of Strip-Till and Cultivar on Photosynthetic Parameters and Grain Yield of Winter Wheat. *Int. Agrophys.* 2024. Vol. 38. P. 279–291.
52. Rusinamhodzi L., Corbeels M., Nyamangara J., Giller K.E. Maize-grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique. *Field Crops Res.* 2012. Vol. 136. P. 12–22.
53. Severini A.D., Alvarez-Prado S., Otegui M.E., et al. CRONOSOJA: A Daily Time-Step Hierarchical Model Predicting Soybean Development Across Maturity Groups in the Southern Cone. *In Silico Plants.* 2024. Vol. 6. P. diae005.
54. Simon-Miquel G., Reckling M., and Plaza-Bonilla D. Maximising Soybean Productivity With Late Maturity Groups in Mediterranean Irrigated Systems. *Field Crops Research.* 2024. Vol. 307. P. 109274.
55. Teng J., Hou R., Dungait J.A.J., et al. Conservation Agriculture Improves Soil Health and Sustain Crop Yields After Long-Term Warming. *Nature Communications.* 2024. Vol. 15. P. 8785.
56. Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B.L. Global Food Demand and the Sustainable Intensification of Agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci USA.* 2011. Vol. 108. P. 20260–20264.
57. Tripathi A.K., Misra A.K. Soybean A Consummate Functional Food: A Review. *J. Food Sci. Technol.* 2005. Vol. 42. P. 111–119.
58. US Soybean Export Council. *How the Global Oilseed and Grain Trade Works*; Soyatech, LLC: Southwest Harbor, ME, USA, 2008; Available online: <https://ussec.org/resources/how-the-global-oilseed-and-grain-trade-works/>
59. Vyn T.J., and Raimbault B.A. Long-Term Effects of Five Tillage System on Corn Response and Soil Structure. *Agronomy Journal.* 1993. Vol. 85. P. 1074–1079.

60. West T.D., Griffith D.R., Steinhardt G.C., Kladvko E.J., and Parsons S.D. Performance of Corn and Soybean: Twenty-Year Study on Dark Silty Clay Loam Soil. *Journal of Production Agriculture*. 1996. Vol. 9. P. 241–248.
61. Wilhelm W.W., and Wortmann C.S. Tillage and Rotation Interactions for Corn and Soybean Grain Yield as Affected by Precipitation and Air Temperature. *Agronomy Journal*. 2004. Vol. 96. P. 425–432.
62. Wysokinski A., Wysokińska A., Noulas C., Wysokińska A. Optimal Nitrogen Fertilizer Rates for Soybean Cultivation. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. P. 1375.
63. Yang Q., Lin G., Lv H., Wang C., Yang Y., and Liao H. Environmental and Genetic Regulation of Plant Height in Soybean. *BMC Plant Biology*. 2021. Vol. 21. P. 63.
64. Zhou J., Zhu P., Kluger D.M., Lobell D.B., and Jin Z. Changes in the Yield Effect of the Preceding Crop in the US Corn Belt Under a Warming Climate. *Global Change Biology*. 2024. Vol. 30. P. e17556.

# ДОДАТКИ