

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УДК: 633.854:631.582:632.5(477.63)

ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Декан
Агробіологічного факультету**

**Завідувач кафедри
землеробства та гербології**

_____ **Коваленко В.П.**
(Підпис) (Прізвище)

_____ **Танчик С.П.**
(Підпис) (Прізвище)

« _ » _____ 2024р.

« _ » _____ 2024р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Удосконалення елементів технології вирощування сої в Правобережному
Лісостепу України»

Спеціальність 201 – «Агрономія»

Освітня програма Агрономія
(назва)

Гарант освітньої програми

доктор с.-г. наук, професор _____ **Каленська С.М.**
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

кандидат с.-г. наук, доцент _____ **Бабенко А. І.**
(науковий ступінь та вчене звання) (Підпис) (ПІБ)

Виконав _____

Петровченко В. І.

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Завідувач кафедри землеробства та гербології

д. с.-г. н., професор _____ С.П. Танчик

" ____ " _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ
Петровченку Владиславу Ігоровичу**

Спеціальність 201 - «Агрономія»

Спеціалізація «Агрономія»

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Удосконалення елементів технології вирощування сої в Правобережному Лісостепу України»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 08.01. 2024р. №18 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 14.10.2024 року

Перелік питань що підлягають дослідженню:

- оцінити параметри структурно-агрегатного складу та щільності чорнозему типового у посівах сої залежно від розміщення її після попередників і застосування основного обробітку ґрунту;

- відстежити динаміку формування запасів доступної вологи в ґрунті та встановити параметри водоспоживання сої залежно від попередників і обробітку ґрунту;

- встановити обсяги надходження органічної речовини і елементів живлення в ґрунт за рахунок рослинних решток сої залежно від попередника і обробітку ґрунту;

- розрахувати баланс біогенних елементів за вирощування сої;

- встановити залежність продуктивності сої від апробованих агротехнічних заходів;

- здійснити оцінку економічної та енергетичної ефективності досліджуваних елементів вирощування сої.

Дата видачі завдання " _____ " _____ 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Бабенко А.І.

Завдання прийняв до виконання

Петровченко В. І.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ВИВЧЕННЯ	10
1.1 Соя - культура світового значення	10
1.2 Історія походження сої	11
1.3 Народногосподарське значення сої	13
1.4 Продуктивність сої залежно від попередників та обробітку	16
1.5 Вплив культивування сої на родючість ґрунту в сівозміні	19
РОЗДІЛ 2 МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ, УМОВИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
2.1 Локація досліджень, ґрунтові та агрокліматичні умови в роки їх проведення	21
2.2 Схема та методи проведення досліджень	24
2.3 Агротехнологічні умови в польовому досліді	27
РОЗДІЛ 3 РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ І ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	29
3.1 Формування водного режиму ґрунту за вирощування сої	29
3.2 Агрофізичні властивості ґрунту за вирощування сої	32
3.3 Поживний режим чорнозему типового за вирощування сої після різних попередників і обробіток ґрунту	36
3.4 Баланс поживних речовин у посівах сої залежно від досліджуваних чинників	37
РОЗДІЛ 4 УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ	44
4.1 Урожайність насіння сої залежно від попередників	44
4.2 Продуктивність сої залежно від попередників та обробітку ґрунту	46
4.3 Якість насіння сої залежно від попередників та обробітку ґрунту	47
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ	51
ВИСНОВКИ	55
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57

РЕФЕРАТ

В магістерській кваліфікаційній роботі на тему: Удосконалення елементів технології вирощування сої в Правобережному Лісостепу України

У першому розділі «Сучасний стан вивчення проблеми та обґрунтування напрямів досліджень» (огляд літератури) подано короткий огляд наукової літератури вітчизняних і зарубіжних авторів.

У другому розділі «Ґрунтові, погодні умови проведення досліджень» проведено аналіз ґрунтово-кліматичних умов зони проведення досліджень, представлено схему досліду та методику проведення польових і лабораторних досліджень.

Результати досліджень викладені в розділі 3 («Родючість ґрунту за вирощування сої залежно від попередників і обробітку ґрунту»)

Встановлено зростання щільності ґрунту від сівби до повної стиглості без перевищення оптимальних значень ($1,30 \text{ г/см}^3$) за полицевого (оранка) і безполицевого обробітків ґрунту (чизель-глибокородзпушувач) на глибину 20-22 см. Доведено, що за безполицевого основного обробітку ґрунту (чизель-глибокородзпушувач) на 20-22 см вміст агрономічно цінних агрегатів формувався на рівні 66,7 %, а полицевого (оранка) – 64,7 %. За розміщення сої після кукурудзи на зерно, соняшнику спостерігається зменшення вмісту агрономічно-цінних агрегатів.

Визначено, що на чорноземі типовому щорічно відчужується з поля з біомасою основної продукції сої від 164,7 до 276,9 кг/га NPK. Найбільшу частку від суми елементів складає азот – 69,9-72,3 %, частка фосфору становить 13,0-14,3 %, калію – 14,5-16,1%. Кількість поживних речовин, що повертається в ґрунт з рослинними рештками, по відношенню до їх вмісту в загальній біомасі варіює від 30,4 до 35,2 %, з яких частка азоту становить 42,1-55,5 %, фосфору – 11,1-14,7 %, калію – 29,8-46,8 %.

У четвертому розділі магістерської роботи «Урожайність і якість насіння сої залежно від обробітку ґрунту та попередників у Правобережному Лісостепу України» встановлено, що найвищу урожайність (3,70 т/га) соя формує після проведення безполицевого основного обробітку ґрунту (чизель-

глибокорозпушувач) на 20–22 см. Максимальний рівень урожайності сої після кукурудзи на зерно і соняшнику становить 2,83 і 3,12 т/га відповідно, за проведення полицевого обробітку ґрунту (оранка) на 20–22 см.

У п'ятому розділі «Економічна та енергетична ефективність вирощування сої» дано розрахунки економічної ефективності та енергетичних витрат вирощування сої після різних попередників і основного обробітку ґрунту. Визначено, що найвищий показник умовно чистого прибутку 10,2-11,82 тис. грн/га за рівня рентабельності 56,2 і 65,1% отримано після зернових культур та проведення безполицевого обробітку ґрунту (чизель-глибокорозпушувач) на 20-22 см.

Ключові слова: соя, попередник, основний обробіток ґрунту доступна волога, агрофізичні показники, урожайність, продуктивність, економічна та енергетична ефективність.

ВСТУП

На початку XXI століття в Україні щорічний дефіцит рослинного білка становить 1,5-1,8 млн тон. Для розв'язання цієї проблеми та забезпечення населення якісним харчовим білком доцільно розширити площі посівів зернобобових культур. Соя є однією з найпоширеніших високобілкових олійних культур у світовому сільському господарстві. Завдяки високій харчовій цінності та якісному білку, соя визнана стратегічною культурою. Її насіння має унікальний хімічний склад: містить 38-45% білка, 20% жиру, 25-30% вуглеводів, а також мінерали, ферменти та вітаміни.

Соя, як стратегічна культура, швидко інтегрувалася в світове рослинництво та економіку, заявивши провідні позиції у структурі посівних площ сільськогосподарських культур, а також у забезпеченні ресурсами білка та олії. Завдяки унікальному поєднанню процесів фотосинтезу та біологічної фіксації азоту, ця культура значною мірою задовольняє власну потребу в азоті й покращує родючість ґрунту. За статистикою частка азоту у валових зборах зернобобових культур становить близько 78%. Незважаючи на те, що площа посівів сої перевищила 70 млн га, а валовий збір – 184 млн тон, темпи її виробництва залишаються високими.

Основними країнами-експортерами сої є США, Бразилія, Аргентина, Китай, Індія, Парагвай, Канада та Україна. Водночас урожайність сої в Україні приблизно вдвічі нижча, ніж у США, Аргентині, Бразилії та інших провідних країнах. Тому важливим завданням є пошук способів створення оптимальних умов для максимальної реалізації генетичного потенціалу сої.

Збільшення виробництва насіння сої в усіх зонах вирощування залежить не тільки від розширення посівних площ, але й від підвищення її продуктивності. Важливу роль у збільшенні врожайності та поліпшенні якості насіння відіграють усі аспекти технології вирощування. Зокрема, з появою нових сортів виникла потреба в теоретичному обґрунтуванні та пошуку способів підвищення реалізації їхнього генетичного потенціалу через розробку нових та вдосконалення існуючих елементів технології вирощування.

Актуальність теми. Врожайність насіння є інтегральним показником, за яким оцінюють ефективність технології вирощування сільськогосподарських культур, і лише на 26% вона визначається генотипом рослини. Насіннева продуктивність сої значною мірою залежить від застосованих агротехнічних прийомів. Соя є культурою з високими вимогами до розміщення після попередників та умов вирощування, що пов'язано з особливостями проростання насіння, початковим ростом та формуванням і функціонуванням симбіотичного апарату.

Значний внесок у розв'язанні проблем селекції, інтродукції та технології вирощування сої в Україні свого часу зробили А.О. Бабич і В.Г. Михайлов. Сьогодні в цій галузі активно працюють В.Ф. Петриченко, М.Я. Шевніков, В.П. Дерев'янський, М.І. Бахмат та інші науковці, які дослідили теоретичні аспекти формування продуктивності сої під впливом різних природних та антропогенних факторів.

Мета та завдання дослідження. Основною метою цього дослідження є визначення і розробка закономірностей формування економічно та енергетично ефективної урожайності сої, що враховує ресурсне забезпечення залежно від попередників і способів обробітку ґрунту в Правобережному Лісостепу України. Для досягнення цієї мети були визначені такі завдання:

- оцінити характеристики структурно-агрегатного складу та щільності типового чорнозему в посівах сої в залежності від розташування після різних попередників та застосування основного обробітку ґрунту.

- відстежити динаміку формування запасів доступної вологи в ґрунті та встановити параметри водоспоживання сої залежно від попередників і обробітку ґрунту;

- встановити обсяги надходження органічної речовини і елементів живлення в ґрунт за рахунок рослинних решток сої залежно від попередника і обробітку ґрунту;

- розрахувати баланс біогенних елементів за вирощування сої;

- встановити залежність продуктивності сої від апробованих агротехнічних заходів;

- здійснити оцінку економічної та енергетичної ефективності досліджуваних елементів вирощування сої.

Об'єкт дослідження – процес зміни показників родючості ґрунту, формування врожайності сої і якості зерна культури залежно від її розміщення після різних попередників і обробітку ґрунту.

Предмет дослідження – чорнозем типовий, соя, попередники, способи обробітку ґрунту, економічна й енергетична ефективність елементів технології вирощування.

Методи досліджень. Загальнонаукові: аналіз, синтез – для порівняння досліджуваних факторів; спеціальні: польовий – для визначення ефективності попередників, сортів та норм висіву культури; візуальний і вимірювально-ваговий – для встановлення проходження етапів онтогенезу, забур'яненості та урожайності сої; лабораторний – для визначення показників родючості ґрунту; порівняльно-розрахунковий – для визначення продуктивності, економічної і енергетичної ефективності вирощування пшениці озимої; статистичні: дисперсійний, кореляційний, регресійний – для визначення точності та достовірності експериментальної інформації.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ ВИВЧЕННЯ

(огляд літератури)

1.1. Соя - культура світового значення

Забезпечення основної частини населення продуктами харчування, особливо повноцінними білковими продуктами, є важливим питанням для багатьох країн світу. Проте процес перетворення рослинного білка в тваринний через виробництво комбикормів має неоднозначний характер. Аналіз даних щодо конверсії рослинного білка показує, що найвища енергетична конверсія досягається при виробництві молока (23-28%), яєць (25-31%), м'яса птиці (20-25%) та свинини (15-35%), тоді як найнижча ефективність спостерігається при виробництві яловичини та баранини. [39].

Традиційним джерелом рослинного білка для комбикормів є відходи від виробництва рослинних олій, такі як макуха та шрот соняшнику, ріпаку, сої та інших культур. Соя (*Glycine hispida* (L.)) є однією з найдавніших і найпоширеніших зернобобових культур у світі, що відзначається високим вмістом білка та олії. Зерно сої містить 30-35% білка, 18-25% жиру, 20-30% вуглеводів і 5-7% клітковини, а також значну кількість ферментів, вітамінів, мінеральних і органічних сполук. [27,29].

Високий вміст білка та його добре збалансований амінокислотний склад роблять сою відмінним заміником продуктів тваринного походження в раціоні людини. З зерна сої виготовляють близько 1000 різних продуктів для харчової, молочної, кондитерської та комбикормової промисловості. Це зерно використовується як дієтичний продукт, що містить антисклеротичні речовини, такі як лецитин і нефалін, які є необхідними для живлення нервових клітин, а також як зелений корм для тварин. [9,18]. Соевий білок також є сировиною для виготовлення медичних препаратів, що використовуються в лікуванні діабету, променевої хвороби та інших захворювань. Продукти з сої корисні як молодим, так і дорослим. Харчові вироби з сої становлять важливу частину раціону

багатьох народів, а соєве молоко, тофу, соєвий соус, паста та інші продукти набули популярності не лише в країнах Азії, а й у всьому світі. Враховуючи всі ці аспекти організація ЮНЕСКО визнала сою стратегічною харчовою культурою. **[Помилка! Джерело посилання не знайдено.]**

1.2 Історія походження сої

Більшість дослідників, що вивчають культуру сої, на основі аналізу малюнків і піктографій стародавнього китайського слова “Shu”, що означає “великий біб”. **[Помилка! Джерело посилання не знайдено.]** Відомий давньокитайський вчений Мін-из зазначив, що засновник Китаю Ха-ди (в інших джерелах – Шен-Нунг) жив близько 4320 років тому і закликав народ активно займатися вирощуванням сої, яку вважав однією з п’яти священних культур, необхідних для існування китайської нації, поряд з рисом, пшеницею, чумизою та просом. [25,14] Соя, як лікарська культура, згадується у стародавній китайській книзі з лікарських рослин “Pen Isao Kong Mu” (2838 до н.е.) та в праці “Materia Medica”, де вона відома під назвою “Shi-you” (солоня культура). [56,61,73]. Китайці мають пріоритет у відкритті харчових властивостей сої, яка з давніх часів слугувала заміником м’ясних продуктів і була практично щоденним харчуванням. Загально визначно, що соя є характерним продуктом Китаю. Завдяки високому вмісту повноцінного білка та жиру, соя згадується в багатьох пам’ятниках народного епосу країн Східної Азії. Про її чудесні властивості складали пісні, легенди та оповідання. Соя була другом людини в радощах і бідах, рятуючи від голоду та хвороб. [51,67].

Більшість науковців [19,21,38], які досліджували походження сої, вважають що вона виникла від дикорослих форм внаслідок природної гібридизації або під впливом поступових змін клімату та різноманітних проявів дикорослого стебла. Вони також зазначають що батьківщиною сої є північний Китай, зокрема Маньчжурія, де спостерігається найбільший поліморфізм і велике різноманіття диких родичів [19]. Однак М. Вавилов [16] вважає, що соя походить з регіону, обмеженого гірськими районами Центрального та Східного Китаю, тоді як А. Деканоль [64] відносить її походження до південної Японії та острова Ява.

Хоча соя вирощувалась у Китаї з давніх часів, спочатку вона не мала окремої назви і об'єднувалася з іншими бобовими культурами під загальним терміном “боби”, який позначався як “Сюку” або “Shu”. Згодом з'явилися специфічні назви для сої такі як “Sho” (біб), “Та-тоу” (великий біб). [33]. У Китаї сою висівали навесні, влітку та восени, після чого вона поширилась до Кореї та Японії. [38].

Корея вважається другою країною, де соя стала культурною рослиною та набула значення важливої харчової культури. На Японські острови перші зразки сої потрапили пізніше, приблизно 5-4 тисячі років тому, з Кореї, оскільки давні корейські держави тривалий час колонізували ці території. Це підтверджується повною ідентичністю сортів сої, вирощуваних у Кореї та Японії [45,26].

Л.А Черноглазов активно пропагував вирощування сої на Полтавщині, отримуючи у своєму господарстві щорічно по 82-144 пуди (0,13-0,23 т/га) насіння з десятини та вважаючи цю культуру дуже цінною [46]. У 1882 році сою вирощував І. К. Макаров у Бессарабській губернії, а під Києвом – В. В. Гомилевський [45]. У 1880-х роках соя також з'явилася в окремих господарствах Катеринославської, Таврійської, Чернігівської, Гродненської та інших губерній. На Одеській сільськогосподарській виставці 1884 року демонстрували не лише рослини сої, але й насіння різних сортів та соєве “каву” [13].

Соя вперше потрапила до Європи не як рослина, а у вигляді готового соусу, який наприкінці XVII століття став популярним товаром у торгівлі між Сходом і Заходом. У 1712 році голландський лікар і мандрівник Енгельберт Кампфер після своїх подорожей у 1643-1646 роках по Японії, Індії та інших східних країнах опублікував книгу “Избранное описание растений, собранных в Японии” (*Amoenitatum Eroticum*). У цій праці він описав і проілюстровану рослину сою, а також назвав продукти, які виготовляють і споживають в Японії, включно з рецептами приготування соєвого соусу [68]. Однак, за твердженням В. П. Дерев'янського [26], соя була відома в Європі ще раніше, завдяки записам В. Пояркова, опублікованим у Голландії в 1653 році. Проте популярність вона здобула після Всесвітньої виставки у Відні 1873 року, де китайці представили багато продуктів із сої.

У Англії та Німеччині почали виробляти “соєве борошно” для використання в харчовій промисловості. Після виявлення високого вмісту білка та олії у насінні сої, її стали використовувати для виготовлення олії у насінні сої, її стали використовувати для виготовлення олії, тістечок, мила, але найбільше продукти переробки сої знайшли застосування в харчовій галузі. Швейцарський ботанік-натураліст К. Лінней у своїй праці “Species Plantarum” (1737 р.) вперше описав рослини сої під назвами *Glycine hispida* та *Phaseolus* [73]. Однак ці назви не стали популярними ні в науковій, ні в практичній літературі. Згодом, у 1794 році, німецький ботанік Конрад Мьонх повторно описав рослини сої, але вже під назвою *Soja hispida* Moench.

Наприкінці XIX століття продукти з сої стали товаром, який почали імпортувати Англія, Франція, Німеччина, Італія та інші країни, зокрема соєвий соус з Китаю, Японії та інших країн Сходу. З 1908 року інтерес до сої в Європі значно зріс, що спонукало Ц. Фрувірта заснувати компанію для вирощування сої в Центральній Європі. Однак його ініціатива зазнала невдачі через низьку врожайність цієї культури [28].

Підсумовуючи походження культури сої, можна стверджувати, що українські дослідники зробили вагомий внесок у її поширення на території Європейської частини та загалом у Європі. Серед них варто відзначити І. Подобу, Полтавське товариство сільського господарства, В. Гомилівського та І. Овсінського.

1.3 Народногосподарське значення сої

Соя вже протягом багатьох років є однією з найважливіших сільськогосподарських культур у світовому землеробстві. Її вирощують на всіх п’яти континентах, і вона займає провідні позиції серед зернобобових та олійних культур, відіграючи ключову роль у зерновому, харчовому та кормовому балансах багатьох країн світу [5].

Соя має широкий спектр застосування, проте в основному її використовують для виробництва олії, після чого залишається шрот, багатий на білок. З соєвої олії частково виготовляють біодизельне паливо. Соєвий шрот, як цінне джерело білка, застосовується для виробництва комбікормів та білкового

волокна. Окрім олії, з невеликої частини насіння (близько 20%) виготовляють соєве борошно, яке використовується для отримання ізольованих соєвих концентрованих структурних білків. Ці білки додаються у харчову промисловість для виробництва хліба, тортів, м'яса, ковбасних виробів та інших продуктів. Також існує багато харчових продуктів, включаючи тофу, соєве молоко, соєвий сир, соєвий соус, пасту та інші вироби з сої. Крім білків і олії, насіння сої містить ряд ферментів, вітамінів та спеціальних речовин антиокислювачів, які уповільнюють процеси окислення, що характеризує сою як продовольчу та кормову культуру [59]. Крім того, соя широко використовується в промисловості: з неї виробляють лаки, фарби, пластмаси, клей, лінолеум, мило та мастильні матеріали, що робить цю культуру безвідходною.

За даними АПК-Інформ [53], у 2001 році світове виробництво сої склало 135 млн тонн, що означає зростання в 5,9 разів, а в 2016 році досягло 336,6 млн тонн (зростання в 10,8 разів) порівняно з 1960 роком, коли було вироблено 31 млн тонн. У 2017 році виробництво сої становило 346 млн тонн, що також свідчить про зростання в 11,2 разів. Значення сої у виробництві харчових продуктів, кормів для тваринництва та біопального пального відображається у зростанні валових зборів сої у трьох провідних країнах: США, Бразилії та Аргентині, в період з 2001 по 2016 рік [65]. У 2015 році сою вирощували в 91 країні світу на площі 118 млн гектарів, отримавши 313 млн тонн зерна. За обсягами валових зборів сої країни розподілилися наступним чином: США – 106,8 млн тонн; Бразилія – 96,5 млн тонн; Аргентина – 56,8 млн тонн; Китай – 12,4 млн тонн; Індія – 10,5 млн тонн; Парагвай – 8,5 млн тонн; Канада – 6,1 млн тонн; Україна – 3,9 млн тонн [63].

У XXI столітті відзначається зміна регіону розповсюдження культури сої за посівними площами. Американський континент зайняв перше місце завдяки рівномірному розподілу опадів та теплоти, що створює не лише сприятливі умови для росту і розвитку сої, а й для формування високих врожаїв насіння. У XXI столітті на Північну і Південну Америку припадає 87,9% загальної світової площі посівів сої, тоді як на Азію – 8,4%, Європу – 2,9%, а на Африку – 0,8% [20,28].

В Аргентині у 1961 році площа посівів сої становила близько тисячі гектарів. Однак, починаючи з 80-х років, завдяки підтримці фермерів-соє-виробників, ці площі почали суттєво зростати, і до 2016 року досягли приблизно 25 млн гектарів, на яких було зібрано 55,5млн тон насіння сої. Світове виробництво і ринок сої базуються на трьох основних країнах-виробниках та експортерах: Бразилії, США та Аргентини. Вони формують виробництво та пропозицію для світового імпорту, який забезпечує Китай, що щорічно імпортує 97-100 млн тон сої [48].

Досвід США, Бразилії та Аргентини у вирішенні питання забезпечення білком і олією шляхом виробництва сої вартий уваги та може бути широко застосований в інших країнах світу, включаючи Україну. У Європі вирощування сої здійснюється в 10 країнах (Італія, Франція, Румунія, Угорщина, Болгарія тощо) на площі понад 2 млн га, але основні обсяги виробництва зосереджені в трьох країнах – Італії (1,25 млн т), Франції (0,22 млн т) та Австрії (0,04 млн т) [56].

Президент Української асоціації виробників сої В. В. Тимченко зазначає, що розвиток соєвого сектору в Україні продовжуватиметься, і виробництво соєвих бобів зросте приблизно в 1,2 рази – з 4,28 млн т у 2016 році до майже 5,34 млн т у 2020 році. Це призведе до збільшення обсягів виробництва соєвої олії з 170 до 370 тис. т (в 2, 1 рази) та соєвого шроту – з 750 до 1,13 млн т (в 1,5 рази).

Академік НААН України В. Петриченко прогнозує, що ємність українського ринку сої до 2020 року зросте з нинішніх 4,3 млн т до 5,9 млн т, а до 2025 року – до 6,5-7,0 млн т [49,55,58]. Жодна країна Європи не має таких умов для збільшення виробництва сої, як Україна, завдяки її родючим ґрунтам, сприятливому клімату, значному науковому потенціалу, новітнім сортам та сучасним технологіям вирощування [44,48,51].

Попри значне зростання площ посівів і валових зборів зерна сої протягом останнього десятиліття, прогнозується їх скорочення. Це пов'язано з рішенням уряду України запровадити ПДВ на експорт сої та соняшнику. Метою цього заходу є стимулювання внутрішнього споживання та зменшення експорту шроту та олії. Однак за короткий час суттєво наростити потужності переробки

неможливо, тому експорт все одно триватиме, а площі посівів зменшуватимуться, що призведе до втрат ПДВ для виробників [75].

1.4 Продуктивність сої залежно від попередників та обробітку

Соя культурна – це однорічна трав'яниста рослина з прямостоячим, розгалуженим та стійким стеблом, покритим рудими або білими волосками, висотою від 60 до 100 см (можливі варіації від 20 до 200 см). Її коренева система стрижнева та добре розвинена. Головний корінь досить короткий, але іноді проникає в ґрунт на глибину 1,5 – 2,0 м. Від верхньої частини головного кореня відходять бічні корені першого – четвертого порядків, які розташовані у шарі ґрунту 0-30 см і складають близько 60% маси кореневої системи. На головному та бічних коренях утворюються численні кореневі волоски, а при інокуляції активними штамми бульбочкових бактерій формуються бульбочки різних розмірів, у яких відбувається біологічна фіксація азоту [7,12,65].

Соя - це вологолюбна рослина короткого дня, яка виросла в умовах мусонного клімату і погано переносить затінення. Водночас вона демонструє значну адаптивність до різних умов вирощування, про що свідчить широкий ареал її поширення. Протягом тисячоліть у різних екологічних регіонах сформувалися форми сої з різною реакцією на навколишнє середовище [44,49,50].

Після сівби насіння сої починає набухати, поглинаючи від 130% до 160% води від власної маси. Для нормального процесу набухання необхідно мати запас вологи в ґрунті приблизно 30 мм у шарі 0-20 см. Після завершення набухання в насінні активізуються процеси росту, формуючи головний (ростовий) корінь, який поступово заглиблюється в ґрунт. Одночасно на кінці кореня з'являються волоски, а підсім'ядольне коліно, яке через 5-7 днів після сівби виходить на поверхню ґрунту у вигляді паростка з двома білими сім'ядолями. На етапі появи сходів головний корінь і паросток використовують поживні речовини з насіння, а з частковою появою зеленуватої пігментації на сім'ядолях починається самостійне живлення молоді рослини. Бічні корені, особливо великі, спочатку ростуть горизонтально на відстань 40-70 см від головного кореня, а потім

починають заглиблюватись на різну глибину в залежності від типу ґрунту, способів обробітку та температури в орному шарі тощо [27,34].

Для рослин сої характерне поверхнєве розміщення основної частини коренів, більшість із яких залягає в шарі ґрунту 0-30 см, а в родючих ґрунтах за достатнього зволоження — в шарі від 30 до 60 см [78].

На початкових етапах росту корені сої розвиваються швидше, ніж стебло. Наприклад, на третій день після появи сходів довжина головного кореня становила 18 см, а на п'ятий день — 25 см, тоді як довжина паростка (стебла) становила лише 7 см. Динаміка добового приросту висоти рослин сої показує, що в період від 5 до 25 днів після сходів приріст висоти був незначним — від 0,21 до 0,75 см за добу, і лише з 25 дня вегетації інтенсивність росту стебла різко зросла, досягнувши максимуму 1,21-1,72 см за добу у міжфазний період від бутонізації до початку цвітіння [53, 54].

Обробка ґрунту є ключовим етапом у вирощуванні сої як на насіння, так і в якості попередника. Вона є основою для подальших технологічних операцій у вирощуванні сої. Якісний обробіток забезпечує оптимальні водно-повітряні, теплові та поживні умови, збереження вологи, боротьбу з бур'янами, заробку мінеральних та органічних добрив, вирівнювання поверхні поля, а також створює сприятливі умови для розвитку кореневої системи та азотфіксації бульбочковими бактеріями [27,58]. В Україні найпоширенішим методом є традиційна оранка з використанням полицевих плугів, яка забезпечує ефективне зароблення післяжнивних решток. Рідше застосовуються поверхневий та нульовий обробіток ґрунту.

Вибір системи обробки залежить від кліматичних умов, особливостей ґрунту, технічних можливостей господарства, рівня забур'яненості та попередніх культур. Будь-який метод обробітку має забезпечувати максимальне накопичення вологи, відповідну щільність ґрунту, боротьбу з бур'янами та рівномірний розподіл поверхні поля, що сприяє дружним сходам та мінімізує втрати врожаю [12].

Збільшення пористості орного шару сприяє зростанню вологості у осінньо-весняний періоди, покращує аерацію та активність азотфіксуєючих бактерій у

вегетаційний період [44]. Дослідження показують, що глибина оранки має бути адаптована до типів ґрунту, попередньої культури та ступеня забур'яненості поля. Багато вчених вважають, що соя не є вимогливою до глибини обробітку, проте існують і протилежні думки, які свідчать про позитивний вплив глибокої оранки на врожайність [23].

Глибока оранка сприяє кращому розвитку кореневої системи та підвищенню врожайності, а також ефективніше бореться з бур'янами, хворобами та шкідниками. При плануванні глибини обробітку важливо враховувати глибину оранки під попередню культуру [53]. В сучасному землеробстві зростає популярність мінімального та нульового обробітку, які зберігають рослинні рештки на поверхні ґрунту [51,64]. Ці методи знижують енергетичні витрати та скорочують кількість технологічних операцій, а технологія No-till вважається перспективною у глобальному контексті, особливо в країнах-лідерах з виробництва сої, таких як США, Бразилія, Аргентина та Канада [66,73].

В Україні технології мінімального обробітку та No-till також стають дедалі популярнішими, дозволяючи отримувати хороші врожаї сої навіть за зменшення глибини обробітку. Дослідження показують, що хоча оранка часто дає вищі врожаї, мінімальний обробіток і пряма сівба залишаються економічно привабливими альтернативами [69].

Щодо удобрення, потреби сої в поживних речовинах змінюються на різних стадіях її розвитку. На початках вегетації соя споживає менше поживних речовин, тоді як під час формування бобів потреба у них різко зростає [37,43]. Ефективне удобрення також залежить від типу сорту: пізньостиглі сорти краще використовують поживні речовини з глибинних шарів ґрунту, тоді як ранньостиглі сорти потребують більш інтенсивного живлення [59,66]. Важливим чинником підвищення врожайності є передпосівна інокуляція насіння азотфіксуючими бактеріями, що має значний вплив на продуктивність культури, особливо у США, Бразилії, Аргентині та Канаді, де вона застосовується майже повсюдно [60].

Отже, для підвищення продуктивності сої необхідно розробити комплексний підхід до технології її вирощування, враховуючи обробіток ґрунту, вибір попередника та сорту, а також оптимізацію удобрення [78].

1.5 Вплив культивації сої на родючість ґрунту в сівозміні

За словами провідних світових дослідників сої [65], у ключових країнах-виробниках цієї культури, її агротехніка є зразком практичного застосування наукових досягнень у галузі селекції, насінництва, фізіології, фітопатології, систем обробітку ґрунту, а також розробки техніки та економічних аспектів. Завдяки такому комплексному підходу соя стала однією з найпривабливіших і найбільш прибуткових культур [77]. Вона не лише забезпечує виробництво рослинної олії та білка, але й є важливим джерелом валютних надходжень через експорт знежирених шротів.

Ще здавна було відомо про здатність сої покращувати властивості ґрунту завдяки її розвинутій кореневій системі, що проникає глибоко в ґрунт. Це сприяло збереженню родючості та вологи, а також покращенню структури ґрунту. Густе листя сої, її здатність збагачувати ґрунт азотом через біологічну азотфіксацію та діяти як сидерат зробили її цінною культурою. Крім того, соя добре підходить для вирощування в умовах обмеженої кількості вологи, у змішаних та проміжних посівах. Завдяки стійкості до посухи та позитивному впливу на родючість ґрунту, соя у ХХ столітті стала придатною для вирощування майже в усіх регіонах світу [19].

Головною перевагою сої, що зробила її популярною у багатьох системах землеробства, є здатність ефективно фіксувати азот з повітря завдяки взаємодії з бактеріями роду *Rhizobium*, які формують бульбочки на коренях. Ці бактерії походять з основного (Китай) і вторинного (Індія) центрів походження сої та поділяються за темпами росту на швидкорослі, повільнорослі та проміжні [26,28]. Найпоширенішими та найактивнішими є повільнорослі бактерії виду *Bradyrhizobium japonicum* [70,71,72]. Як зазначають Вожегова Р. та ін. [31], в ґрунтах України майже немає природної азотфіксувальної мікрофлори, що

зумовлює необхідність інокуляції насіння сої спеціальними (активними) штамами мікроорганізмів, вирощених штучно.

Інокуляція сої у регіонах із тривалою історією вирощування підвищує врожайність на 10-15%, а в нових районах, де немає бульбочкових бактерій, — більш ніж на 50% [69,74,76]. Бактерії *Bradyrhizobium japonicum* проникають у кореневі волоски, утворюючи бульбочки, які фіксують азот. За даними американських дослідників, бульбочки з'являються на 4-й день, а за вітчизняними — через 7-10 днів [13]. Процес азотфіксації активізується на 4-му тижні та триває до старіння рослин. Врожайність сої залежить від багатьох факторів, таких як розмір кореневої системи, кислотність та аерація ґрунту [53, 68,79].

У різних країнах соя фіксує від 40 до 500 кг азоту на гектар, залежно від умов культивування [15,21,78]. У богарних умовах фіксується 100 кг N/га, а при зрошенні — до 248 кг N/га. Вона забезпечує до 70-75% своїх потреб в азоті за рахунок фіксації [53]. Соя також збагачує ґрунт біомасою, залишаючи від 21,7 до 60 кг/га азоту, що позитивно впливає на наступні культури в сівозміні [77].

РОЗДІЛ 2

МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ, УМОВИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Локація досліджень, ґрунтові та агрокліматичні умови в роки їх проведення

Експериментальні дослідження, що стосуються впливу попередників і обробітку ґрунту під сою, були проведені в Правобережному Лісостепу України протягом 2023-2024 років у дослідній сівозміні “ПОСП Іванівське” в селі Іванівка Богуславського району Київської області.

Вивчений ґрунт – це типовий малогумусний чорнозем. Згідно з агрохімічним аналізом початкових зразків, вміст гумусу (за Тюріним) у шарі 0-30 см становить 3,84 %, лужногідролізований азот – 180-182 мг/кг, рухомий фосфор (за Чириковим) – 106 мг/кг, а рухомий калій (також за Чириковим) – 81 мг/кг. Ґрунт має середній рівень забезпечення азотом, фосфором і калієм. Значення рН_{сол.} дорівнює 6,90, гідролітична кислотність становить 2,64 мг/екв на 100 г ґрунту, а ступінь насичення основами – 88%. Отже, цей ґрунт є типовим для досліджуваної зони, має високий потенціал родючості та здатен забезпечити стабільні й високі врожаї сільськогосподарських культур за умови своєчасного і якісного виконання технологічних операцій в сприятливих метеорологічних умовах.

Клімат у зоні досліджень помірний із нестійким зволоженням. Зими холодні з великою амплітудою температури, а весна й літо відзначаються нерівномірним розподілом опадів, іноді супроводжуваних посушливими явищами. Оподи часто мають зливовий характер, а вітри дмуть переважно з заходу й південного заходу. Осінь помірно тепла. Середньорічна кількість опадів становить від 340 до 600 мм, з яких близько 350 мм випадає за вегетаційний період. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за останні 30 років становить 1,2. Середня температура повітря дорівнює +7,2°C, з коливаннями від 4,5°C до 9,5°C, а середня відносна вологість – 78%.

Зимовий період триває 112 днів, з коливаннями від 87 до 132 днів, характеризується різкими змінами температури, відлигами і морозами. Мінімальна зимова температура коливається від -9 °C до -35,5 °C, а постійний

сніговий покрив тримається близько 80 днів. Безморозний період триває 160 днів, а вегетаційний – 160 днів, починаючи з першої декади квітня до другої декади листопада, з сумою позитивних температур 2600-2900 °С.

Навесні спостерігаються високі температури, які можуть досягати +39 °С влітку, що негативно впливає на сільськогосподарські культури. Загалом, кліматичні умови в зоні досліджень є сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема сої.

2.2. Агрометеорологічні умови

Загалом погодні умови під час проведення досліджень відповідали агрокліматичній зоні, проте кожен рік мав свої специфічні особливості щодо температурного режиму, вологості та коефіцієнта зволоження за Івановим, що неминуче вплинуло на ріст і розвиток сої.

Таблиця 2.1

Коефіцієнт істотності відхилень 2023-2024 рр

Роки	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
2022	-0,2	0,1	0,2	-2,0	-1,5	0,3
2023	0,2	1,2	-0,1	-1,5	-0,3	-0,7
2024	-0,3	-0,5	-1,1	0,3	-1,3	-0,9

Коефіцієнт істотності відхилень погодних умов за кількістю опадів і середньомісячною температурою повітря від багаторічної норми (Кі) використовується як критерій відповідності фактичних погодних показників багаторічній нормі, тобто як критерій типовості. Відхилення вважаються неістотними, коли значення Кі менше ± 1 , істотними – у межах $\pm 1-2$, а екстремальними – при Кі більше ± 2 [81].

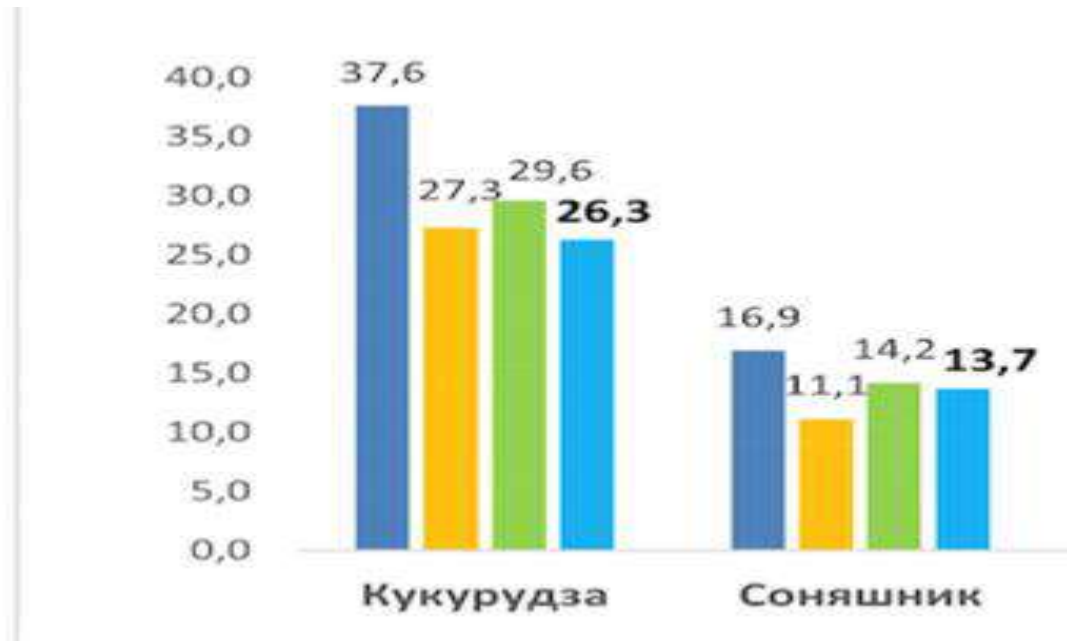


Рис. 2.1 Характеристика погодних умов за показником температури повітря (за 2023-2024 рр)

У 2023 році в центральних і південних регіонах, де спостерігалася значна спека і нестача опадів, рослини потерпали від нестачі вологи, що призвело до суттєвого зниження врожайності сої. Наприклад, у східних регіонах рослини не досягали повної зрілості, а кількість бобів на рослині була низькою через стрес від спеки. Очікувана врожайність у цих регіонах - близько 0,8-1 т/га, що значно нижче середнього рівня.

На заході України погодні умови були трохи кращими, і там соя мала більш сприятливі умови для росту, хоча і з меншими врожаєм порівняно з попереднім роком. У цьому регіоні врожайність досягала 1,8-3 т/га.

У 2024 році прогнозується подальше зниження середньої врожайності до 2,3-2,4 т/га, хоча загальний валовий збір буде вищим завдяки розширенню площ під соєю.

У червні умови для вегетації сої були сприятливими, оскільки спостерігалася достатнє зволоження ($K_{зв} = 1,81$). Проте серпень характеризувався посушливістю ($K_{зв} = 0,14$). Аналіз метеорологічних умов 2016 року показав значні відхилення зволоження від середньобогаторічних норм. Травень був істотно зволеним ($K_i = 1,3$), тоді як липень виявився значно посушливим ($K_i = 1,8$). Серпень демонстрував тенденцію до зниження кількості опадів ($K_i = 0,6$).

Температурний режим також відзначався істотними відхиленнями: квітень і липень були екстремально теплими ($K_i = 3,5$ і $2,7$), а червень, серпень і вересень показали підвищення температури ($K_i = 1,3-1,5$). Загалом умови 2016 року були сприятливими для росту сої, зокрема квітень, травень, червень і серпень забезпечували достатнє зволоження, окрім липня, який був посушливим ($K_{зв} = 0,31$).

Найгірші погодні умови спостерігалися в 2024 році, коли кількість опадів була найменшою (223 мм) і спостерігалися високі температури у червні, липні та серпні ($K_i = 1,8, 1,5$ і $2,5$). Особливо низьке зволоження було у травні й червні ($K_{зв} < 0,4$), що прирівнювало ці місяці до умов пустелі.

Загалом погодні умови вегетаційного періоду досліджуваних років значно відрізнялися як між собою, так і від середньобогаторічних показників. Періоди надмірної кількості опадів чергувалися з посушливими періодами, що негативно впливало на розвиток сої. Однак середні погодні умови за весь вегетаційний період виявилися в межах норми, що дозволяє розуміти вплив цих умов на ріст і розвиток рослин, а також процеси в ґрунті.

2.2 Схема та методи проведення досліджень

Дослідження проводились в такі роки 2023-2024 рр у польових умовах “ПОСП Іванівське” в селі Іванівка Богуславського району Київської області.

Фактор А – попередники:

1. кукурудза на зерно;
2. соняшник;

Фактор Б – обробіток ґрунту:

1. полицевий (оранка на глибину 20-22 см) – (контроль);
2. безполицевий (чизель-глибокорозпушувач АГР-1,7 на глибину 20-22 см);

Площа посівної ділянки складала 250 м^2 ($10 \times 25 \text{ м}$), облікової — 180 м^2 ($9 \times 20 \text{ м}$), з чотириразовою повторністю досліду і рендомізованим розміщенням. Для досягнення цілей досліджень проведено обліки та аналізи, описані у науковій літературі.

Фенологічні спостереження здійснювали за методикою державного сортовипробування, фіксуючи початок та завершення фаз росту для 10% і 70% рослин відповідно.

Запаси вологи визначали термостатно-ваговим методом для глибини до 1 м, беручи проби з різних шарів ґрунту, розраховували сумарні показники та коефіцієнт водоспоживання.

Структурно-агрегатний стан ґрунту визначали за методикою Саввінова, щільність ґрунту — методом різального кільця, пористість — розрахунковим шляхом.

Наявність поживних речовин визначали за допомогою іон-селективного електроду для азоту та інших методів для фосфору і калію.

Облік маси коренів проводили методом виїмки ґрунту на площі 0,1 м², з відмиванням і зважуванням коренів.

Післяжнивні рештки обліковували на площі 1 м², а кількість соломи — за сноповими зразками.

Облік врожаю здійснювали суцільним обмолотом облікових ділянок із корекцією на чистоту і вологість.

Якість врожаю оцінювали методом інфрачервоної спектроскопії.

Продуктивність розраховували в зернових та кормових одиницях за відповідними таблицями.

Продуктивність була оцінена порівняльним методом на основі обсягу продукції з 1 га сівозмінної площі, з використанням зернових одиниць, кормових одиниць та перетравного протеїну, відповідно до коефіцієнтів В.Д. Гревцова та таблиць М.Ф. Томме.

Аналіз погодних умов і їхньої змінності у 2023-2024 роках проводився в порівнянні з багаторічними середніми показниками за критерієм коефіцієнта суттєвості (істотності) відхилень (K_c) елементів агрометеорологічного режиму для кожного року відповідно до формули:

$$K_c = \frac{E - M}{S} \quad K_c = SE - M$$

де

K_c - коефіцієнт суттєвості відхилень,

E - елемент поточної погоди,

M — середньобогаторічний показник,

S — середнє квадратичне відхилення,

i — порядковий номер року.

Рівень коефіцієнта суттєвості визначався за наступною шкалою:

$0 \div 1$ — умови близькі до звичайних,

$1 \div 2$ — умови істотно відрізняються від середніх багаторічних,

• 2 — умови наближаються до екстремальних.

Коефіцієнт зволоження обчислювався як відношення річної кількості опадів до випаровуваності за той же період за формулою Н.М. Іванова:

$$K_{зв} = \frac{P}{f} \quad K_{зв} = fP$$

де P — кількість опадів (мм), f — випаровуваність (%) за той же період.

Випаровуваність обчислювали за формулою:

$$f = 0,018 \cdot (t + 25)^2 \cdot (100 - R) \quad f = 0,018 \cdot (t + 25)^2 \cdot (100 - R)$$

де t — середня температура за період ($^{\circ}\text{C}/\text{рік}$), R — середня відносна вологість (%).

Економічну оцінку вирощування сої за різними попередниками і обробітками ґрунту виконували за методичними рекомендаціями Ю.П. Манька, розробленими на основі сучасних методів розрахунку економічних показників із використанням технологічних карт та цін і тарифів, що діяли в період досліджень.

Енергетичну ефективність розраховували згідно з методикою енергетичного аналізу сільськогосподарського виробництва О.К. Медведовського та П.І. Іваненка, підраховуючи всі витрати на виробництво у вигляді сукупної енергії, що вкладалася в основні та оборотні засоби, трудові ресурси та кількість енергії, накопиченої в урожаї.

Варіаційно-статистична обробка даних виконувалася за допомогою математично-дисперсійного методу з кореляційним аналізом, використовуючи

електронні таблиці Excel з MS Office 2010, версія Rus Professional, та програму «Statistica 10».

2.3 Агротехнологічні умови в польовому досліді

Система обробітку ґрунту

Технологія вирощування сої у дослідженні відповідає загальноприйнятим нормам для даного регіону. Агротехнічні заходи включали дворазове дискування ґрунту після збирання попередньої культури. Основний обробіток ґрунту (згідно зі схемою досліду) здійснювали відповідними знаряддями.

полицевий обробіток ґрунту (оранка на глибину 20-22 см) – (контроль) – ПН 5-35;

безполицевий обробіток ґрунту (чизель–глибокорозпушувач АГР-1,7 на глибину 20–22 см);

Передпосівний обробіток ґрунту був спрямований на створення оптимальної структури посівного шару з ущільненим ложем для насіння та дрібногрудочкуватим шаром зверху. Для цього проводили культивуацію агрегатом СОМРАКТОМАТ. Посів сої здійснювали рядковим способом за допомогою сівалки Great Plains 605 NT, а після сівби, за потреби, проводили коткування кільчасто-шпоровими котками КЗК-6.

Система удобрення.

Для забезпечення сої поживними елементами добрива вносили під час основного удобрення та при посіві. Фосфорні та калійні добрива (Р60К60 кг/га) у вигляді суперфосфату простого (16 % P_2O_5) та хлористого калію (60 % K_2O) застосовували під основний обробіток ґрунту. Навесні проводили передпосівну культивуацію на глибину 6-8 см із прикочуванням для створення сприятливих умов для сівби. Під час цієї культивуації вносили азотні добрива (45 кг/га) у вигляді аміачної селітри (34,6 % N).

Система захисту від шкідників.

Для контролю бур'янів та інших шкідливих організмів на полях сої використовували сучасні рекомендовані пестициди, враховуючи еколого-економічні пороги шкідливості. Система захисту включала обробку насіння Вітаваксом 200 ФФ (3 л/т) та Біоінокулянтном БТУ (2 л/т) перед сівбою. Для

захисту від хвороб застосовували фунгіциди Імпакт 25% к.с. (0,5 л/га) та Фалькон (0,6 л/т). Проти бур'янів використовували ґрунтові гербіциди Дуал Голд 960 ЕС к.е. (1,5 л/га) + Гезагард 500 FW к.с. (2,0 л/га) і страхові – Базагран 48% (2 л/га) + Пульсар 40% (1 л/га). Для боротьби зі шкідниками застосовували Пірінекс супер (0,75-1,25 л/га). Збирання сої здійснювали прямим комбайнуванням комбайном «САМПО 130» з подальшим перерахунком на 100% чистоту та 12% вологість.

РОЗДІЛ 3

РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ І ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

3.1. Формування водного режиму ґрунту за вирощування сої

Накопичення сухої речовини у вегетативній масі, а також процеси мінерального живлення і фотосинтезу в рослинах найбільш ефективно відбуваються за умов достатньої вологості ґрунту. Зниження рівня доступної води призводить до порушення життєвих функцій рослин, деградації клітин, затримки розвитку тощо. Вивчення впливу агротехнічних заходів на накопичення води у ґрунті є важливим як в умовах сучасного землеробства, так і в контексті змін клімату, адже це впливає на стабільність урожаю.

Крім того, біологічні особливості культур щодо споживання води слід враховувати при виборі попередників у сівозміні. Це сприяє раціональному використанню води з ґрунту та опадів, зменшуючи водний стрес під час вегетації. Важливим фактором також є вибір методу обробітку ґрунту, що допомагає накопичувати та зберігати воду. Таким чином, враховуючи кліматичні умови та біологічні характеристики культур, можна оптимізувати використання водних ресурсів для отримання високих і стабільних урожаїв.

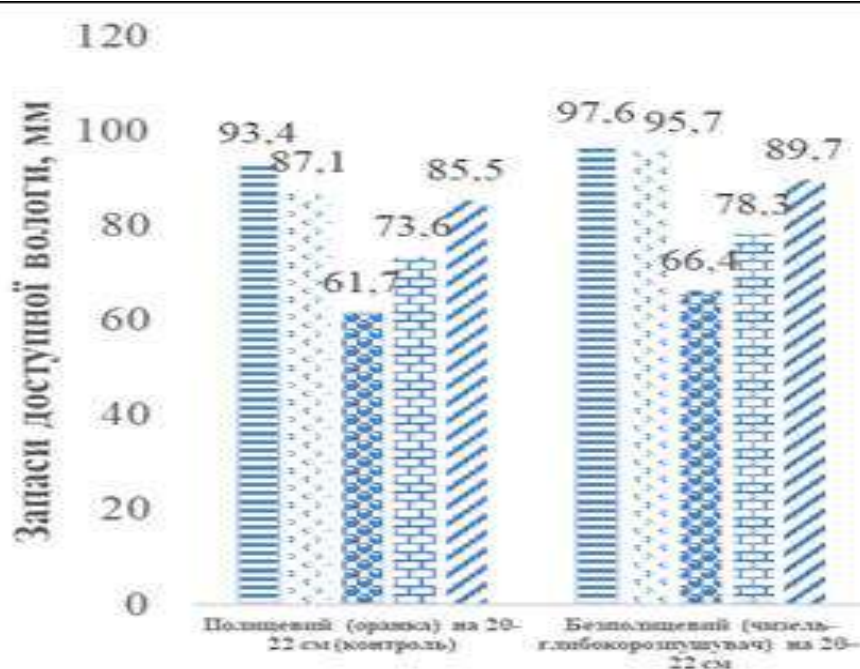


Рис. 3.1. Обробіток ґрунту: кукурудза на зерно, соняшник.

Запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0-100 см на момент збирання попередників, у середньому за 2023-2024 роки, залежали від способу обробітку ґрунту. Після озимої пшениці ці запаси коливалися від 93,4 мм при оранці до 99,2 мм при прямій сівбі. Після ячменю вологозапаси варіювалися від 87,1 до 98,4 мм залежно від способу обробітку. Найменші запаси вологи накопичувалися після кукурудзи та соняшнику. Після кукурудзи запаси вологи у шарі ґрунту становили від 61,7 до 68,5 мм, а після соняшнику — від 73,6 до 79,9 мм, залежно від типу обробітку. Оранка призводила до найменших запасів вологи, тоді як мінімізація обробітку сприяла їх збільшенню. Після збирання сої запаси доступної вологи займали проміжне місце серед досліджуваних попередників і становили від 85,5 мм при оранці до 93,5 мм при прямій сівбі.

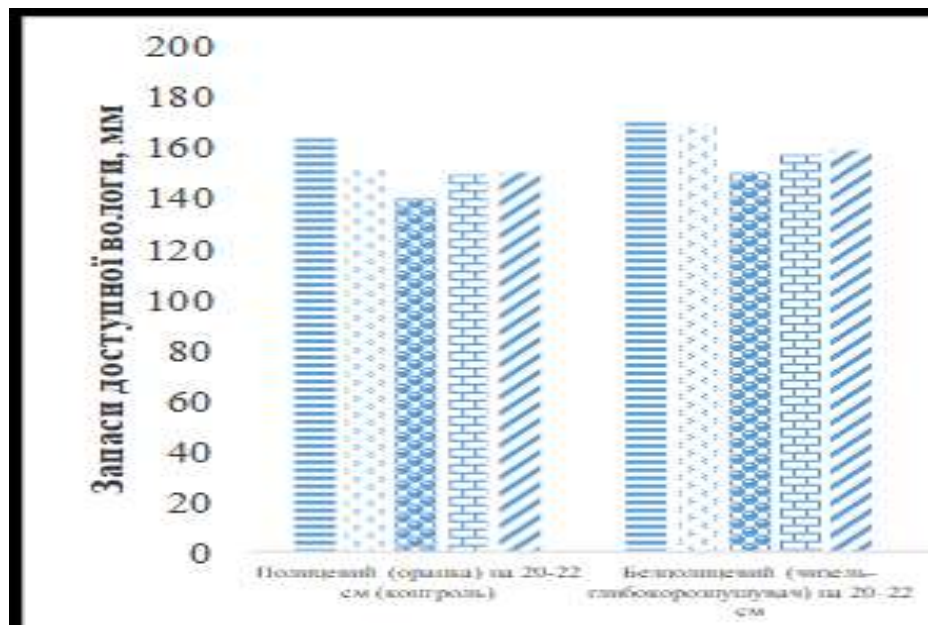


Рис.3.2 Обробіток ґрунту: кукурудза на зерно, соняшник.

Запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0-100 см на час сівби сої, середнє за 2023-2024 рр.

Проте загальні закономірності відносно попередників і обробітку ґрунту зберігаються. Найбільші запаси доступної вологи акумулювалися після зернових колосових культур, де залежно від обробітку ґрунту вони варіювали від 151,6 до 173,5 мм. Після кукурудзи на зерно запаси продуктивної вологи, на час сівби сої, мали найменші значення, серед досліджуваних попередників, і становили від

140,1 мм у варіанті з оранкою до 154,1 мм за прямої сівби. Соняшник і соя як попередники забезпечили рівнозначні запаси доступної вологи які залежно від обробітку становили від 149,3 до 164,1 мм.

Слід зазначити, що за зимовий і ранньовесняний періоди накопичення вологи опадів у ґрунті відбувається у зворотному напрямку: найбільше – після попередників, показник забезпечення вологою яких на час їх збирання був найнижчим і, навпаки, менше – після попередників, які характеризувалися високою забезпеченістю ґрунту вологою (рис. 3.3, додаток Б).

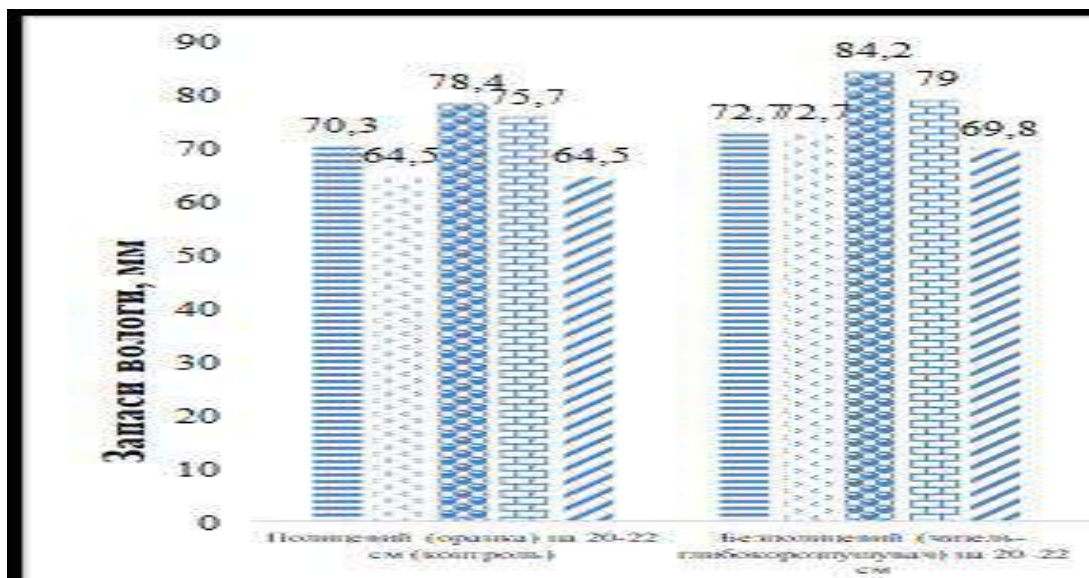


Рис. 3.3 Обробіток ґрунту: кукурудза на зерно, соняшник.

Таблиця 3.1

Зміни в запасах доступної вологи в ґрунтовому шарі 0-100 см протягом весняно-літнього періоду, за середніми даними 2023-2024 років

Попередник	Запас вологи в ґрунті, мм	Витрати вологи ґрунту, мм	Випало опадів за період, мм	Загальні витрати вологи
	I	II	I	II
Кукурудза на зерно	142/80,0	152/86,0	171/96,0	169/95,5
Соняшник	151,0/82,0	158,0/86,0	161,0/88,0	159,0/87,5

*Примітка.** Кількість опадів у зазначений період згідно агрометеорологічного бюлетеня [1]. I – на початку вегетації. II – у кінці вегетації.

Результати досліджень, викладені в цьому підрозділі, дозволяють зробити такі висновки:

1. Під час сівби сої найбільші запаси доступної вологи у метровому шарі ґрунту спостерігалися після вирощування зернових колосових культур. Для сої, вирощеної після соняшника та сої, запаси вологи були подібні і становили 149,3 і 150,0 мм за оранки та 162,2 і 164,1 мм за прямої сівби. Найменші запаси вологи зафіксовані після кукурудзи на зерно – від 140,1 до 154,1 мм.

2. Найбільші загальні витрати вологи з ґрунту та опадів за вегетаційний період сої, в залежності від попередника, становили: для для для кукурудзи на зерно – 277,5 мм, для соняшника – 284,8 мм. Було встановлено, що зменшення обробітку ґрунту призводить до збільшення загальних витрат вологи.

3. На чорноземі типовому Правобережного Лісостепу рослини сої найбільш ефективно використовують вологу, коли їх розміщують після озимої пшениці за чизельного обробітку ґрунту, тоді як найбільші витрати спостерігаються після кукурудзи на зерно та соняшника за поверхневого обробітку ґрунту і прямої сівби. Сумарні витрати вологи на формування одиниці сухої речовини врожаю сої після кукурудзи на зерно коливаються від 475 м³/т при оранці до 623 м³/т при прямій сівбі. Після соняшника, в залежності від обробітку ґрунту, вони варіюються від 442 до 621 м³/т.

3.2 Агрофізичні властивості ґрунту за вирощування сої

Одним із ключових заходів, спрямованих на підвищення врожайності сільськогосподарських культур та родючості ґрунту, є правильний обробіток ґрунту. Головне завдання обробітку полягає у створенні оптимальної структури оброблюваного шару ґрунту та його структурного стану, що регулює агрофізичні, біологічні та агрохімічні процеси, що відбуваються в ньому. Обробіток відіграє важливу роль у захисті ґрунтів від водної та вітрової ерозії, а також у захисті посівів сільськогосподарських культур від шкідливих організмів, таких як бур'яни, шкідники та збудники хвороб. Виходячи з цього, важливим є

удосконалення існуючих і розробка нових методів та систем обробітку ґрунту для кожної ґрунтового-кліматичної зони України.

У сучасних умовах ефективне використання земель, збереження і підвищення родючості ґрунту, а також забезпечення високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культур можливе лише за рахунок дотримання науково обґрунтованих систем землеробства. Важливим елементом підвищення продуктивності ріллі є раціональний механічний обробіток. Основні показники, що характеризують фізичні властивості ґрунтів, включають щільність твердих частин ґрунту, щільність структури та пористість, а науковою основою для визначення глибини обробітку є різниця між фактичними та оптимальними параметрами щільності ґрунтових шарів.

Зростання енергоємності сільськогосподарського виробництва під впливом посиленого антропогенного тиску на ґрунти сприяє процесам агрофізичної деградації. Водночас підтримка фізичних властивостей ґрунту в оптимальному діапазоні є необхідною умовою для ефективного використання інших агротехнічних заходів, що, в свою чергу, впливає на формування врожайності сільськогосподарських культур. Тому важливим є пошук систем обробітку та технологій, які б зменшували негативний вплив на ґрунт, забезпечуючи при цьому оптимальні умови для розвитку та формування продуктивності культур.

Чорноземам притаманні генетично обумовлені фізичні властивості, що дозволяють широко застосовувати мінімальний обробіток ґрунту. Дослідження показали покращення параметрів фізичних властивостей ґрунту при зменшенні його обробітку. Проте науковці вказують на незначний вплив глибини та методів обробітку на щільність оброблюваного шару ґрунту.

Отже, для успішного впровадження мінімальних технологій обробітку ґрунт повинен мати фізичні властивості, близькі до оптимальних для вирощування сільськогосподарських культур. Саме тому дослідження впливу обробітку ґрунту на його агрофізичні властивості є актуальним для конкретних ґрунтового-кліматичних умов.

Щільність і пористість ґрунту

Щільність ґрунту є ключовим показником фізичних властивостей, що впливає на ґрунтові режими, технологічні характеристики та якість обробітку, а отже, й на врожайність культур.

Наприклад, щільність верхнього шару (0–10 см) під час сівби сої при оранці на глибину 20–22 см становила 1,22–1,25 г/см³. Чизельний та дисковий обробітки на відповідних глибинах забезпечили щільність на 0,02–0,03 г/см³ вищу. Аналізуючи загальний шар ґрунту (0–30 см), оранка та безполицевий обробіток показали подібні результати щільності, з ростом значень від верхнього до нижнього шару.

Структурно-агрегатний склад чорнозему типового за вирощування сої

Обробіток ґрунту є ключовим заходом для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і родючості ґрунту. Ефективність цього агротехнічного заходу, що створює оптимальний структурний стан ґрунту, є важливим питанням, яке потребує значної уваги. Структура ґрунту визначає повітряні, водні та поживні режими, що, у свою чергу, впливає на отримання високих і стабільних врожаїв. [48,53,76]

Таблиця 3.2

Вплив способів обробітку ґрунту та попередників на структурно-агрегатний склад чорнозему типового за вирощування сої, середнє за 2023–2024 рр

Шар ґрунту, см	Розмір фракцій, мм	Полицевий обробіток ґрунту (оранка) на 20–22 см (контроль)		Безполицевий обробіток ґрунту (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22см	
		Кукурудза на зерно			
		I	II	I	II
0–10	>10	14,01	11,51	13,50	11,30
	10–0,25	64,69	72,59	66,70	74,00
	<0,25	21,30	15,90	19,80	14,70
10–20	>10	16,46	14,16	15,63	13,63
	10–0,25	68,34	69,64	71,27	72,17
	<0,25	15,20	16,2	13,10	14,20
20–30	>10	20,69	17,69	22,55	19,95
	10–0,25	66,61	69,48	67,17	69,62

	<0,25	12,7	12,83	10,28	10,43
	Середнє	33,3	33,3	33,3	33,30
	Sx	8,36	9,33	8,85	9,70
	V%	75,2	84,0	79,7	87,30
	S	25,08	28,00	26,56	29,09
	НІР₀₅	25,19	28,12	26,67	29,21
		соняшник			
0–10	>10	14,15	11,75	13,75	11,40
	10–0,25	63,73	71,85	65,14	72,72
	<0,25	22,12	16,4	21,11	15,88
10–20	>10	17,16	14,96	16,83	15,08
	10–0,25	67,63	68,91	69,02	69,75
	<0,25	15,21	16,13	14,15	15,17
20–30	>10	23,39	20,49	23,05	20,70
	10–0,25	65,4	67,96	66,78	68,90
	<0,25	11,21	11,55	10,17	10,40
	Середнє	33,3	33,3	33,3	33,3
	Sx	8,27	9,17	8,55	9,34
	V%	74,5	82,5	76,9	84,0
	S	24,82	27,50	25,64	28,01
	НІР₀₅	24,92	27,61	25,74	28,13

Зміни структурно-агрегатного складу ґрунту переважно залежать від способу обробітку. У верхньому шарі (0-10 см) вміст агрономічно цінних агрегатів при оранці на 20-22 см варіював від 62,76 до 64,69 %. Безполицевий чизельний обробіток збільшував цей показник до 64,54-66,70 %,

У шарі 10-20 см тенденція до зростання частки агрономічно цінних агрегатів зберігалася, але їх кількість зменшувалася з глибиною. За оранки частка мікроагрегатів (<0,25 мм) становила 21,3-22,41 %, а при безполицевому обробітку — 19,8-21,25 %.

У шарі 20-30 см незалежно від обробітку частка пилюватої фракції зменшувалася, тоді як брилиста зростала. Протягом вегетації сої спостерігалось збільшення агрономічно цінної фракції за рахунок зменшення пилюватої і брилистої. Найвища частка фракції 10-0,25 мм була у верхньому шарі, при оранці — 70,8-72,6 %, безполицевому обробітку — 71,5-74,0 %.

3.3. Поживний режим чорнозему типового за вирощування сої після різних попередників і обробітків ґрунту

Однією з основних умов родючості ґрунту є вміст поживних речовин, необхідних для росту рослин та мікробіологічної діяльності. Доступність цих речовин визначає поживний режим ґрунту, оскільки здатність забезпечити рослини елементами живлення залежить не лише від загального вмісту, а й від кількості доступних форм. Дослідження показують, що рослини, крім води та азоту, поглинають зольні елементи, такі як калій, кальцій, магній та інші. Наявність поживних речовин у ґрунті є критично важливою для нормального розвитку рослин, тому накопичення їх у достатній кількості є основним завданням агрономії.

Чорноземи, на відміну від інших ґрунтів, містять високий рівень поживних елементів: азоту — 0,15-0,30 %, фосфору — 0,10-0,28 %, калію — 2-3 %. У перерахунку на запаси в кореневмісному шарі це становить 32 т/га азоту, 24 т/га фосфору та 400 т/га калію. Проте доступні форми азоту на чорноземах складають лише 1-2,5 % від загального вмісту, що означає, що рівень забезпеченості рослин азотом протягом вегетаційного періоду визначається його мінеральними формами та нітрифікаційною здатністю.

Процеси переходу живлення з нерухомих форм у рухомі впливають на їх засвоєння рослинами. У результаті тривалих перетворень важкодоступні форми елементів стають доступними у ґрунтовому розчині, що визначає хімічний склад рослин. Порушення поживного режиму можуть призвести до небажаних наслідків для рослин.

Зокрема, дослідження показали, що вміст мінерального азоту у варіанті чизельного обробітку ґрунту перевищував аналогічний показник оранки на 1,5-3,1 мг/кг, що відповідало від 6,5 до 15,4% у відносному значенні.

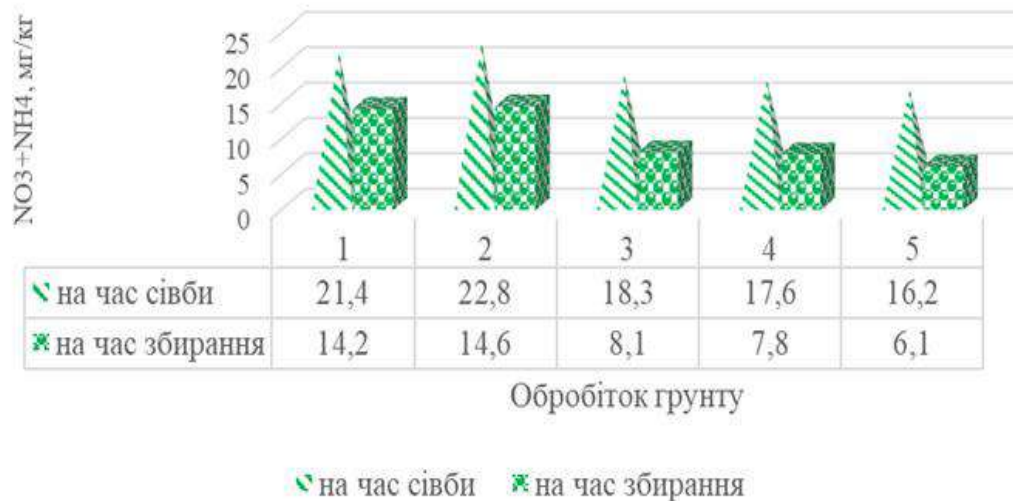


Рис.3.3. Вміст мінерального азоту у 0-30 см шарі ґрунту у посівах сої залежно від попередників, мг/кг ґрунту середнє за 2023-2024 рр.

3.4. Баланс поживних речовин у посівах сої залежно від досліджуваних чинників

Контроль і регулювання балансу елементів живлення в агрономії є важливим завданням. Балансові розрахунки допомагають визначити раціональні норми добрив і оцінити ґрунтоутворюючі процеси. Визначення балансу біогенних елементів є основою для розробки сучасних систем удобрення сільгоспкультур. [57,59] Ці дослідження зосереджуються на виносі поживних речовин культур та їх надходженні в ґрунт з добривами. Без врахування інших джерел вносу і надходження неможливо оцінити оптимальність системи удобрення для продуктивності культур і родючості ґрунту, а також круговорот поживних речовин у системі «ґрунт-рослина». [25,62]

Хімічний склад рослин сої та господарський винос поживних речовин урожаєм культури.

Дослідження показали, що вміст азоту в основній і побічній продукції сої становить 6,12-6,26% і 0,87-0,89%, відповідно. Фосфор у товарній продукції в 4,3 рази більше, ніж у побічній (1,11-1,14% проти 0,26-0,27%). Вміст калію в основній і побічній продукції майже однаковий – 1,24-1,26% та 1,45-1,47%. Калій

більшою мірою повертається в ґрунт через побічну продукцію, ніж азот і фосфор. Загальний винос поживних речовин визначається урожаєм сухої маси та хімічним складом продукції.

Таблиця 3.3

**Господарський винос поживних речовин урожаєм сої,
середнє за 2023-2024 рр.**

Попередник	Основний обробіток ґрунту	Вихід абсолютно сухої речовини врожаю основної продукції, т/га	Сумарний винос урожаєм основної і побічної продукції, кг/га			Витрати поживних речовин на 1 тону абсолютно сухої речовини урожаю основної продукції з урахуванням побічної, кг		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кукурудза на зерно	1	2,49	183,1	36,4	79,6	73,5	14,6	32,0
	2	2,25	165,5	32,9	72,0	73,6	14,6	32,0
	3	2,33	171,4	34,1	74,6	73,6	14,6	32,0
	4	2,00	147,1	29,2	64,0	73,5	14,6	32,0
	5	1,93	142,0	28,2	61,8	73,6	14,6	32,0
Соняшник	1	2,74	199,9	40,0	87,6	72,9	13,3	32,0
	2	2,49	181,6	36,4	79,6	72,9	15,0	32,0
	3	2,56	186,8	37,4	81,9	73,0	12,8	32,0
	4	2,24	163,4	32,7	71,6	72,9	13,0	31,9
	5	1,99	145,2	29,1	63,7	73,0	14,6	32,0
	3	3,00	197,1	43,8	64,6	65,7	14,6	21,5
	4	2,84	186,6	41,5	61,2	65,7	14,6	21,6
	5	2,59	170,2	37,8	55,8	65,7	14,6	21,5

1. Полицевий (оранка) на 20-22 см (контроль); 2. Безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см;

Соя як попередник мала середній рівень виносу азоту урожаєм порівняно з іншими культурами, зі значеннями від 170,2 до 197,1 кг/га залежно від способу обробітку ґрунту. Після кукурудзи на зерно і соняшнику винос азоту становив від 142,0 до 183,1 кг/га. Найвищі показники виносу спостерігалися при полицевому обробітку (оранка) та безполицевому (чизель-глибокорозпушувач) на глибину 20-22 см.

Винос фосфору рослинами сої був значно меншим, ніж азоту. Загальна кількість фосфору в урожаї зазвичай складала 25-30% від кількості азоту.

Найменший винос фосфору спостерігався при вирощуванні сої після кукурудзи на зерно та соняшнику, становлячи 28,2-36,4 і 29,1-40,0 кг/га відповідно.

Баланс NPK в ґрунті за вирощування сої

Цінність балансу у землеробстві як наукової основи активного втручання в колообіг речовин визначається не лише точністю обліку надходження і витрат біогенних елементів, а й кількістю використаних показників. При складанні господарського балансу для вирощування сільськогосподарських культур враховують витрати поживних речовин із ґрунту (винос з урожаєм, непродуктивні витрати азоту) і надходження біогенних елементів (з добрив та насіння). Для азоту враховують також його надходження з опадів і фіксації атмосферного азоту мікроорганізмами.

Кількість фіксованого азоту залежить від виду бобових культур: багаторічні трави можуть накопичувати 70-75% азоту, тоді як горох та соя — 40-50%. В урожаї багаторічних трав накопичується 150-300 кг, а у сої — 100-200 кг азоту на гектар.

Дослідження балансу NPK в ґрунті при вирощуванні сої після різних попередників і обробітків ґрунту показали, що винос поживних речовин враховувався лише з основною продукцією, оскільки побічна продукція залишається на полі. Для визначення кількості азоту, що надійшов в ґрунт через симбіотичну фіксацію, було враховано загальний вміст азоту в урожаю, включаючи кореневу систему.

Баланс азоту в ґрунті, зібраний у таблиці 3.4, демонструє, що фіксація варіює від 78 до 130 кг/га залежно від попередника і обробітку ґрунту. Найвищі показники фіксації спостерігалися при безполицевому обробітку ґрунту після зернових колосових культур, досягаючи 130 кг/га.

Баланс азоту за вирощування сої за 2023-2024 рр.

Попередник	Основний обробіток ґрунту	Міститься азоту, кг/га		Азот, фіксований з повітря (50% від азоту в біомасі), кг/га	Надійшло в ґрунт, кг/га			Баланс		Інтенсивність балансу, %
		основна продукція (винос з ґрунту)	рослинні рештки		фіксовано го з повітря, кг/га	з добривами	з насінням	кг/га	%	
Кукурудза на зерно	1	154	47	100	100	45	7	-2	-1	99
	2	139	43	91	91	45	7	4	3	103
Соняшник	1	168	50	109	109	45	7	-7	-4	96
	2	152	46	99	99	45	7	-1	-1	99

1. Полицевий (оранка) на 20-22 см (контроль); 2. Безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см;

Розміщення сої після сої забезпечило бездефіцитний баланс азоту у варіантах з проведенням оранки на 20-22 см, безполицевого обробітку (чизель) на 20-22 см

Таблиця 3.4

Баланс фосфору за вирощування сої, середнє за 2023-2024 рр.

Статті балансу	Кукурудза на зерно					Соняшник				
	1	2	1	2	3	4	5	1	2	3
Надходження з побічною продукцією	15,2	16	12,3	11,3	11,6	10,2	9,7	13,3	12,2	12,7
мінеральними добривами	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
насінням	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Всього	76,5	77,3	73,6	72,6	72,9	71,5	71,0	74,6	73,5	74,0
Витрати Винос з урожаєм	34,3	36,4	27,7	25	25,9	22,2	21,4	30,4	27,7	28,4
Баланс (+,-) за рік, кг/га	42,2	40,9	45,9	47,6	47	49,3	49,6	44,2	45,8	45,6
Інтенсивність балансу, %	223	212	266	290	281	322	332	245	265	261

Полицевий (оранка) на 20-22 см (контроль); 2. Безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см;

Баланс калію за вирощування сої, середнє за 2023-2024 рр.

Статті балансу	Кукурудза на зерно					Соняшник				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Надходження з: побічною продукцією	51,6	46,8	48,4	41,8	40,1	56,6	51,5	53,2	46,5	41,4
мінеральними добривами	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
насінням	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Всього	113	108	110	103	102	118	113	115	108	103
Витрати										
Винос з урожаєм	30,9	27,9	28,9	24,8	24	33,9	30,9	31,7	27,8	24,7
Баланс (+,-) за рік, кг/га	82,2	80,4	81	78,5	77,6	84,2	82,1	83	80,2	78,2
Інтенсивність балансу, %	366	388	380	417	423	348	366	362	388	417

1. Полицевий (оранка) на 20-22 см (контроль); 2. Безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см;

Встановлено, що в усіх досліджених варіантах надходження фосфору з мінеральними добривами та побічною продукцією перевищувало винос з урожаєм, що, в свою чергу, забезпечило позитивний баланс фосфору (від 40,9 до 49,6 кг/га на рік). Колообіг калію в сільськогосподарському використанні ґрунту, зокрема чорноземів, має певні відмінності від колообігу азоту і фосфору.

У більшості сільськогосподарських культур вміст калію в побічній продукції перевищує його кількість у товарній продукції. Це означає, що повернення калію в ґрунт з нетоварної маси врожаю (наприклад, зі соломи та стебел) значно вищий, ніж з азоту і фосфору, а його відчуження з товарною продукцією є нижчим. Коефіцієнт використання калію з добрив у рік внесення становить 50-60% (порівняно з 20% для фосфору). Частина калію з добрив поповнює запаси обмінного калію в ґрунтовому розчині, залишаючись доступною для рослин.

Джерелом поповнення обмінного калію є необхідний калій силікатних мінералів, який під впливом фізико-хімічних реакцій в ґрунті трансформується в обмінну форму. Тому навіть при високій забезпеченості ґрунту обмінним калієм рослини використовують і необхідну його форму. Результати досліджень

показали, що баланс калію в ґрунті був позитивним, варіюючи від 54,6 до 88,4 кг/га в залежності від варіантів досліджень. Найнижчі значення спостерігалися при розміщенні сої після сої, а найвищі — після зернових колосових культур.

Викладені в підрозділі результати досліджень дають підстави зробити наступні висновки:

1. Кількість поживних речовин, яка залучається до колообігу рослинами сої, неоднакова і визначається рівнем урожаю сухої речовини основної і побічної продукції, а також її хімічним складом. Параметри виносу елементів живлення з урожаєм сої розподіляються наступним чином: за виносом азоту – від 142 до 238 кг/га; за виносом фосфору – від 28,2 до 47,8 кг/га; за виносом калію – від 55,8 до 103,8 кг/га. По відношенню до азоту винос фосфору основною і побічною продукцією культур складає від 18 до 27, калію – від 25 до 53%.

2. Витрати азоту на формування 1 тони сухої речовини врожаю сої залежно від її розміщення після різних попередників становило: після кукурудзи на зерно – 73,6, соняшнику – 73,0 кг, соняшнику – 12,8-15 кг, кукурудзи на зерно – 14,6 кг; соняшнику – 31,9-32,0, кукурудзи – 32,0

3. Найвищі кількісні показники колообігу біомаси сої отримано за розміщення сої після зернових культур: безполицевого обробітку (чизель-глибокородзпущувач) на 20-22 см – 9,92 і 9,37 т/га.

4. Установлено, що за вирощування сої на чорноземі типовому щорічно втрачають від 164,7 до 276,9 кг/га NPK, що відчужується з поля з біомасою основної продукції сої. Найбільшу частка від суми елементів становить азот 69,9-72,3%, фосфор займає 13,0-14,3%, калій 14,5-16,1%. Кількість поживних речовин, що повертається в ґрунт з рослинними рештками, по відношенню до їх умісту в загальній біомасі складає 30,4-35,2 %, азоту – 42,1-55,5, фосфору – 11,1-14,7, калію – 29,8-46,8 %.

5. Ефективним за вирощування сої на чорноземі типовому є поповнення азоту за рахунок симбіотичної азотфіксації. На фоні застосування добрив і обробітків ґрунту кількість азоту фіксованого з повітря за вирощування сої становить від 78 до 130 кг/га. Інтенсивність балансу за розміщення сої після

зернових колосових культур азоту становила від 91 до 100%, після кукурудзи на зерно – від 99 до 109%, соняшнику – від 96 до 108%

б. За вирощування сої досліджувані попередники і обробітку ґрунту забезпечували формування позитивного балансу фосфору від 40,9 до 49,6 кг/га і калію від 54,6 до 88,4 кг/га в рік.

РОЗДІЛ 4

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ

Значний попит на сою зумовлений потребою в білку, який дешевший за тваринний. Соя, як високо білкова олійна культура, перевершує інші сільськогосподарські культури за економічними показниками, і її продуктивність потрібно підвищувати шляхом оптимізації агротехнологій, зокрема, вибору попередників та обробітку ґрунту. [19,54].

Ця культура, завдяки своїй здатності до фотосинтезу та біологічної фіксації азоту, значно покращує родючість ґрунту. [20] Основними експортерами сої є США, Бразилія, Аргентина, Китай, Індія, Парагвай, Канада та Україна. Проте, в Україні врожайність сої вдвічі нижча, ніж у США та Аргентині, що вимагає пошуку оптимальних умов для реалізації її генетичного потенціалу. [53,68]

Обробіток ґрунту є важливим чинником, що впливає на агрофізичні властивості, поживний режим і фітосанітарний стан посівів, що, у свою чергу, сприяє зростанню сільськогосподарських культур. Основними критеріями ефективності обробітку є врожайність і якість продукції. [39].

4.1. Урожайність насіння сої залежно від попередників

Інтегральним показником ефективності технології вирощування сільськогосподарської культури є її продуктивність [57]. За результатами проведених досліджень найвищу урожайність соя формувала після соняшнику – від 2,27 до 3,12 т/га. Найнижчу урожайність культури отримано за розміщення її після кукурудзи на зерно де її рівень залежно від основного обробітку ґрунту варіював від 2,20 до 2,83 т/га (табл. 4.1.)

**Урожайність сої залежно від попередників та основного обробітку ґрунту,
(середнє за 2023–2024 рр.)**

Попередник	Обробіток	Урожайність, т/га	± до контролю	
			± т/га	± %
Кукурудза на зерно	полицевий (оранка) на 20–22см (контроль)	2,83	-0,67	-19,05
	безполицевий (чизель) на 20– 22см	2,57	-0,93	-26,57
Соняшник	полицевий (оранка) на 20–22см (контроль)	3,12	-0,38	-10,76
	безполицевий (чизель) на 20– 22см	2,84	-0,66	-18,86

За розміщення сої після соняшнику і кукурудзи на зерно, кращим за рівнем урожайності був варіант із проведенням полицевого обробітку ґрунту (оранка) на 20-22 см – 3,12 і 2,83 т/га відповідно. Безполицевий обробіток ґрунту (чизель-глибокородзпушувач) на 20–22 см. Порівняно до полицевого обробітку ґрунту (оранка) на 20-22 см рівень урожайності культури знижувався на 15,7-37,1%.

Рік проведення досліджень характеризується мінливістю кліматичних умовам у вегетаційні періоди, про що свідчить висока (67,4%) частка їх впливу на врожайність сої. Частка впливу попередника склала 20,7 %, а основного обробітку ґрунту 11,8 % (рис. 4.1.).

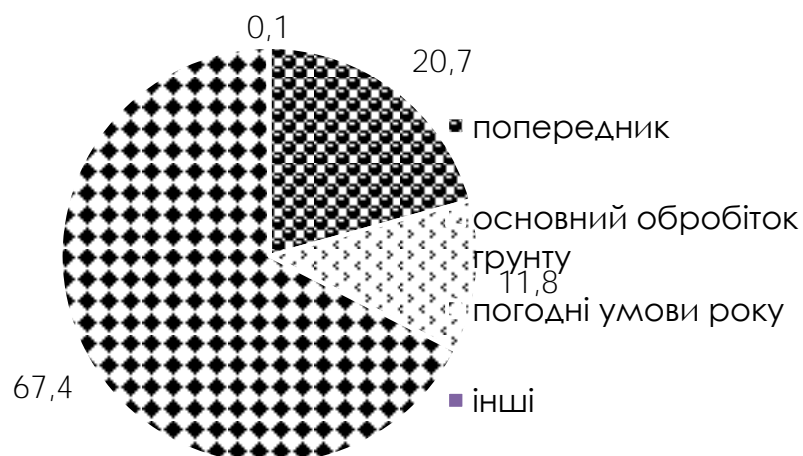


Рис 4.1. Урожайність сої залежно від попередників та основного обробітку ґрунту, (середнє за 2023–2024 рр.)

4.2. Продуктивність сої залежно від попередників та обробітку ґрунту

Ефективність вирощування будь-якої сільськогосподарської культури визначається її урожайністю та продуктивністю на гектар ріллі, зокрема виходом кормових і зернових одиниць, а також перетравним протеїном. Продуктивність відображає всю систему агротехнічних заходів і має прямий вплив на інші показники ефективності вирощування культур у сівозмінах.

Чим більше агротехнічних заходів, які підвищують родючість ґрунту, тим вищою буде урожайність кожної культури та продуктивність сівозміни загалом. Тому продуктивність є одним із ключових показників, що характеризує ефективність вирощування культур у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

Розміщення сої після різних попередників і застосування обробітку ґрунту істотно впливають на урожайність, вихід зернових і кормових одиниць, а також перетравного протеїну з 1 га сівозмінної площі. Загальну продуктивність культури визначали за обсягом продукції з 1 га сівозмінної площі та переведенням цієї продукції в зернові одиниці за коефіцієнтами В. Д. Гревцова, а також у кормові одиниці та перетравний протеїн за таблицями М. Ф. Томме.

Таблиця 4.2

Продуктивність сої залежно від попередників та основного обробітку ґрунту, в середньому за 2023–2024 рр.

Варіант досліджу	Урожайність т/га	Збір продукції, т/га		
		Корм. од., т/га	Зернових од., т/га	Пер. протеїну, т/га
Кукурудза на зерно				
полицевий (оранка) на 20–22см (контроль)	2,83	4,82	5,69	0,94
безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22см	2,57	4,38	5,17	0,86
Соняшник				
полицевий (оранка) на 20–22см (контроль)	3,12	5,32	6,28	1,04
безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22см	2,84	4,84	5,71	0,95

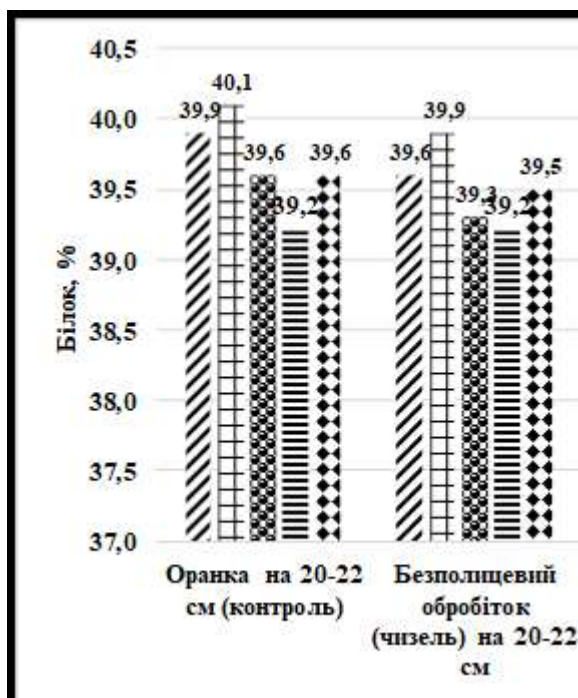
За розміщення сої після сої показники продуктивності культури становили від 5,03 до 5,83 т/га кормових одиниць, від 5,93 до 6,88 т/га зернових одиниць і від 0,98 до 1,14 т/га перетравного протеїну. Соняшник як попередник забезпечив

показники продуктивності сої на рівні 3,87-5,32 т/га кормових одиниць, 4,57-6,28 т/га зернових одиниць і 0,76-1,04 т/га перетравного протеїну. Найнижчі показники продуктивності отримали за розміщення сої після кукурудзи на зерно, де кількість кормових одиниць, зібраних з 1 гектара, варіювала від 3,75 до 4,82 т, зернових одиниць – від 4,43 до 5,69 т, а перетравного протеїну – від 0,73 до 0,94 т.

4.3. Якість насіння сої залежно від попередників та обробітку ґрунту

Проблема підвищення врожайності сільськогосподарських культур з високою якістю залишається актуальною на сучасному етапі аграрного виробництва. Основними показниками якості продукції є вміст сирого білка та жиру в насінні сої. Ці показники відображають цінність отриманої продукції. Важливо зазначити, що вміст сирого протеїну і жирів у насінні сої залежить не лише від генетичних факторів, а й може варіюватися в залежності від умов вирощування та технологічних заходів. [58, 59]

Для отримання високоякісного насіння сої важливо правильно розмістити цю культуру в сівозміні, враховуючи біологічні особливості сорту. Один з основних резервів для підвищення урожайності та якості насіння сої полягає в ретельному науково обґрунтованому підборі попередників. За результатами досліджень вміст сирого білка в насінні сої коливався від 38,2% до 40,1%, тоді як вміст жиру варіював від 19,4% до 20,1%.



Обробіток ґрунту: Кукурудза на зерно=соняшник

Рис. 4.1. Уміст білка у насінні сої залежно від попередників та основного обробітку ґрунту, (середнє за 2023–2024 рр.)

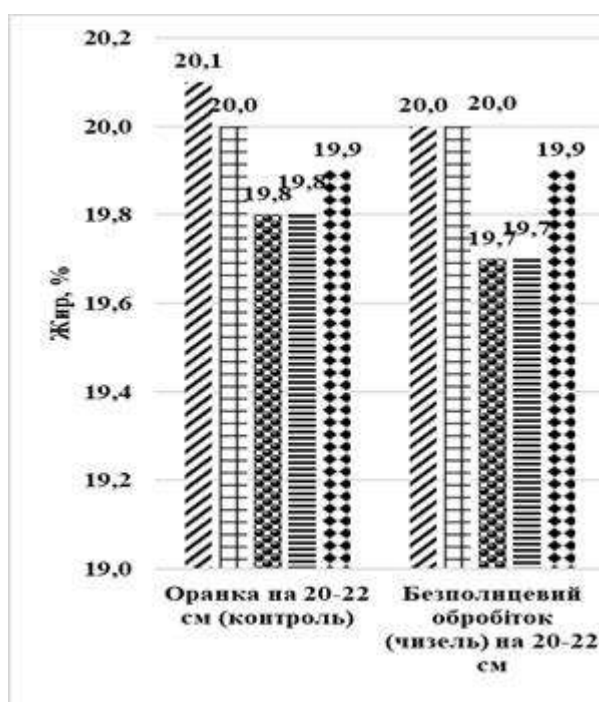


Рис. 4.2. Уміст жиру у насінні сої залежно від попередників та основного обробітку ґрунту, середнє за 2015–2017 рр.

Кукурудза на зерно та соя, як попередники, продемонстрували аналогічні показники якості насіння: вміст білка становив 38,2-39,6%, а жиру – 19,5-19,9%.

При вирощуванні сої після соняшнику вміст білка коливався в межах 38,3-39,2%, а жиру – 19,4-19,8%.

Залежно від способу обробітку ґрунту, найвищі показники вмісту білка та жиру спостерігалися у варіантах з полицевим (оранка) та безполицевим обробітком (чизель-глибокородзпушувач), незалежно від попередника.

Після сої найвищий збір зерна забезпечили варіанти із чизельним і мілким обробітком ґрунту 1,35 і 1,34 т/га. Кукурудза на зерно і соняшник, як попередники, максимальні значення збору білка 1,12 і 1,22 т/га мали у варіанті з оранкою на 20-22 см. За збором жиру з одиниці площі кращими в досліді виявились посіви сої після зернових колосових і сої, де він становив 0,66-0,74 т/га. Після соняшнику і кукурудзи на зерно збір жиру коливався в межах 0,51-0,62 т/га.

Таблиця 4.3

Збір білка і жиру рослинами сої залежно від попередників та обробітку ґрунту (в середньому за 2023–2024 рр.), т/га

Обробіток ґрунту	Попередник			
	Кукурудза на зерно		Соняшник	
	I	II	I	II
Полицевий (оранка) на 20–22см (контроль)	1,12	0,56	1,22	0,62
Безполицевий (чизель-глибокородзпушувач) на 20–22см	1,01	0,51	1,11	0,56

I* – збір білка, т/га; II* – збір жиру, т/га.

Представлені в цьому розділі результати досліджень дозволяють зробити такі висновки:

1. В умовах розміщення сої після кукурудзи на зерно та соняшнику найвища урожайність становила 2,83 та 3,12 т/га відповідно, за умови проведення оранки на глибину 20–22 см.

2. Найвищі показники вмісту білка 39,6% та жиру 19,8%. Після кукурудзи на зерно. При розміщенні сої після соняшнику вміст білка становив 39,2%, а жиру – 19,8%. Залежно від методів обробітку ґрунту, максимальні значення вмісту білка та жиру були отримані при оранці та чизельному обробітку, незалежно від попередника.

3. Кукурудза на зерно і соняшник, як попередники, максимальні значення збору білка 1,12 і 1,22 т/га забезпечили у варіанті з оранкою на 20-22 см.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

Економічна ефективність сої

Сучасні вимоги до вирощування сільськогосподарських культур акцентують на необхідності врахування економічної ефективності виробництва, способів реалізації продукції та раціонального використання матеріальних і енергетичних ресурсів. Економічна привабливість сої полягає в тому, що вона є джерелом найдешевшого рослинного білка і завдяки біологічній азотфіксації значно знижує потребу в азотних добривах, зменшуючи витрати на їх застосування, що дозволяє отримати екологічно чисту продукцію. [5,9,23].

Одним із ключових показників сучасних технологій вирощування, зокрема сої, є конкурентоспроможність на ринку. У наукових працях дослідники пропонують різні критерії для оцінки економічної ефективності, такі як виробничі витрати на 1 га, собівартість продукції, прибуток, рівень рентабельності, продуктивність праці, валовий дохід та чистий прибуток. [23,59].

У своїх дослідженнях для розрахунку економічної ефективності вирощування сої використовували такі показники, як урожайність на 1 га, вартість валової продукції з 1 га, умовно чистий прибуток з 1 га та рівень рентабельності. [38].

Застосування методу економічного аналізу дозволило об'єктивно визначити найбільш ефективне поєднання агротехнічних заходів, включно з вибором попередників і способів обробітку ґрунту, та оцінити економічну ефективність цих елементів технології. Розрахунки проводили на основі біржових цін на аграрну продукцію в Україні на момент збору врожаю (2023-2024 рр.) та відповідних виробничих витрат згідно з технологічними картами вирощування сої. Аналіз показав суттєвий вплив досліджуваних факторів на рівень рентабельності вирощування сої.

Таблиця 5.1.

Економічна ефективність вирощування сої залежно від попередників і обробітку ґрунту, середнє за 2023–2024 рр.)

Попередник	Обробіток ґрунту	Урожайність культури, т/га	Вартість продукції з 1 га, тис. грн	Виробничі витрати на 1 га, тис. грн	Собівартість 1 т урожаю, тис. грн	Умовно чистий дохід з 1 га, тис. грн	Рівень рентабельності, %
Кукурудза на зерно	1	2,83	22,92	18,45	6,52	4,47	24,2
	2	2,57	20,82	18,15	7,06	2,67	14,7
Соняшник	1	3,12	25,27	18,45	5,91	6,82	37,0
	2	2,84	23,00	18,15	6,39	4,85	26,7

1. Полицевий (оранка) на 20-22 см (контроль); 2. Безполицевий (чизель-глибокорозпушувач) на 20–22 см;

Як показують наведені дані, зі збільшенням продуктивності культури зерна зростає і вартість вирощеної продукції. У середньому за дослідом вартість валової продукції.

Витрати на матеріально-технічні ресурси, оплату праці, соціальні внески та амортизацію визначили рівень виробничих витрат. При полицевому основному обробітку (оранці) на глибину 20-22 см ці витрати склали 18,45 тис. грн/га, а при безполицевому обробітку ґрунту (чизелюванні на 20-22 см) – 18,15 тис. грн/га.

Після проведення розрахунків показників умовно чистого прибутку та рентабельності було встановлено, що найбільшу економічну ефективність серед досліджуваних варіантів забезпечило розміщення сої після застосування безполицевого обробітку ґрунту (чизелювання) на глибину 20-22 см.

За вирощування сої після соняшнику умовно чистий прибуток отримано в межах 4,85-6,82 тис. грн/га за рентабельності від 26,7 до 37,0%. Найефективнішим виявився варіант з проведення полицевого обробітку ґрунту (оранка) на 20-22 см.

Найнижчу економічну ефективність забезпечило розміщення сої після кукурудзи на зерно де незалежно від обробітку ґрунту, умовно чистий прибуток варіював від 2,67 до 4,47 тис. грн/га, за рівня рентабельності 14,7 – 24,2%.

Отже, для досягнення високої і стабільної економічної ефективності вирощування культури доцільно використовувати в якості попередника соняшник із застосуванням безполицевих обробітків ґрунту чизель на 20-22 см що дозволяє забезпечити рентабельність 37,0 %.

Енергетична ефективність вирощування сої

Сільськогосподарське виробництво потребує використання різних ресурсів, зокрема енергетичних. Вирощування сої вимагає значних енерговитрат, ефективність яких є важливою проблемою. Технології вирощування сільськогосподарських культур оцінюються через економічний та енергетичний аналіз. [7,36,53].

Порівняння енергетичних витрат на агротехнічні заходи дозволяє досягати високої продуктивності при мінімальних витратах енергії. Основною метою енергетичної оцінки є раціональне використання непоновлюваної та поновлюваної енергії та зниження технологічного навантаження на агробіоценоз через ресурсощадні технології. [21,59].

Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) показує співвідношення енергії, отриманої в продукції (E_p), до витраченої непоновлюваної енергії (E_v). Аналіз енергетичного балансу вирощування сої за різних умов показав середній $K_{ee} = 2,20$, із суттєвими відмінностями між попередниками. [22].

Таблиця 5.2

Енергетична ефективність вирощування сої залежно від попередника і обробітку ґрунту, середнє за 2023–2024 рр.

Попередник	Обробіток ґрунту	Енергоємність, ГДж/га	Енергетичні витрати, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee})
Кукурудза на зерно	1	51,22	25,40	2,02
	2	46,52	25,21	1,85
Соняшник	1	56,47	25,40	2,22
	2	51,40	25,21	2,04

1. Полицевий обробіток ґрунту (оранка) на 20-22 см (контроль); 2. Безполицевий обробіток ґрунту (чизель) на 20–22 см;

Соя, вирощена після соняшнику мала коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee} на рівні 2,04-2,22). А найменші показники енергетичного балансу забезпечила як попередник сої, кукурудза на зерно K_{ee} = варіював від 1,85 до 2,02.

Соняшник і кукурудза як попередники показали найвищу енергетичну ефективність при полицевому обробітку ґрунту (оранці) на глибину 20-22 см, з коефіцієнтами K_{ee} = 2,22 і 2,02 відповідно. Дослідження показали, що безполицевий обробіток ґрунту (чизелювання) на 20-22 см забезпечує кращі результати щодо продуктивності сівозміни, енергетичної та економічної ефективності.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі запропоновано вирішення наукового завдання щодо агробіологічної оцінки попередників (кукурудза на зерно, соняшник) залежно від різних методів основного обробітку ґрунту: полицевий (оранка), безполицевий (чизель-глибокородзпущувач) на продуктивність сої у Правобережному Лісостепу України.

1. Найменші запаси вологи у метровому шарі ґрунту формувалися після кукурудзи. Мінімізація обробітку збільшувала загальні витрати вологи.

2. Дослідження показали, що використання чизель-глибокородзпущувача на 20-22 см забезпечує 66,7% агрегатів, тоді як полицевий обробіток (оранка) — 64,7%. Після кукурудзи на зерно, соняшнику вміст агрегатів знижується.

3. Найвищий коефіцієнт структурності верхнього шару ґрунту (0-10 см) на початку вегетації сої спостерігався при безполицевому обробітку кукурудзи на зерно — 1,96-2,09, соняшнику — 1,98-2,03, У нижніх шарах (10-30 см) коефіцієнт був вищим на ділянках без обертання скиби через ущільнення.

4. При безполицевому обробітку (чизель-глибокородзпущувач) на 20-22 см вміст азоту становив 22,8-27,1 мг/кг, рухомого фосфору — 104-106 мг/кг, а калію — 84,4-85,1 мг/кг. За полицевого обробітку (оранка) ці показники були аналогічними.

5. Кількість поживних речовин, залучених до колообігу рослинами сої, варіюється залежно від урожаю та його хімічного складу. Винос елементів живлення з урожаєм сої розподіляється так: азот — 142-238 кг/га; фосфор — 28,2-47,8 кг/га; калій — 55,8-103,8 кг/га.

6. Витрати азоту на формування 1 тони сухої речовини сої залежать від попередників: після соняшнику — 73,0 кг, кукурудзи на зерно — 73,6 кг. Витрати фосфору: після кукурудзи на зерно — 14,6 кг, соняшнику — 12,8-15. Витрати калію: після соняшнику— 31,9-32,0 кг, кукурудзи на зерно — 32,0 кг.

7. Дослідження підтвердили, що при вирощуванні сої на типовому чорноземі щорічно відчужується 164,7-276,9 кг/га NPK з біомасою основної продукції. Найбільшу частку становить азот (69,9-72,3%), фосфор - 13,0-14,3%, калій - 14,5-16,1%. Кількість поживних речовин, що повертається в ґрунт з

рослинними рештками, коливається від 30,4% до 35,2%, з часткою азоту 42,1-55,5%, фосфору 11,1-14,7% та калію 29,8-46,8%.

8. Ефективним способом підвищення вмісту азоту при вирощуванні сої на типовому чорноземі є симбіотична азотфіксація. За умов застосування добрив і обробітку ґрунту кількість азоту, зафіксованого з повітря, коливається від 78 до 130 кг/га. Інтенсивність балансу при вирощуванні після попередників становить: після кукурудзи на зерно — 99-109%, соняшнику — 96-108%. Досліджені фактори сприяли формуванню позитивного балансу фосфору на рівні 40,9-49,6 кг/га та калію — 54,6-88,4 кг/га щорічно.

9. При вирощуванні після кукурудзи на зерно і соняшнику максимальна урожайність становила 2,83 і 3,12 т/га відповідно, що досягається за полицевого обробітку (оранка) на 20-22 см.

10. Оцінюючи ефективність поєднання досліджуваних факторів, можна відзначити найвищі показники енергетичної ефективності. Кукурудза на зерно і соняшник, як попередники, показали високі значення енергетичної ефективності — $K_{ee} = 2,02$ та $2,22$ відповідно, при проведенні полицевого обробітку (оранка) на 20-22 см.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

–У Правобережному Лісостепу України на малогумусних чорноземах для досягнення урожайності зерна сої в межах 3,5-4,0 т/га, а також для збереження та відтворення родючості ґрунту, рекомендується: кукурудзу на зерно та соняшник рекомендовано використовувати у якості попередника за достатнього запасу доступної вологи в метровому шарі ґрунту на період сівби не менше 150 мм; запроваджувати оранку на глибину 20-22 см;

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаптивні системи землеробства / [Гудзь В. П., Примак І. Д., Рибак М. Ф. та ін.]; за ред. В. П. Гудзя. – К.: Центр учбової літератури, 2007. С. 148–292.
2. Артеменко С. Соя в короткоротаційних сівозмінах із кукурудзою. Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2017. № 2. С. 94–97.
3. Артеменко С. Три кроки до успішного вирощування сої. Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2017. № 5. С. 72–76.
4. Бабич А. Бабич-Побережна А. Невикористаний потенціал сої. The Ukrainian FARMER. 2014. № 12. С. 46–47.
5. Бабич А. О. Фотосинтетична урожайність зерна сої залежно від способів сівби і густоти рослин. Корми і кормовиробництво. – 1991. – Вип. 31. С. 7–9.
6. Бабич А., Бабич-Побережна А. Соевий пояс і розміщення виробництва сортів сої в Україні. Пропозиція: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2010. №4. С. 52–56.
7. Бабич. А. О. Вплив строків сівби і глибини загортання насіння на продуктивність інтенсивних сортів сої в умовах Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 1994. Вип. 38. С. 43–46
8. Баранов В.Ф., Кочегура А.В., Лукомец В.М. Соя на Кубани. Краснодар, 2009. 319 с
9. Бахмат О. М. Соя – культура майбутнього. Особливості формування високого врожаю: монографія. Кам'янець-Подільський: ПП Мошак М. І., 2009. 208 с.
10. Бахмат О.М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої: монографія / за ред. А. О. Бабича. Кам'янець-Подільський: Вид. ПП Звойленко Д. Г., 2012. 436 с.
11. Бережняк М.Ф. Вплив систем обробітку на агрофізичні властивості чорнозему південного важкосуглинкового на лесі. URL: <http://www.sworld.com.ua/ko№fer39/192.pdf>.

12. Білко В. Вітчизняні інноваційні технології на сої. Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2013. № 2. С. 86–87.
13. Бойко П. І. Методичні основи польових дослідів з визначення ефективності систем сівозмін. Аграрний вісник Причорномор'я: сільськогосподарські та біологічні науки. Одеса, 2009. Вип. 50. С. 12–20.
14. Василенко М. Г., Дерик Г. І. Оцінювання агротехнологій вирощування сої на сірих лісових ґрунтах. Хімія. Агрономія. Сервіс: Всеукраїнське видання про сучасні агротехнології. 2011. № 9. С. 60–67.
15. Венедіктов О.М. Формування урожайності і якості сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук, спец 06.01.09. Вінницький державний аграрний університет Вінниця, 2006. 19 с.
16. Геллер О. Й., Пашова В.Т., Корбанюк Р. А.. Екологізація технологій вирощування сої в Степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету: науково-теоретичний, науково-практичний журнал. 2015. № 3(37) Сільськогосподарська екологія. Рослинництво. Землеробство. Селекція. Зоотехнічні науки. Ветеринарні науки. С. 37–40.
17. Гордійчук Н. Соя - стратегічна культура у світі та Україні: досвід вирощування країн-лідерів. Агроном: наук.-вироб. журн. 2015. № 1. С. 152–153.
18. Григор'єва О. М., Долomanов О. М.. Нові шляхи оптимізації живлення сої та підвищення її врожайності. Агроном: наук.-вироб. журн. 2015. № 1. С. 150–151.
19. Демиденко О.В. Шикула М.К. Фактор часу і відтворення родючості чорноземів в агроценозах. Вісник аграрної науки. 2006. № 9. С.13–16.
20. Дерев'янський В. П. Удосконалена енергоощадна ґрунтозберігаюча технологія вирощування сої. Агроном: наук.-вироб. журн. 2012. № 2. С. 97–105.
21. Дерев'янський В. Удосконалена технологія вирощування сої. Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2014. № 9. спец. вип. С. 4–17.
- 22.

23. Дідора В. Г., Ступніцька О. С., Баранов А. І. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся України. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету: наук.-теорет. зб. Житомир, 2013. № 1 (36), т. 1. С. 80–83.
24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований – [4-е. Изд. перераб. и доп]. – М. : Колос, 1979. 416 с.
25. Дробітько А. В., Дробітько О. М. Вплив способів сівби на продуктивність насіння сої в умовах Північного Степу Миколаївської області. Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агронія і біологія: науково-методичний журнал. 2014. № 3. С. 160–163.
26. Єрмолаєв М.М., Шиліна Л.І., Літвінов Д.В. Закономірності формування водного режиму в сівозмінах на чорноземах Лісостепу лівобережного. Вісник аграрної науки. Київ, 2008. № 6. С. 13–17.
27. Жеребко В. М., Чернега Т. О. Структура та якість урожаю сої залежно від особливостей догляду за посівами. Карантин і захист рослин : науково-виробничий журнал. 2010. №8. С. 11–12.
28. Заболотний Г. М. Циганський В.І., Циганська О.І. Урожайність та енергетична ефективність вирощування сої в умовах Лісостепу правобережного. Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агронія і біологія: науково-методичний журнал. 2015. № 9. С. 151–154.
29. Захарченко І.Г., Шиліна Л.І., Логінов Ю.М., та ін. Застосування ¹⁵№ при вивченні використання рослинами та перетворення в ґрунті азоту добрив. Вісник сільськогосподарської науки. 1968. № 10. С. 56–61.
30. Зуза В. С. Рожков А. О., Гутянський Р. А. Урожайність сої залежно від попередника, метеорологічних умов та ефективності гербіциду. Вісник Полтавської державної аграрної академії : науково - виробничий, фаховий журнал. 2015. № 1/2. С. 22–24.
31. Ільчук М. М., Коновал І. А., Колос З. В. Виробництво сої в Україні та його ресурсне забезпечення на перспективу. Біоресурси і природокористування: науковий журнал. 2014. Том Т. 6, № 1/2. С. 131–137.

32. Каленська С. М., Новицька Н. В., Стрихар А. Є. Мінеральне живлення сої: вплив інокуляції Нітрагіном та удобрення на продуктивність та якість зерна культури в умовах Лісостепу. Насінництво : науково - виробничий журнал. 2009. №8. С. 23–25.
33. Калініченко О. В. Оцінка економічної та енергетичної ефективності вирощування цукрових буряків. Вісн. Хмельницького нац. ун-ту. 2010. №2. Т. 1. С. 100–104.
34. Камінський В. Ф. Агрометеорологічні основи виробництва зернобобових культур в Україні. Вісник аграрної науки. К., 2006. № 7. С. 20–25.
35. Кирпа М. Соя: особливості збирання, обробки та збереження врожаю насіння. Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2015. № 9. С.58–61.
36. Клубук В., Лавриненко Ю. Збільшення врожайності сої в умовах зрошення Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2012. № 5. С. 52–56.
37. Кобернюк О. Т. Урожайність та економічна ефективність вирощування соризу в умовах південно-західної частини Лісостепу України. Агробіологія: зб. наук. пр. Білоцерк. нац. аграр. ун-т. – Біла Церква, 2011. Вип.5 (84). С. 20–23.
38. Козін В. Удосконалення технології вирощування сої. Агроном: науково-виробничий журнал. 2011. № 1. С. 138.
39. Кондратюк С. Мистецтво вирощування сої. Агроном: наук.-вироб. журн. 2015. № 2. С.114–119.
40. Крайняк О. К. Економічний та енергетичний аналіз технологій вирощування зернобобових культур. Інноваційна економіка: всеукр. наук.-виробн. журнал. 2012. №2. С. 109–113.
41. Лещенко А.К. Культура сої. К.: Наук. думка, 1978. 236 с.
42. Літвінов Д.В. Біологічний кругообіг органічної речовини і елементів живлення у посівах польових культур на чорноземах. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Корми і кормовиробництво». Вінниця, 2012. Вип. 74. С. 164-169.

43. Лопушняк В. Удобрення сої азотом. *The Ukrainian Farmer*. 2018. № 5. С. 78-81.
44. Медведєв В. В. Структура ґрунту як екологічний чинник. *Вісник ХНАУ*, 2009. Випуск 3. С. 25–31.
45. Мигаль І. Б., Дзюбайло А. Г. Продуктивність сої залежно від сорту, норм висіву насіння і удобрення в умовах Лісостепу західного. *Сільський господар: щомісячний журнал: науково-виробничі, інформаційні, практичні поради, реклама та оголошення*. 2009. №9. С. 7–10.
46. Міленко О. Г. Зміна тривалості періоду вегетації та фаз росту і розвитку рослин сої залежно від умов вирощування. *Вісник Полтавської державної аграрної академії: науково - виробничий, фаховий журнал*. 2015. № 1/2. С. 165–171.
47. Мінімалізація механічного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи / [Єщенко В. О., Каричковський Д. Л., Каричковський В. Д., Єщенко О. В.] ; за ред. В. О. Єщенка. Умань, 2007. 56 с.
48. Мосьондз Н.П. Формування продуктивності сортів сої різних груп стиглості залежно від елементів технології вирощування в Правобережному Лісостепу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата с.-г. наук, спец. 06.01.09: Нац. акад. аграр. наук України, ННЦ «Ін-т землеробства НААН». Київ, 2016. 21 с.
49. Нагорний В. І. Вплив способу обробітку ґрунту і системи удобрення на продуктивність сортів сої. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агронія і біологія: науково-методичний журнал*. - 2011. № 4. С. 14-18.
50. Нагорний В. І. Розміщення сої в короткоротаційних сівозмінах. *Агроном: наук.-вироб. журн*. 2013. № 4. С. 112–114.
51. Нагорний В.І. Вплив розміщення сої в короткоротаційних сівозмінах на її врожайність в умовах північно-східного Лісостепу України. *Вісник Сумського аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. 2013. Вип. 3. С. 50-53.
52. Назарчук А.А. Формування продуктивності сортів сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Степу України: автореф. дис. на

- здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук, спец. 06.01.09. М-во освіти і науки України, Держ. вищ. навч. закл. «Херсон. держ. аграр. ун-т». Херсон, 2015. 20 с.
53. Нідзельський В. А. Агробіологічні основи вирощування сої. Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агронімія і біологія : науково-методичний журнал. 2015. № 9. С. 159–162.
54. Нідзельський В. А. Соєвий пояс України. Сучасні аграрні технології : інформаційно-аналітичне видання. 2013. № 4. С. 36–39.
55. Олєпир Р. В. Ефективність способів обробітку ґрунту та сівби за вирощування сої в Лівобережному Лісостепу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.01.01 «Загальне землеробство» ННЦ «Ін-т землеробства НААН». Київ, 2015. 21 с.
56. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз; за ред. В. О. Єщенка. – К.: Дія, 2005. 288 с.
57. Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні. Агроном: науково-виробничий журнал. 2009. №3. С. 79–81.
58. Петриченко В. Ф. Вплив агрокліматичних факторів на продуктивність сої. Вісник аграрної науки. 2006. С. 19–23.
59. Піковська О. В. Вплив мінімізації обробітку ґрунту на структурний стан чорнозему звичайного. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агронімія. 2013. Випуск 183(2). С. 193–197. URL: [http://№buв.gov.ua/UJR№/№ov№au_agr_2013_183\(2\)_35](http://№buв.gov.ua/UJR№/№ov№au_agr_2013_183(2)_35).
60. Продан И. Зерна стабільного будучого. Чего ждять от бобовых . Зерно. 2017. № 6. С. 126–130.
61. Рекомендації з технологічного процесу виробництва сої на богарних землях / О. А. Демидов, Л. В. Сухомлин, А. М. Рудюк та ін. М-во аграр. політики та продовольства України, Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т кормів та сільського госп-ва Поділля НААНУ [та ін.]. Глобине: Науково-дослід. ін-т сої, 2014. - 24 с.
62. Романько Ю.О. Продуктивність сої залежно від строків сівби, добрив та бактеріальних препаратів в умовах Лівобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук, спец 06.01.09. М-во освіти і науки

- України, Сумський нац. аграр. ун-т, Полтавська держ. аграр. акад. Суми, 2016. 21 с.
63. Сінченко В.В. Вплив обробітку ґрунту та попередників на продуктивність сої у Правобережному Лісостепу України. «Сучасні тенденції розвитку галузі землеробства: проблеми та шляхи їх вирішення»: Міжнародна науково-практична конференція, м. Житомир, 13–14 червня 2019 року: тези доповіді. Житомир, 2019. С. 127-128.
64. Сінченко В.В., Танчик С.П. Продуктивність сої залежно від попередників у правобережному Лісостепу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія». 2018. № 286. С. 107-112.
65. Сінченко В.В., Танчик С.П., Літвінов Д.В. Вплив різних способів обробітку ґрунту на структурно агрегатний склад чорнозему типового у Правобережному Лісостепу України. 2019. №3 (79). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.03.013>.
66. Сінченко В.В., Танчик С.П., Літвінов Д.В. Урожайність і якість насіння сої залежно від обробітку та попередників у правобережному Лісостепу України. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2019. Частина 1. С. 217-225.
67. Січкара В. І. Горох, соя, нут. Насінництво : науково - виробничий журнал. 2009. №4. С. 10–14.
68. Сторчоус І. Захист посівів сої від бур'янів. Пропозиція. 2015. № 6. С. 98–100.
69. Теоретично обґрунтувати ступінь насичення короткоротаційних сівозмін соєю, як фактора біологізації землеробства, що забезпечить підвищення родючості ґрунту та виробництво екологічно чистої продукції [Текст : Електронний ресурс] : звіт про наук. - дослід. роботу за 2006-2010 рр. (заключний), № держ. реєстрації 0107U003382 / Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т кормів НААН; кер. ндр С. І. Колісник. - Вінниця : [б. и.], 2011. 45 с.
70. Технологія вирощування сої в умовах Рівненщини: метод. рек. / Н. І. Переходько, П. П. Гаврилюк, В. М. Польовий та ін. Центр наук. забезп. АПВ

Рівнен. обл., Рівнен. Ін-т АПВ НААН України, Громад. орг. «Рівнен. обл. с. - г. дорад. служба «Наука». Рівне, 2011. 14 с.

71. Технологія вирощування сої для умов різного фінансового стану товаровиробників: наук. вид. / [Д. І. Мазоренко, Г. Є. Мазнеєв, Л. М. Тіщенко та ін.]; за ред. Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнеєва. - Х.: Майдан, 2008. 146 с.

72. Троценко В. І., Глупак З. І. Ефективність використання мінеральних добрив на посівах сої в умовах північно-східної частини Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агрономія і біологія : науково-методичний журнал. 2012. № 9. С. 98–102.

73. Фадєєв Л. Соя, затребувана часом. Пропозиція нова : український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2012. № 12. С. 94–95.

74. Цвей Я. Соя у сівозміні. Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2017. № 1. С. 90.

75. Чабанюк Я. Азотфіксуючий потенціал сої та сучасні підходи до його реалізації. Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2015. № 2. С. 58–59.

76. Чорна В.М. Насіннева продуктивність сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу правобережного. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2016. Вип. 82. С. 69–77.

77. Шевніков М. Я., Кулібаба М. Ю. Урожайність та якість насіння сої залежно від строків сівби і використання біопрепаратів. Вісник Полтавської державної аграрної академії: науково - виробничий, фаховий журнал. 2013. № 3. С. 41–44.

78. Шепілова Т. П., Петренко Д.І. Вплив способу сівби і норми висіву насіння на ріст і розвиток рослин сої. Вісник Уманського національного університету садівництва : науково-виробничий журнал. 2017. № 1. С. 74–81.

79. Ярошко М. Технологія вирощування сої: фактори врожайності, сівба і використання добрив. Агроном: наук.-вироб. журн. 2013. № 1. С. 130–133.