

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

05.02 – МКР. 494 «С» 2023.03.31. 077 ПЗ

НУБІП України

ОЛЕФІРЕНКА ОЛЕКСАНДРА ВАЛЕРІЙОВИЧА

НУБІП України

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

НУБІП України

УДК: 631.5:633.34

ПОГОДЖЕНО

Декан агробіологічного
факультету

Тонха О.Л.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
землеробства та гербології

Ганчик С.П.

« » 2023 р. « » 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Продуктивність сої залежно від систем землеробства»

НУБІП України

Спеціальність 201 «Агронія»
Освітня програма Агронія

Орієнтація освітньої програми

Освітньо-професійна

НУБІП України

Гарант освітньої програми Каленська С. М.
доктор с.-г. наук, професор

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
доктор с.-г. наук, професор

Літвінов Д. В.

Виконав

Олефіренко О. В.

НУБІП України

Київ-2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри землеробства та гербології
професор, доктор с.-г. наук _____ Танчик С.П.

«__» __ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ

Олефіренку Олександр Валерійовичу

Спеціальність
Освітня програма

201 «Агрономія»
Агрономія

Орієнтація освітньої програми

Освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Продуктивність сої залежно від системи землеробства»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «31» березня 2023 № 494 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10 жовтня 2023 року.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: ґрунтово-кліматичні умови проведення дослідження; адміністративне розташування; матеріали по технології вирощування сільськогосподарських культур; загальна агрономічна документація.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз погодних умов за вегетаційний період;
2. Дослідити вплив систем землеробства на водний режим ґрунту у посівах сої;
3. Дослідити вплив систем землеробства на зміну агрофізичних властивостей ґрунту у посівах сої;
4. Визначити вплив досліджуваних чинників на формування продуктивності рослин сої;

5. Встановити економічну ефективність вирощування сої.

Дата видачі завдання _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Літвінов Д. В.

Завдання отримав

Олефіренко О. В.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ	5
РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ (огляд літератури)	10
1.1. Роль сої як культури світового рівня	10
1.2. Значення сої в землеробстві	11
1.3. Продуктивність сої залежно від обробки ґрунту	16
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МІСЦЕ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
2.1. Ґрунтово-кліматичні умови місця проведення досліджень	26
2.2. Агрометеорологічні умови в період проведення досліджень	26
2.3. Програма і методика проведення досліджень	29
2.4. Система удобрення вирощуваних сільськогосподарських культур	29
2.5. Система захисту посівів від шкідливих організмів	30
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
3.1. Продуктивність сої залежно від досліджуваних чинників	32
3.2. Якість насіння сої залежно від системи землеробства	33
3.3. Формування водного режиму ґрунту у посівах сої за різних систем землеробства	35
3.4. Зміна щільності складення ґрунту у посівах сої залежно від досліджуваних чинників	37
3.5. Зміна структурно-агрегатного складу ґрунту у посівах сої залежно від досліджуваних чинників	39
3.6. Економічна ефективність вирощування сої залежно від досліджуваних чинників	41
ВИСНОВКИ	44
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

РЕФЕРАТ

НУВБІП України

Дана робота написана на 54 сторінках машинописного тексту, містить 4 таблиці, 4 рисунки. Список використаних літературних джерел включає 72 найменування.

НУВБІП України

Тема роботи «Продуктивність сої залежно від системи землеробства»
 Мета досліджень – встановити зміни агрофізичних показників чорнозему типового, ефективність використання вологи рослинами та їх вплив на урожайність сої залежно від системи землеробства.

НУВБІП України

Об'єкт дослідження – процес зміни показників родючості ґрунту, формування врожайності сої і якості насіння культури залежно від системи землеробства.

Предмет дослідження – чорнозем типовий, соя, система землеробства, економічна ефективність вирощування сої.

НУВБІП України

У першому розділі магістерської кваліфікаційної роботи «Сучасний стан вивчення питання вирощування сої» (огляд наукової літератури), наведено стислий огляд вітчизняної та зарубіжної наукової літератури на дану тему.

НУВБІП України

У другому розділі «Місце, умови та методика проведення досліджень» виконано аналіз ґрунтових та кліматичних умов у зоні проведення досліджень, а також представлено схему досліду та методику проведення польових і лабораторних досліджень.

НУВБІП України

У третьому розділі «Результати експериментальних досліджень» наведено результати досліджень, які свідчать про те, що використання системи No-till має позитивний вплив на управління агрофізичними властивостями ґрунту та формування врожайності сої. Система No-till забезпечує більш ефективне використання вологи рослинами сої в порівнянні з традиційною системою обробітку ґрунту, збільшуючи використання вологи на 15,9 % протягом вегетаційного періоду.

НУВБІП України

Використання системи No-till призводить до збільшення щільності складення ґрунту в 0-20 см шарі на початку та в кінці вегетації сої порівняно з

традиційною системою обробітку ґрунту. На початку вегетації щільність ґрунту в 0-20 см шарі під системою No-Till перевищувала традиційну систему на 19,2 %, а в кінці вегетації на 11,1%.

Використання традиційної системи обробітку ґрунту призводило до зниження структурності ґрунту в порівнянні з системою No-till. В системі No-till спостерігається більше агрономічно-цінних агрегатів у 0-10 см шарі ґрунту порівняно з традиційною системою обробітку ґрунту, зростаючи до 79,3 % на початку вегетації. Застосування системи No-till призвело до зростання врожайності сої на 22,7 %, порівняно з традиційною системою обробітку ґрунту.

На основі наших досліджень сформулювати висновки та пропозиції виробництву.

Ключові слова: соя, система землеробства, волога, щільність складення ґрунту, продуктивність, економічна ефективність.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Соя – унікальна білково-олійна культура, яка користується великим попитом. Україна має великі можливості для збільшення виробництва зерна сої та отримання більших прибутків від його реалізації. Сучасні технології повною

мірою не забезпечують реалізацію її урожайного потенціалу у зв'язку із паритетом цін на паливо, засоби захисту, добрива, що збільшує технологічні витрати, та спонукає до пошуку нових технологій вирощування сої.

Фундаментальним чинником, за впливом на якість ґрунту, а отже і стабільну

продуктивність сільськогосподарських культур є обробіток ґрунту. Серед заходів підвищення продуктивності сої є ефективно використання системи основного обробітку ґрунту. Тому актуальним є питання удосконалення

існуючих і розроблення новітніх заходів і систем обробітку ґрунту з урахуванням

ґрунтово-кліматичних умов регіону.

Соя швидко завоювала важливе місце у світовому сільському господарстві та економіці і стала однією з провідних культур за посівними площами, а також

за виробництвом білка та олії. Дякуючи унікальному поєднанню процесів

фотосинтезу і біологічної фіксації азоту, соя ефективно використовує азот та

сприяє підвищенню родючості ґрунту. Близько 78 % азоту входить до складу загального валового збору зернобобових культур.

Незважаючи на те, що площі під культурою сої вже перевищили 75 мільйонів гектарів, і загальний збір досяг майже 190 мільйонів тонн, темпи її виробництва продовжують зростати і нині [31, 55, 57, 71].

Основні країни, що експортують сою, становлять США, Бразилію, Аргентину, Китай, Індію, Парагвай, Канаду і Україну [31]. Важливо відзначити,

що урожайність сої в Україні вдвічі менше, ніж в США, Аргентині, Бразилії і інших країнах. Тому важливим завданням є пошук способів створення

оптимальних умов для досягнення максимального генетичного потенціалу сої [54, 55].

Збільшення виробництва сої в усіх регіонах вирощування пов'язане не тільки з розширенням площі посіву, але й, що надзвичайно важливо, з підвищенням її врожайності. Для підвищення врожайності та якості сої, всі етапи технології

вирощування мають велике значення. Наприклад, з появою на ринку нових сортів,

виникає потреба у науковому обґрунтуванні та пошуку способів максимізації використання їх генетичного потенціалу за допомогою розробки нових і вдосконалення існуючих елементів технології вирощування.

Інтегральним показником для оцінки технології вирощування

сільськогосподарських культур є врожайність насіння, причому лише 26 % цього

показника залежать від генотипу рослини. Велика частина насіннєвої продуктивності сої залежить від технологічних методів вирощування. Соя вимагає

специфічних умов вирощування, які пов'язані з її особливостями у проростанні

насіння, початковому росту, формуванні та функціонуванні симбіотичного

апарату. Однією з ключових заходів для підвищення врожайності сої є створення

оптимальних водно-повітряних, теплових, живильних режимів, а також збереження вологості, боротьба з бур'янами та створення оптимальних умов для

розвитку кореневої системи. Якість обробки ґрунту визначає якість всіх інших

технологічних процедур у вирощуванні сої.

Проте існуючі методи вирощування цієї культури потребують значних покращень, які враховують не лише вибір сортів, які підходять для конкретних

ґрунтових і кліматичних умов регіону, але й оптимізацію розміщення сої після

попередніх культур і вибір оптимальних методів обробітку ґрунту для

досягнення максимальної врожайності та ефективного використання ресурсів.

Тому дослідження особливостей формування врожайності сої залежно від оптимізації елементів вирощування, зокрема, основного обробітку ґрунту та

вибору найкращих попередників, є актуальним і має велике значення, що

спричинило вибір цього напрямку для наукових досліджень.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ (огляд літератури)

1.1. Роль сої як культури світового рівня.

Актуальність забезпечення основної частини населення продуктами харчування, зокрема повноцінною білковою їжею, набуває більшого значення для багатьох країн світу. Проте, перетворення рослинного білка в тваринний шляхом виробництва комбікормів є складним процесом з різними варіантами результатів. Наприклад, аналіз свідчень про цей процес показує, що виробництво молока (23–28%), яєць (25–31%), м'яса птиці (20–25%) і свинини (15–35%) має вищий рівень енергоконверсії, ніж виробництво яловичини і баранини, де цей показник є найменшим [15].

Традиційним джерелом рослинного білка для складання комбікормів є відходи виробництва рослинних олій, такі як макуха, шроти соняшнику, ріпаку та інших культур. Серед цих рослин, соя (*Glycine hispida* (L.) Merr.) є найдавнішою та найпоширенішою зернобобовою культурою у світі. У зерні сої міститься близько 30–35% білка, 18–25% жиру, 20–30% вуглеводів, 5–7% клітковини, а також значна кількість ферментів, вітамінів, мінеральних речовин та органічних компонентів [35, 36, 50, 4].

Високий вміст білку та важлива рівновага амінокислот у сої роблять її ідеальною альтернативою для продуктів тваринного походження в людському харчуванні. Зерно сої використовується у виробництві практично тисячі різних продуктів у галузях харчової, молочної, кондитерської та комбікормової промисловості. Вона також використовується як дієтичний продукт, багатий на антисклеротичні речовини, такі як лецитин і нефалін, необхідні для живлення нервових клітин, а також як зелений корм для тварин [30, 32]. Соєвий білок також служить як сировина для виготовлення медичних препаратів, які використовуються для лікування діабету, радіаційного ушкодження та інших захворювань. Споживання сої корисне для як молодих, так і дорослих осіб. Продукти із сої є важливою складовою харчування у багатьох країнах і стали

популярними по всьому світу, включаючи соєве молоко, тофу (сир), соєвий соус, пасту та інші продукти. З урахуванням цих факторів, ЮНЕСКО визнала сою стратегічно важливою культурою в харчуванні [40].

1.2. Значення сої в землеробстві.

Сою вже впродовж багатьох років вважається однією з ключових сільськогосподарських культур у всьому світі. Її вирощують на всіх п'яти континентах із основним поширенням серед зернобобових і олійних культур.

Вона відіграє важливу роль у зерновому, харчовому і кормовому балансах численних країн світу.

Сою має різноманітність застосувань, але, в основному, вона використовується для виробництва олії. Після видобутку олії залишається

соєвий шрот, який має великий вміст білка. З соєвої олії також частково виробляють біодизельне паливо. Соєвий шрот, який є багатим джерелом білка,

використовується для виробництва комбікормів та виготовлення білкового волокна. Крім того, із частини насіння сої (приблизно 20%) отримують соєве

борошно, яке використовується для виготовлення ізольованих соєвих концентрованих структурних білків. Ці білки використовуються в харчовій

промисловості для виробництва хліба, тортів, м'ясних виробів, ковбасних виробів і багатьох інших продуктів. Сою також використовується для

виробництва різних харчових продуктів, таких як тофу, соєве молоко, соєвий сир, соєвий соус, паста і інші соєві вироби.

Окрім білків і олії, насіння сої містить ряд ферментів, групи вітамінів і антиоксидантів, які сповільнюють процеси окислення. Це робить сою важливою культурою як для продовольчого, так і для кормового використання [60].

Крім харчового і кормового використання, сою має широкий спектр застосувань у промисловості, таких як виробництво лаків, фарб, пластмас, клею,

лінолеуму, мила, та мастильних матеріалів. Ця культура може бути відзначена як ефективний ресурс, оскільки майже всі її частини знаходять використання.

Протягом першого десятиріччя XXI століття спостерігалася надзвичайно швидка зростання виробництва сої. За даними Організації Об'єднаних Націй з питань харчування та сільського господарства (FAO), виробництво сої у світі збільшилося в 7,8 рази, виробництво пшениці в 3,3 рази і кукурудзи в 3,4 рази порівняно з 2001 роком. Прогнози показують, що протягом наступних 10 років виробництво сої зросте на 70–80 мільйонів тонн і досягне рівня від 330 до 350 мільйонів тонн [68].

Значення сої в сфері виробництва продуктів харчування, кормів для тварин та біопалива впевнено відображає зростання валових зборів сої трьома провідними країнами світу – США, Бразилією та Аргентиною [66]. У 2021 році сою вирощували в 91 країні всього світу на площі 118 млн гектарів і отримали загалом 313 мільйонів тонн зерна. За валовим виробництвом сої країни розподілилися наступним чином: США виробили 106,8 мільйонів тонн; Бразилія – 96,5 мільйонів тонн; Аргентина – 56,8 мільйонів тонн; Китай – 12,4 мільйонів тонн; Індія – 10,5 мільйонів тонн; Парагвай – 8,5 мільйонів тонн; Канада – 6,1 мільйонів тонн; Україна – 3,9 мільйонів тонн [67].

У XXI столітті відбулося зміну регіону, де поширена культура сої. Тепер перше місце за посівними площами цієї культури займає Американський континент, який має достатню рівномірну кількість опадів і тепла. Тут рослини сої мають не лише сприятливі умови для росту і розвитку, але і можливість формувати високі врожаї насіння. У XXI столітті 87,9% загальної світової площі посіву сої припадає на Північну і Південну Америку, 8,4% на Азію, 2,9% на Європу і 0,8% на Африку [63].

У Індії та Китаї, де природно-кліматичні умови значно суворіше, вирощується 17% світових посівів сої, при цьому валовий збір насіння становить 22,7 млн тонн, а врожайність складає близько 1,0–1,2 тонн на гектар. Також важливо відзначити, що у XXI столітті не лише зростала площа засіву сої, але також збільшувалася її врожайність. Наприклад, у США врожайність сої зросла на 27% за період 1992–2014 років, у Бразилії – на 41%, в Аргентині – на 21%, в Китаї – на 26%, і в Індії – на 8% [62, 63]. США знаходяться на світовому верху з

вирощування сої. Площа посівів становила понад 34 мільйони гектарів, валовий збір насіння склав близько 113 мільйонів тонн, а урожайність становила 3,16 тонн на гектар. На деяких окремих ділянках у штаті Міссурі була досягнута рекордна урожайність на рівні 11,4 тонн на гектар, а середня урожайність на фермі становила 4,98 тонн на гектар [39, 61, 63].

У Сполучених Штатах, соя є однією з важливих складових доходу, і без неї неможливо швидко вирішити проблеми забезпечення країни рослинним білком, підвищенням продуктивності в сільському та тваринному господарстві.

Продукти, отримані з сої, є ключовим рішенням проблеми продовольчої безпеки, розвитку тваринництва і птахівництва, а також формування експортних ресурсів.

Для збільшення площі посівів сої з 309 гектарів у 1909 році до 27,5 мільйонів гектарів у 2001 році в США було кілька ключових чинників. Першим

чинником було створення у 1925 році Національної асоціації виробників сої (сьогодні відомої як Американська соєва асоціація), яка займалася поширенням

виробництва та використання сої. Другим чинником було створення вегетаріанського санаторію «Бетл-Крик» Джоном Харві Келгтом, де соя використовувалася як основний продукт харчування і була популярною серед

адвентистів сьомого дня, що відіграли важливу роль у розвитку соєвої галузі в

США. Третім чинником було визнанням сої як альтернативи м'ясу в 1980 році керівництвом країни та прийняттям у 1990 році Державної програми наукових досліджень з сої, на яку регулярно виділяється понад 60 мільйонів доларів,

завдяки чому близько 100 селекціонерів у державних та приватних установах

розробляють сорти для різних регіонів. Четвертим чинником є створення і

впровадження виробництва сортів і технологій з використанням генетично модифікованих організмів, частка яких становить близько 90 %. Застосування

ГМ-технологій значно зменшило витрати на боротьбу з бур'янами, хворобами та шкідниками, що підвищило рентабельність вирощування сої [66, 67]. Як

наслідок, країна зайняла на перше місце в світі за виробництвом та експортом сої та продуктів її переробки [45].

Бразилія виділяється своєю другою за розміром площею вирощування сої (31,5 млн га), валовим збором насіння (104–117 млн т) і середньою врожайністю (2,96 т/га) [39]. Зростання виробництва сої в країні розпочалося в 80-х роках минулого століття завдяки розширенню обсягів посівів, створенню великих корпорацій і поліпшенню родючості ґрунтів. У 2014 році в Бразилії було зібрано 97,2 млн тонн насіння сої, з яких 46 млн тонн вивезено на експорт, вироблено 291 млн тонн соєвого шроту. Половина цього шроту використовується як корм для тварин і птиці, а іншу половину експортується. Ця країна має впливову позицію на світовому ринку м'яса.

У 1961 році в Аргентині вирощування сої обмежувалося приблизно 1 тисячею гектарів. Але починаючи з 80-х років завдяки підтримці фермерів-селекціонерів, площі посіву стрімко зросли і до 2016 року досягли близько 25 млн гектарів, з яких було зібрано 55,5 млн тонн насіння сої. Світове виробництво і ринок сої сфокусовані на трьох головних "гравцях" – Бразилії, США і Аргентині. Вони поставляють сою на світовий ринок, основним споживачем якої є Китай, що щороку імпортує 97–100 млн тонн сої [51].

Отже, досвід США, Бразилії та Аргентини у вирощуванні сої для виробництва білка і олії заслуговує на розгляд і впровадження в інших країнах світу, включаючи Україну.

У Європі сою вирощують у 10 країнах, таких як Італія, Франція, Румунія, Угорщина, Болгарія та інші, на загальній площі понад 2 млн гектарів. Проте основну частину виробництва сконцентровано в трьох країнах: Італії (1,25 млн тонн), Франції (0,22 млн тонн) і Австрії (0,04 млн тонн) [45].

Високий технологічний рівень вирощування сої в Італії та Франції передбачає вибір сортів з високою генетично обумовленою врожайністю, обов'язкове інокулювання насіння різними штамми бульбочкових бактерій виду *Rhizobium*, використання засобів захисту рослин та систем зрошення. За такого рівня агротехніки, середня врожайність сої в Італії складає 3,7 тонн на гектар, у Франції – 2,7 тонн на гектар [61, 62]. Країни ЄС, особливо Німеччина, розв'язують проблему дефіциту високопротеїнових кормів завдяки значному

імпорту сої та ріпаку. Наприклад, у 2014 році в країнах ЄС було вирощено лише 1,7 мільйонів тонн насіння сої (на 2,3 рази менше, ніж в Україні), але закуплено – 12,75 мільйонів тонн насіння і 19,3 мільйони тонн шроту сої, з якого вироблено 29,4 мільйони тонн корму для тварин і птахів [65, 66].

В Україні соя за короткий період стала однією з найпоширеніших і важливих культур, не лише як кормова, але і як продовольча культура. Наприклад, у 1977 році площа посіву цієї культури становила лише 13,5 тисяч гектарів, а в 2015 році – 2,16 мільйонів гектарів. Водночас зросла і врожайність сої, з 1,36 тонн на гектар у 1977 році до 2,36 тонн на гектар у 2015 році [58]. У

2016 році в Україні було зібрано 4,3 мільйона тонн насіння сої з врожайністю 2,31 тони на гектар.

За обсягами посівних площ і валовими зборами насіння сої, Україна займає перше місце серед країн ЄС і восьме місце у світі [63]. Вперше Україна вийшла на світовий рівень вирощування зернобобових культур. Це стало можливим завдяки тому, що соя стала однією з найбільш прибуткових і експортно привабливих культур, що дало можливість суттєво покращити стан агропромислового комплексу.

Важно відзначити, що протягом останніх років Україна була лідером у відсотках експорту сої, випередивши навіть таких світових виробників сої, як США та Бразилія. Основними чинниками, які сприяли збільшенню площі посівів, урожайності та валового збору сої, були впровадження галузевої програми. Крім того, важливим внеском було створення в 2003 році асоціації «Українська асоціація виробників і переробників сої» під керівництвом В. Н. Тимченка, а також утворення в 2005 році Науково-дослідного інституту сої на базі компанії «Арніка» у Глобенському районі Полтавської області для розвитку сортів та вирощування первинного насінництва сої [41].

За словами президента Української асоціації виробників сої, В. В. Тимченка, рух продуктів соєвого комплексу буде і надалі позитивним, очікується збільшення виробництва соєвих бобів в Україні приблизно в 1,2 рази, з 4,28 млн т у 2016 році до майже 5,34 млн т у 2020 році. Внаслідок цього,

очікується збільшення обсягу виробництва соєвої олії з 170 до 370 тис. тонн (у 2,1 рази) та соєвого шроту з 750 до 1,13 млн тонн (у 1,5 рази) в найближчі роки. За словами академіка НААН України, В. Петриченка, до 2020 року обсяг ринку сої в Україні може збільшитися з 4,3 млн тонн до 5,9 млн тонн, а до 2025 року досягти 6,5–7,0 млн тонн [54, 55, 56]. Це свідчить про те, що Україна має унікальні можливості для зростання виробництва сої завдяки родючим ґрунтам, сприятливому клімату, високому науковому потенціалу, сортам нового покоління та передовим технологіям вирощування [69].

Незважаючи на збільшення площі посіву і валових зборів зерна сої протягом останнього десятиріччя, з 2018 року передбачається зменшення цих показників. Причиною цього є введення урядом України податку на додану вартість (ПДВ) при експорті сої та соняшнику. Головна ідея такого рішення полягає в стимулюванні внутрішнього попиту і зменшенні обсягів експорту сої у вигляді шроту та олії. Однак важко очікувати, що за один рік буде можливо суттєво збільшити потужності переробки, і тому експорт продовжиться, при цьому площі посіву можуть скоротитися, і виробники можуть намагатися уникнути сплати ПДВ [69].

1.3. Продуктивність сої залежно від обробітку ґрунту.

Со́я – це рослина з однорічним трав'янистим стеблом, що росте вертикально та має здатність до розгалуження. Стебло вкрите червонуватими або білими волосками і може досягати середньої висоти від 60 до 100 см, але інколи може бути і вищим або нижчим (від 20 до 200 см).

Сої мають добре розвинену кореневу систему, з керінням – стрижнем, який може проникати у глибину ґрунту до 1,5–2,0 метрів. З головного кореня виходять бічні корені першого–четвертого порядків, розташовані в верхньому шарі ґрунту (0–30 см), і складають близько 60 % загальної маси кореневої системи. Головний корінь і бічні корені активно формують кореневі волоски, і при взаємодії з активними штамами бульбочкових бактерій на них утворюються бульбочки різного розміру, де відбувається біологічна фіксація азоту [8, 53].

Соя – це рослина короткого дня, яка росте в умовах мусонного клімату і погано переносить затінення. Одночасно важливо зазначити, що соя має велику адаптивність до різних умов вирощування, що відображається у її широкому поширенні. За тисячоліття розвитку в різних екологічних регіонах виникли різні форми сої, які реагують на фактори середовища по-різному [47, 46, 53].

Після сівби, насіння сої починає збільшувати свій об'єм, поглинаючи не менше 130–160% води від своєї власної маси. Для успішного збільшення об'єму насінню потрібно наявність вологи в ґрунті на глибині 0–20 см не менше 30 мм.

Після повного набухання, в насінні розпочинаються процеси росту, включаючи формування головного кореня, який поступово заглиблюється в ґрунт. Одночасно на кінці цього кореня з'являються волоски, і починає рости під сім'ядольне колено. Після 5–7 днів воно виходить на поверхню ґрунту у вигляді паростка з двома білими сім'ядолями. Під час виходу сходів, головний корінь і паросток використовують запаси поживних речовин в насінні, і коли на сім'ядолях з'являється зелена пігментація, молода рослина починає самостійно житися. Додаткові корені, особливо великі, спочатку ростуть горизонтально на відстань 40–70 см від головного кореня, а потім глибше занурюються в ґрунт,

залежно від типу ґрунту, способів обробітку, температури в орному шарі і інших факторів.

У рослин сої спостерігається неглибоке розташування основної частини коренів. Більшість з них розміщуються у верхньому шарі ґрунту, на глибині 0–30 см, і на добре зволжених та поживних ґрунтах – у шарі від 30 до 60 см. У початкових стадіях росту рослини сої корені зростають швидше, ніж стебло.

Наприклад, за дослідженнями В. Єнкена [42], на третій день після сходів головний корінь мав довжину 18 см, а на п'ятий день – 25 см, у той час як стебло досягло лише 7 см. Впродовж доби спостерігалось незначне збільшення висоти рослин сої від 0,21 до 0,75 см в період від 5 до 25 днів після сходів. Інтенсивний приріст висоти стебла спостерігався лише починаючи з 25-го дня вегетації,

досягаючи максимальних значень від 1,21 до 1,72 см за добу в міжфазний період від бутонізації до початку цвітіння [37, 38].

У початковий період росту, коли стебло сої росте повільно і має невелику висоту, а також коли густина посівів становить (50–60 рослин на квадратний метр), рослини сої не можуть ефективно конкурувати з бур'янами. Ця проблема призводить до значного засмічення полів, що стає суттєвою перешкодою для отримання високих і стійких врожаїв сої. Кожний центнер бур'янів призводить до втрат у врожаї сої в більше ніж 13 кілограмів насіння. Навіть одна рослина шириці (гібридної) на кожному погонному метрі може знизити врожай сої на 18 %.

Бур'яни не лише заважають росту та розвитку рослин сої, але також погіршують якість насіння. Вони вбирають з ґрунту значну кількість поживних речовин і вологи, а також є носіями шкідників та патогенних мікроорганізмів. Бур'яни також ускладнюють догляд за посівами та збиранням врожаю, а своїм насінням додатково засмічують поля. Все це призводить до непродуктивних витрат праці та грошей на проведення додаткових заходів, таких як лущення ґрунту, культивування, оранка, обприскування посівів гербіцидами, а також очищення та сушка насіння [64].

За словами відомого експерта в області сої в Україні, А. К. Лещенка [47], у першій половині або на початку другої половини ХХ століття більше ніж 25 наукових та навчальних закладів в різних регіонах України вивчали агротехнічні методи вирощування сої. Зазвичай сою вирощували в системі зернової сівозміни, після пшениці озимої, яку сіяли після чистого або зайнятого пару, і рідше після інших злакових культур. Також істотну роль відігравала швидкість дозрівання сортів сої – чим швидше збирали врожай сої, тим більше часу залишалося для підготовки ґрунту для наступних озимих культур або зяблевої оранки. Проте більшість досліджень були проведені у короткоротаційній сівозміні, коли більше 20 % земель були висіяні соєю, тому лише обмежену кількість результатів можна було використовувати для виробництва.

Науково обґрунтована ротація культур у системі сівозміни передбачає два важливі аспекти. З одного боку, це правильний вибір попередників для культур, що сприяє їх успішному вирощуванню. З іншого боку, це враховує

оптимальне чергування культур одного виду з урахуванням допустимої частоти вирощування їх на тих самих полях у системі сівозміни. За таких умов сівозміна максимально виконує свою основну біологічну функцію – забезпечує фітосанітарний захист. В порівнянні з монокультурою, ця система зменшує вплив захворювань і шкідників на рослини в 2–4 рази і дозволяє уникнути надмірного використання хімічних засобів захисту врожаю.

В сучасних умовах розподілу сільськогосподарських культур на користь економічно привабливих видів, соя має можливість займати провідне місце в структурі сівозмін в будь-якому регіоні України. Дослідження проведені в Харківському національному університеті ім. В. В. Докучаєва, Кіровоградській державній сільськогосподарській дослідній станції НААН та інших наукових установах підтвердили, що соя має найнижчу чутливість до сівозміни, і, отже, може вирощуватися в сівозмінах усіх регіонів України. За умови високого рівня сільського господарства та належного застосування добрив сою можна вирощувати в короткоротаційних сівозмінах, повторних та беззмінних посівах.

Сучасні, науково обґрунтовані короткоротаційні сівозміни повинні сприяти раціональному використанню землі, покращенню водного та живильного режиму ґрунту, створювати умови для ефективного використання органічних і мінеральних добрив та підвищувати родючість ґрунту. Проте найвищі врожаї та найбільший вихід продукції з одиниці площі можливі лише за використання п'ятичлених сівозмін у зоні Лісостепу, таких як:

1. Соя – пшениця яра – ріпак озимий – пшениця озима – кукурудза на зерно.
2. Соя – пшениця озима – цукрові буряки – гречка – кукурудза на силос.
3. Пшениця озима – соя – картопля – ячмінь ярий – кукурудза на силос.
4. Багаторічні трави (конюшина) – пшениця озима – соя – кукурудза на зерно – ячмінь ярий з підсівом конюшини.

Ці сівозміни дозволяють досягти найкращих результатів у вирощуванні різних культур та оптимально використовувати ресурси землі та добрив для максимізації врожаю.

Результати багаторічних досліджень вказують на те, що урожайність сої залежить на 68% від погодних умов, на 26,5% від вибору культур у сівозміні та схеми їх чергування. Дослідники не виявили істотної різниці в урожайності сої між її попередниками, такими як пшениця озима (2,57 т/га) і кукурудза на зерно (2,54 т/га). Повторне розміщення сої, особливо в нових регіонах вирощування і під час посіву вдруге за повторного розміщення, забезпечує зростання урожайності сої завдяки збільшенню кількості бульбобкових бактерій у ґрунті, покращенню його фізичного стану, поживного режиму та боротьбі з бур'янами.

Багаторічні дослідження, вивчення вітчизняного та зарубіжного досвіду дозволили академіку А. Бабищу та його співавторам розробити концепцію «кукурудзяно-соєвого поясу» в Україні, який охоплює різні регіони, включаючи лісостеп, степ, лісостепові райони Полісся та Західного регіону, а також зрошувані землі південного степу.

Ця концепція ґрунтується на тому, що вирощування сої і кукурудзи мають подібні вимоги до умов вирощування, і вони взаємовигідно доповнюють одна одну, оскільки зони їх вирощування перекриваються. Заміна гороку і пшениці озимої ланкою сівозміни, де культивується соя та кукурудза, призводить до значного збільшення виробництва зерна.

Соя не тільки цінна як джерело білка і олії, але також є важливим попередником для зернових культур, завдяки зменшенню використання площі для посіву гороху, багаторічних і однорічних трав, а також кукурудзи для виробництва силосу та зеленого корму. Це вимагає розробки стратегій для формування високопродуктивних сівозмін, оскільки правильний вибір чергування культур на полях та в часі є надзвичайно важливим аспектом сільськогосподарської діяльності. Важливо враховувати також високу прибутковість сої, навіть за середньої врожайності в 1,5 т/га, яка еквівалентна прибутковості соняшнику з врожайністю 2,0-2,2 тон на гектар, роблячи її однією з найбільш економічно вигідних культур.

Ще в давнину відомо було про роль сої у покращенні показників родючості ґрунту завдяки глибокому та широкому поширенню її основних та додаткових

коренів, збереженню плодючості ґрунту та вологоутримувальних властивостей, щільному листку, сприянню біологічній фіксації азоту та покращенню стану ґрунту. Крім цього, соя є відмінним сидератом та однією з провідних сільськогосподарських культур для вирощування в умовах обмежених опадів, змішаних посівів і різних агрокліматичних зон. Висока стійкість до водного дефіциту, позитивний вплив на родючість ґрунту та контроль над шкідниками призвели до широкого поширення сої як важливої культури для вирощування практично у всіх регіонах світу протягом XX століття.

З цієї причини велике значення має наукове обґрунтування та розробка технологічних прийомів для досягнення високих та стабільних врожаїв сої. Тільки поля, які позбавлені від бур'янів, можуть гарантувати такі врожаї. Тому перед початком вирощування сої необхідно детально підійти до вибору поля та визначити, для яких цілей планується вирощування цієї культури – чи це насіння, чи кращий попередник для наступної культури. Також необхідно враховувати ринкову привабливість кінцевого продукту, склад і співвідношення основних компонентів насіння, урожайність, фізико-біологічні властивості, а також агрокліматичні та природні умови [72].

Обробіток ґрунту відіграє ключову роль у системі вирощування сої. Всі подальші технологічні операції вирощування сої залежать від якості проведеного обробітку ґрунту [49].

Обробіток ґрунту сприяє створенню оптимальних умов для росту сої, включаючи достатній рівень вологи, повітря, тепла та поживних речовин. Завдяки обробітку ґрунту проводиться боротьба з бур'янами, заробляння мінеральних та органічних добрив в ґрунт, збереження вологи, вирівнювання поверхні поля і створення оптимальних умов для розвитку кореневої системи. Крім того, обробіток сприяє біологічній фіксації азоту завдяки оптимізації умов розвитку бульбочкових бактерій і забезпечує можливість проведення якісної сівби [48, 59].

Вибір способу обробітку ґрунту перш за все залежить від ґрунтових та кліматичних умов в конкретній зоні, таких як тривалість вегетаційного періоду,

механічний склад ґрунту і інші фактори, а також від наявності матеріально-технічної бази сільськогосподарського підприємства, ступеня забур'яненості поля, попередника та особливостей вирощуваної культури (сорту) та інших факторів.

Дослідження, проведені різними авторами, показують, що глибина оранки під сою повинна враховувати тип ґрунту, попередник і рівень забур'яненості поля. Проте це питання є предметом численних дискусій [44]. За деякими дослідниками, такими як Бабич А. О. та ін. [33], Bobrecka–Jamro D. та Pizlo, [3]

соя може давати практично однаковий врожай незалежно від глибини

проведення обробітку, від поверхневого обробітку до оранки на глибину 25–27

см. Однак, відомий дослідник культури сої В. Б. Стжен [42] на основі тривалих

національних і міжнародних досліджень показав, що збільшення глибини оранки

під сою призводить до значного зростання врожайності на 143–208 % порівняно

з оранкою на глибину 15 см. У полях, де проведена глибока оранка, коренева

система сої розвивається добре, рослини стають більш могутніми і надають

більше бобів, що сприяє підвищенню врожайності [34].

Збільшення глибини обробітку ґрунту не лише сприяє збільшенню

врожайності сої, але також допомагає в боротьбі з бур'янами, хворобами та

шкідниками. Проте, щоб визначити необхідну глибину обробітку ґрунту для сої,

слід враховувати глибину обробітку для попередньої культури. Наприклад, якщо

глибина обробітку для попередньої культури становила 20–23 см, то для сої

рекомендується обробити ґрунт глибше, а саме 25–27 см. З іншого боку, якщо

для попередньої культури використовувалася глибина обробітку 25–27 см, то для

сої можна зменшити глибину обробітку до 20–23 см [52, 53].

В Україні варто відзначити, що значна кількість фермерських господарств

вирощують врожаї сої із застосуванням методів мінімального або навіть

нульового обробітку ґрунту, таких як No-till. Завдяки їхній ефективності та

стабільно зростаючому інтересу соєвих виробників, такі технології стануть все

популярнішими. Зміна кліматичних умов, зокрема температури та опадів

протягом вегетаційного періоду, впливає на врожайність сої і є обмежуючим

фактором [19, 12]. Адаптація сільськогосподарських технологій до кліматичних змін особливо важлива для бобових культур, які мають низьку стабільність у виробництві [22, 29]. У випадку недостатнього опадів, важливо підготувати

грунт так, щоб зберегти максимальну кількість атмосферних опадів.

Дослідження Pittelkow et al. [21] підтверджують, що нульовий обробіток ґрунту (No-till) є найкращим методом в умовах посухи, і часто врожайність його перевершує врожайність, отриману за традиційного обробітку ґрунту.

Одним із основних завдань сучасного сільськогосподарського виробництва є підвищення родючості ґрунтів, не лише вирощення високоякісної

продукції [16]. Технології зберігаючого обробітку ґрунту вважаються ефективними для управління родючістю ґрунту та зменшення енергетичних і економічних витрат [1, 7, 17]. Проте, є питання щодо стабільності врожайності і

родючості ґрунту при використанні ресурсозберігаючого обробітку в технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Дослідники Tshuma et

al. вказують, що No-till може призвести до нерівномірного розподілу елементів живлення в ґрунті, з більшою кількістю їх у верхньому шарі, що може негативно вплинути на доступ культур до живлення, особливо в умовах посушливого

періоду [27]. Shen et al. зазначають, що No-till поліпшує структуру ґрунту

порівняно з традиційним обробітком, збільшуючи кількість макроагрегатів на 4,8 %, агрегат-АОС на 8,3 % та агрегат-АМВС на 18,3 %, але традиційний обробіток ґрунту забезпечує вищу врожайність культур порівняно з No-till [23].

Дослідження Calonego et al. показують, що система No-till покращує якість ґрунту, підвищує його структуру, біологічну активність, водозберігаючу здатність та ефективність використання води [6].

Інший важливий аспект полягає в тому, що впровадження системи No-till може зменшити витрати на виробництво та підвищити прибутковість завдяки меншому споживанню енергії та праці в порівнянні з традиційною системою [5,

20]. Тому рішення про впровадження No-till повинно бути обґрунтовано як з економічних, так і екологічних позицій.

На підставі результатів досліджень індійських вчених, таких як Прокаш В. та його співавтори, можна зробити висновок, що використання оранки сприяє отриманню більш високого врожаю сої, в порівнянні з мінімальним обробітком (-2,2 %) та прямою сівбою (-21,0 %) [60].

Удобрення. Необхідно враховувати потреби сої в добривах, враховуючи фази росту рослин. Початково, під час початку вегетації сої, їй необхідно менше поживних речовин, зокрема, близько 6–16 % азоту, 8–12 % фосфору та 9–23 % калію (це стосується періоду від сходів до початку цвітіння). Проте, під час формування бобів і наливу насіння, соя вимагає найбільше добрив. Зокрема, азот найбільше споживається під час бутонізації до цвітіння і під час інтенсивного зростання вегетативної маси. Фосфор сприяє збільшенню кількості генеративних органів та розвитку бульбочок на коренях. Саму найбільшу кількість калію рослини використовують під час формування бобів і наливу насіння [43].

Згідно з Бабицем [33] і дослідниками Огурцовим і Міхеевим [53] при плануванні добрив для сої, важливо враховувати також скоростиглість сортів. Це означає, що середньо- та пізньостиглі сорти, завдяки тривалому періоду вегетації, розвивають потужну кореневу систему, яка забезпечує їхнє збагачення макро- і мікроелементами з глибоких шарів ґрунту. Це, в свою чергу, зменшує їхню залежність від кількості добрив. Навпаки, ранні сорти вимагають більшого живлення і відповідно реагують на нього збільшенням врожаю [70].

Для підвищення результативності впливу добрив важливо враховувати вапнування ґрунту та інокуляцію насіння. Згідно з дослідженням Ф. Петриченко [55] внесення вапна до ґрунту в умовах Лісостепу разом з NPK добривами призвело до збільшення врожайності сої на 0,40 т/га (+18 %) порівняно з контрольною групою, де врожайність становила 1,84 т/га. Додавання інокуляції сприяло ще більшому підвищенню врожайності на 6,6 ц/га (+23 %).

Можна зробити висновок, що одним із ключових аспектів вирощування сої є передпосівна інокуляція насіння азотфіксуючими бактеріями, що становить важливу складову агротехнології для цієї культури. Це практикується ведучими країнами виробництва сої, такими як США, Бразилія, Аргентина та Канада, де

інокулюють майже всі площі під сою. Наприклад, в США інокулюють 100% посіву, у Бразилії та Канаді – по 60 %, а в Аргентині – 100%. Україна також практикує інокуляцію, і хоча на деяких площах соя вирощується вперше або нещодавно, інокулюють близько 50 % з них [39]. Важливо відзначити, що інокуляція не тільки сприяє збільшенню врожайності сої, але й є екологічно чистим і економічно вигідним методом порівняно з використанням хімічних добрив. Таким чином, для підвищення врожайності сої важливо розробити комплексну технологію вирощування, яка враховуватиме вибір попередників, методи обробітку, сорти і таке інше.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МІСЦЕ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Ґрунтово–кліматичні умови місця проведення досліджень

Дослідження щодо визначення ефективності систем землеробства для отримання високих врожаїв сої та покращення агрофізичних властивостей ґрунту проводилися у 2023 р. у стаціонарному досліді кафедри землеробства та гербології у ВП «Агробіологічна дослідна станція» НУБіП України (<https://nubip.edu.ua/node/4452>).

Досліджуваний ґрунт – чорнозем типовий малогумусний, за гранулометричним складом крупнопилувато легкосуглинковий, включав 37 % фізичної глини і 63 % піску. Рівноважна об'ємна маса ґрунту становить 1,16–1,30 г/см³, вологість стійкого в'янення (BCV) – 10,8 %.

2.2. Агрометеорологічні умови в період проведення досліджень.

Суттєвою проблемою для агропромислового сектору України є адаптація до зміни клімату, яка має як науковий, так і виробничий аспекти. Для досягнення цієї мети необхідно проводити оперативну оцінку впливу зміни клімату на стан агроландшафтів та сільське господарство, передбачати можливі довгострокові ризики внаслідок кризових кліматичних подій і розробляти відповідні ефективні заходи для адаптації. Врожайність сільськогосподарських культур залежить від численних взаємопов'язаних факторів та їх реакції на умови середовища. Поточні метеорологічні умови під час проведення досліджень можуть значно впливати на отримані результати.

Для точного визначення впливу погодних умов на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, можна використовувати методіку оцінки відповідності явищ у землеробстві. Стандартизація погодних умов років проведення досліджень визначається наступними показниками: кількість опадів, загальна сума активних температур (вище 10 °С) та гідротермічний коефіцієнт. Щоб визначити стандартність умов, в таблиці подаються коефіцієнти відхилення

для всіх компонентів погоди від їх багаторічної середньої величини (K_i), який служить критерієм порівняння фактичних значень погодних параметрів з їх багаторічними середніми.

Оптимальними є відхилення, при яких коефіцієнт відхилення знаходиться в інтервалі від 0 до $\pm 0,3$. Відхилення, які тенденційно більше, вказують на K_i в межах від $+0,4$ до 1 , в той час як тенденційно менші вказують на K_i в інтервалі від $-0,4$ до -1 . Значення K_i в інтервалі від $+1$ до $+2$ вказують на істотно більші відхилення, тоді як значення K_i в інтервалі від -1 до -2 вказують на істотно менші.

Екстремально великі відхилення спостерігаються, коли $K_i > +2$, і екстремально малі – коли $K_i < -2$.

Аналіз погодних умов вегетаційного періоду вирощування сої у 2023 році показав, що за кількість тепла, яка визначається сумою активних температур ($\geq 10^\circ\text{C}$), квітень та травень були істотно холодними відповідно $K_i = -1,3$ і $K_i = -1,8$. Наступний місяць, червень, характеризувався як екстремально холодним ($K_i = -2,8$) за сумою активних температур, порівняно із багаторічними даними. Липень характеризувався типовими температурами відносно багаторічних даних ($K_i = 0,3$). Серпень і вересень були спекотними, з високою сумою активних температур, відповідно $K_i = 1$, і $K_i = 2,3$ (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.
Погодні умови. Метеостанція АДС НУБІП України

Показник	Місяць					
	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7
опад, мм						
К-сть за звітний період	90	0	36,5	110,3	0,5	0
Багаторічна норма	34,1	61,8	61,2	55,3	51,2	50,6
Відхилення від норми	55,9	-61,8	-24,7	55	-50,7	-50,6
Коефіцієнт істотності відхилень	2,4	-1,3	-0,5	1,9	-1,1	-1,5

(Продовження таблиці 2.1)

1	2	3	4	5	6	7
сума активних температур, >10С°						
К-сть за звітний період	131	365	428	670	694	554
Багаторічна норма	218,1	479,9	586,6	656,1	633,6	434,7
Відхилення від норми	-87,1	-114,9	-158,6	13,9	60,4	119,3
Коефіцієнт істотності відхилень	-1,3	-1,8	-2,8	0,3	1,4	2,3
ГТК						
К-сть за звітний період	6,87	0	0,85	1,65	0,01	0,88
Багаторічна норма	1,66	1,32	1,06	0,84	0,83	1,39
Відхилення від норми	5,21	-1,32	-0,21	0,81	-0,82	-0,52
Коефіцієнт істотності відхилень	5,3	-1,3	-0,2	1,9	-1,1	-0,3

Квітень місяць вегетаційного періоду характеризувався значно кількістю опадів порівняно із середньобагаторічними даними, як це вказує коефіцієнт істотності, який становив $K_i = 2,4$. Травень і червень характеризувалися відсутністю опадів і тенденцією до їх зменшення. У липні спостерігалася істотне відхилення ($K_i = 1,9$) кількості опадів у бік їх збільшення. У вегетаційний період за серпень і вересень опади були відсутні.

Таким чином, на початку вегетаційного періоду у 2023 році було достатньо опадів для ярих культур, але бракувало тепла. Це призвело до того, що весняні місяці вважалися перезволоженими з погляду показника ГТК. Загалом, протягом усього вегетаційного періоду сільськогосподарських культур спостерігалися значні відхилення від багаторічної норми за показником ГТК.

НУБІП України

2.3. Програма і методика проведення досліджень.

Дослідження проводились у сівозміні з таким чергуванням сільськогосподарських культур:

1. Соняшник;

2. Пшениця озима,

3. Соя.

Досліджувалися наступні системи землеробства:

1. No-till;

2. Традиційна (дискування на 8–10 см після збирання попередника (пшениця озима); оранка на 23–25 см; ранньовесняне закриття водами, передпосівна культивування на (6–8 см). Площа посівної ділянки 52 м², облікової 22 м².

Визначення загальних запасів та доступної вологи у ґрунті до глибини 1 м проводили термостатно-ваговим методом. Середню навашку висушували в термостаті за температури 105 С⁰ відповідно до DSTU ISO 16586:2005 (2008).

Проби ґрунту відбирали буром з шарів 0–10, 10–20, 20–30, 30–50, 50–70, 70–100 см. [10] У кожному варіанті розраховували сумарний запас вологи та запаси

доступної рослинам вологи. Структурно-агрегатний стан ґрунту визначили за методом Саввінова відповідно до DSTU 4744:2007 (2008) [11]; щільність складення ґрунту – методом різального кільця відповідно до DSTU ISO 11272–

2001 (2003) [10]. Облік врожаю здійснювали методом суцільного обмолоту всієї площі облікової ділянки з приведенням до 100 % чистоти і стандартної вологості з кожного варіанта в усіх повтореннях окремо. Збирали врожай у фазі повної стиглості.

2.4. Система удобрення вирощуваних сільськогосподарських культур

Для забезпечення сільськогосподарських культур поживними елементами добрива вносили в основне удобрення та при посіві.

Для забезпечення сільськогосподарських культур поживними елементами добрива вносили в основне удобрення та при посіві.

Система удобрення:

1. Пшениця озима – навесні: підживлення – аміачна селітра (NH_4NO_3 - 34,4%) - 100 кг/га, у фазу кінець кушення - карбамід ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ -46,2%) - 90 кг/га.

2. Соя Перед посівом Амофос ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ -12:52) - 90 кг/га.

3. Соняшник - навесні під посів Амофос ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ -12:52) – 90 кг/га.

2.5. Система захисту посівів від шкідливих організмів

У якості хімічних засобів контролю бур'янів та інших шкідливих організмів за вирощування культур використовувались сучасні рекомендовані пестициди на підставі еколого-економічних порогів шкідливості.

1. У якості хімічних засобів контролю бур'янів та інших шкідливих організмів за вирощування культур використовувались сучасні рекомендовані пестициди на підставі еколого-економічних порогів шкідливості.

1. Пшениця озима – система захисту посівів Вайбранс інтеграл – 2,0 л/га. Обробка посівів для захисту від бур'янів – Дербі 0,07 л/га (від дводольних). Обробка посівів для захисту від хвороб фунгіцидами Альто супер – 0,5 л/га. Елатус Ріа – 0,5 л/га. Обробка посівів для захисту від шкідників – Карате Зеон – 0,2л/га, Енжіо – 0,18л/га.

2. Соя – Система захисту посівів передпоча оброблення насіння Вайбранс RFS – 1л/т., перед сівбою Інокулянт – Атува (2 л/т)+кріопротектор Премакс (0,5л/т). Обробка посівів для захисту від хвороб фунгіцидом Амістар Голд (0,8 л/га). Для захисту від бур'янів – Ураган Форте – (2,5 л/га). Для боротьби із шкідниками застосовували Енжіо – 0,18 л/га. Десикація – Альфа-Дикват в.р. (2 л/га)

3. Соняшник – протруєне інсектицидом і фунгіцидом насіння. Захист від бур'янів Каптора – (1,0л/га) фаза 4/6 листків. Захист від хвороб фунгіцидом Амістар Голд- 0,8 л/га + Бор 1,0 кг/га.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

НУБІП України
3.1. Продуктивність сої залежно від досліджуваних чинників

Для оцінки ефективності різних систем землеробства досліджували агрофізичних показників ґрунту, водоспоживання культури та особливостей формування врожайності. Інтегральним показником ефективності системи землеробства є рівень продуктивності сільськогосподарської культур. За результатами досліджень у 2023 р., найвищу урожайність (2,89 т/га) рослини сої формували за системи No-till, тоді як за традиційної системи (оранка на 23–25 см) вона становила 2,37 т/га (рис. 1).

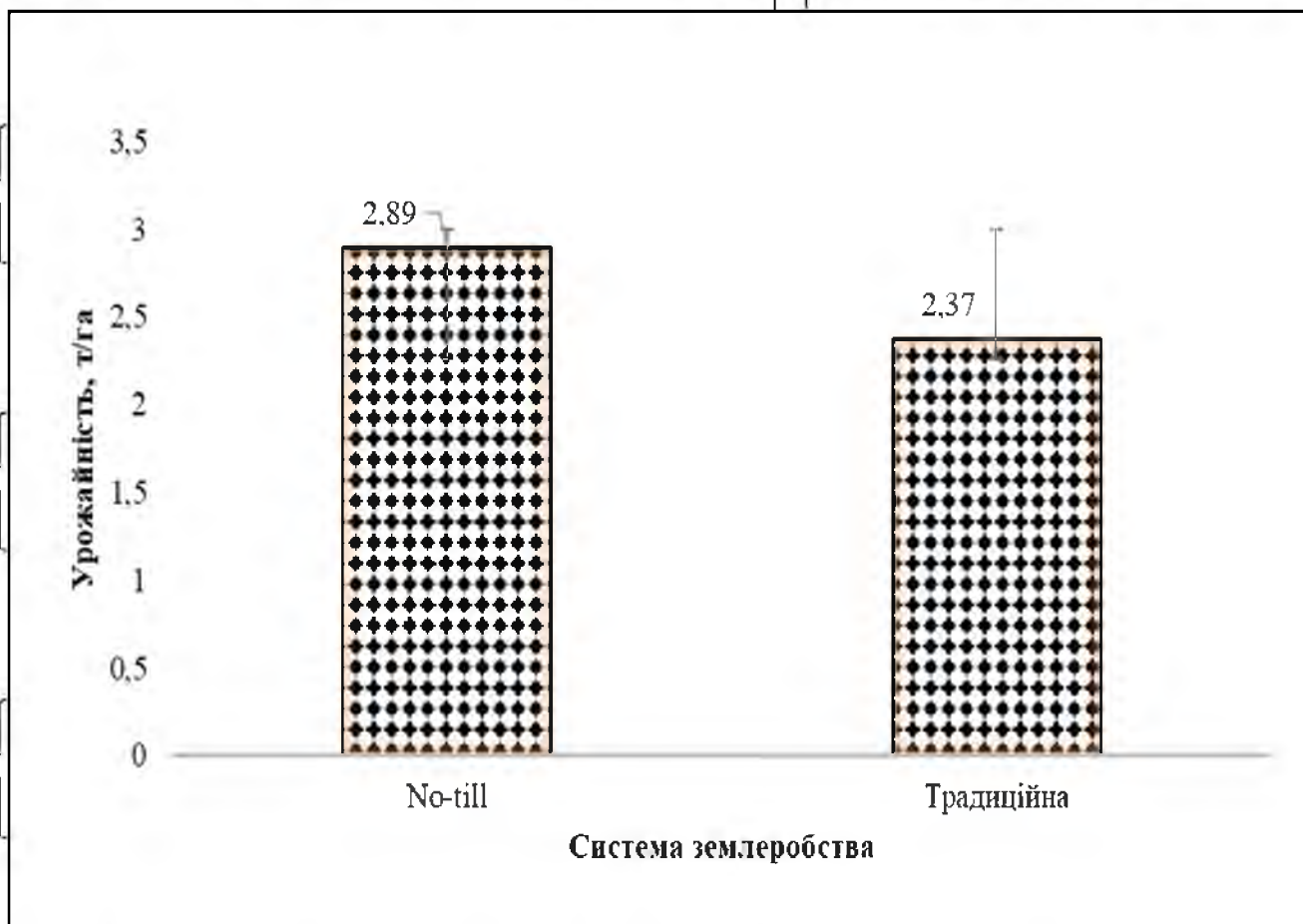


Рисунок 3.1. Продуктивність сої за різних систем землеробства, 2023 р.

НІР₀₅ = 0,17

Проте, в дослідженнях Gaweda et al. було виявлено, що соя, вирощена за системою No-till, демонструвала вищу урожайність на 10,3 % порівняно з традиційним обробітком (оранкою), незважаючи на те, що зерно сої в цьому випадку містило менше білка (на 1,4 %) [14]. У роботі авторів Singh et al. було зазначено, що довготривале використання системи No-till призводило до зниження врожайності кукурудзи, але одночасно підвищувало врожайність сої у дворічній ротатії порівняно з традиційною системою обробітку ґрунту [26]. За даними Adamič et al. [2], незважаючи на значні відмінності в стані рослин і продуктивності окремих рослин, не було виявлено суттєвих відмінностей в урожайності зерна між традиційною системою обробітку та системою No-till. Урожайність становила 4,54 тонни на гектар для традиційних систем і 4,48 тонни на гектар для системи No-till, з незначним зниженням урожайності лише для системи без обробітку ґрунту.

3.2. Якість насіння сої залежно від системи землеробства

Проблема підвищення врожайності сільськогосподарських культур в сучасному етапі розвитку аграрного виробництва є актуальною. Один з ключових показників якості отриманої продукції – це вміст сирого білка та жиру в насінні сої, які відображають її цінність. Важливо зауважити, що ці показники не тільки обумовлені генетично, але й можуть змінюватись в залежності від технології вирощування.

Для досягнення високої врожайності та якості насіння сої, важливо правильно враховувати біологічні особливості сорту та його місце в сівозміні. Однією з ключових стратегій для збільшення врожайності та якості насіння сої є науково обґрунтований підхід до обробітку ґрунту.

За результатами дослідження найвищий вміст білка (39,8 %) та жиру (20,2 %) в насінні сої отримано за системи No-till. За використання традиційної системи (оранка на 23–25 см) насіння сої мало нижчі показники якості. Зокрема, вміст білка становив 39,5 %, а вміст жиру 20,0 % (рис. 3.2).

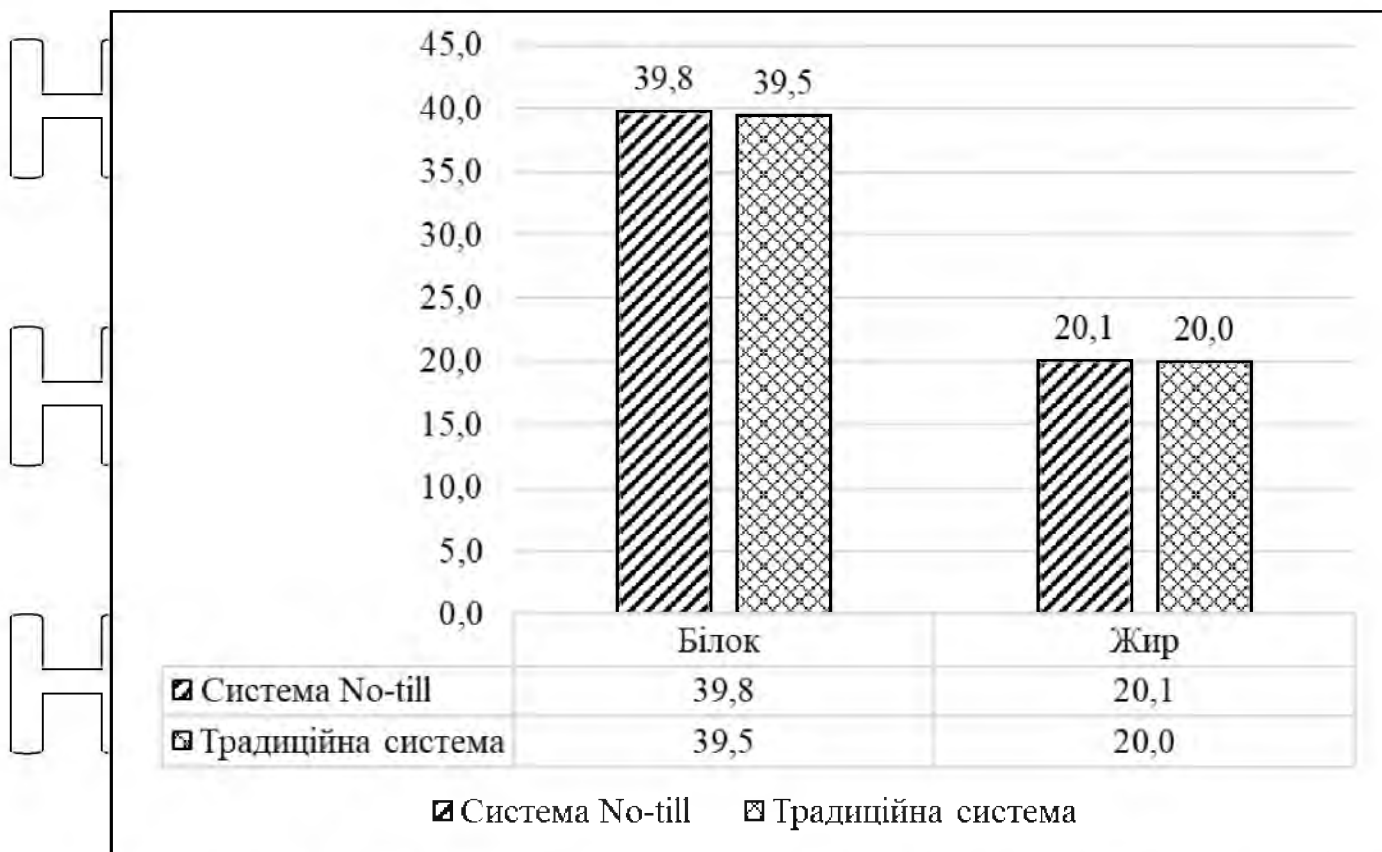


Рисунок 3.2. Уміст білка та жиру у насінні сої залежно від досліджуваних чинників

Дані врожайності і вміст білка та жиру дають змогу оцінити збір білку та жиру з одиниці площі в залежності від вирощування сої за різних системи землеробства. Оскільки продукція сої переважно використовується в харчовій промисловості, ці показники мають важливе значення для визначення ефективності технологій вирощування цієї культури і забезпечення промисловості сировиною для подальшої переробки.

Рослини сої в умовах 2023 р. максимальні показники збору білка формували за системи No-till – 1,15 т/га. У варіанті традиційної системи землеробства спостерігається зниження збору білка на 0,21 т/га. За збором жиру з одиниці площі кращими в досліді виявились посіви сої у варіанті системи No-till – 0,58 т/га. За традиційної системи землеробства показники збору жиру становили 0,47 т/га (рис. 3.3.).

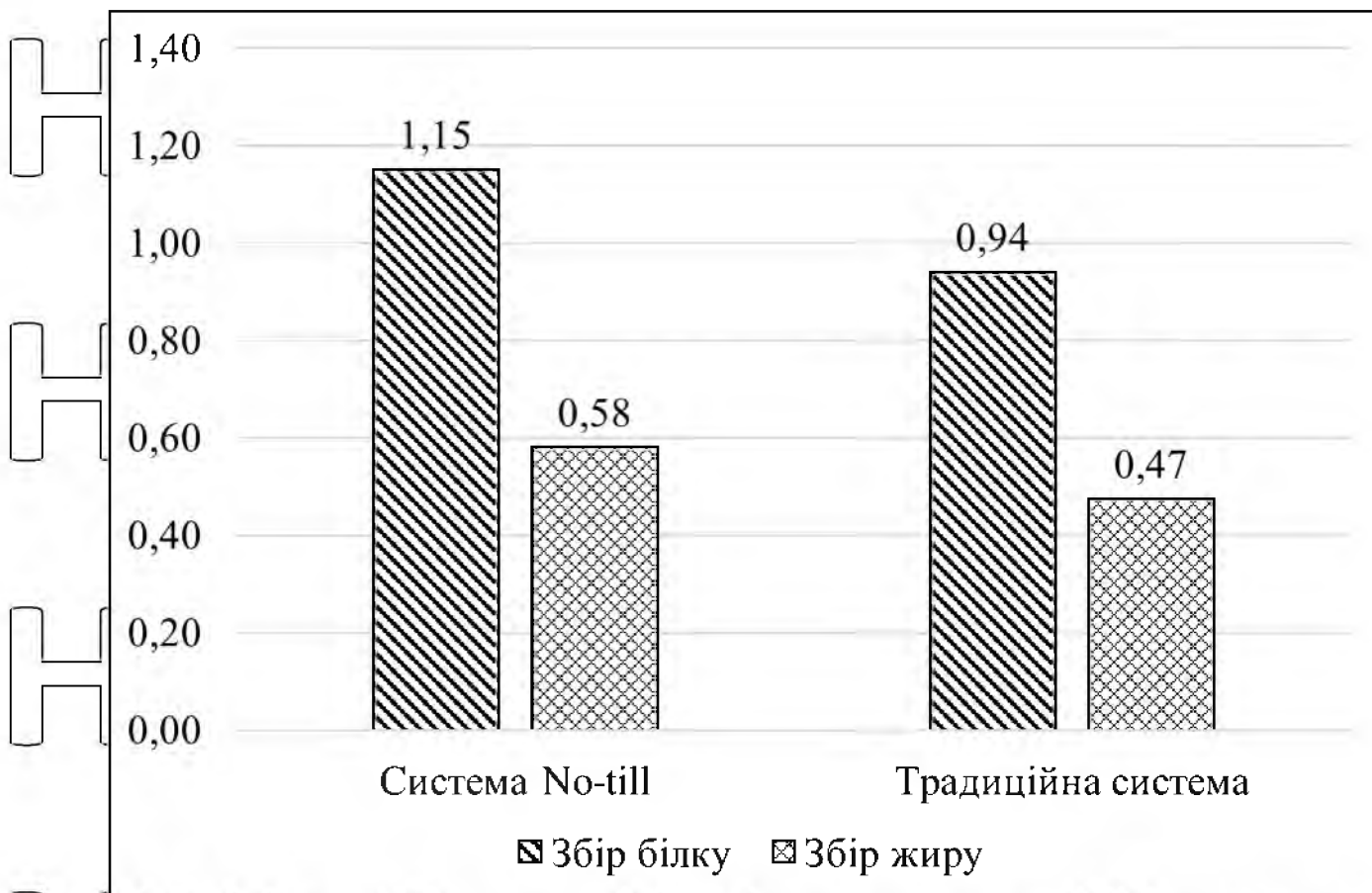


Рисунок 3.5. Збір білка і жиру рослинами сої залежно від системи землеробства

3.3 Формування водного режиму ґрунту у посівах сої за різних систем землеробства.

Результати нашого дослідження щодо ефективної родючості ґрунту дозволили нам припустити, що використання різних методів обробітку ґрунту впливає на потенційну родючість ґрунту, що в свою чергу визначає врожайність сої. Для більш детального обґрунтування навіх врожайних даних, ми провели аналіз впливу різних методів обробітку на агрофізичні показники та водоспоживання культури. Це є важливою та актуальною проблемою не тільки в контексті сучасного сільськогосподарського розвитку, але й в умовах зміни клімату.

Вивчення та встановлення впливу різних агротехнічних заходів на накопичення доступної вологи в ґрунті та, відповідно, на отримання стабільних урожаїв сільськогосподарських культур є ключовим завданням. Враховуючи кліматичні умови регіону, біологічні особливості сільськогосподарських культур і їх водний режим, ми можемо визначити оптимальні методи використання вологи ґрунту та опадів під час вирощування сільськогосподарських культур.

Оптимізація обробітку ґрунту є важливим інструментом управління водними ресурсами рослин. Накопичення сухої речовини в масі сільськогосподарських рослин відбувається найефективніше, коли в ґрунті є достатньо доступної вологи. На основі наших досліджень, проведених у 2023 році, ми встановили, що на час проведення сівби сої, запаси доступної вологи в 0–100 см глибини ґрунту для системи No-till становили 175,6 мм, у порівнянні з 164,2 мм у варіанті традиційної системи землеробства. Під час вегетації більша частина ґрунтової вологи була використана для росту сої та частково для фізичного випаровування з поверхні ґрунту. На момент збирання врожаю сої, запаси доступної вологи в ґрунті для системи No-till становили 68,0 мм, порівняно з 57,8 мм за традиційної системи.

Результати дослідження показали, що вологоспоживання рослинами сої впродовж вегетаційного періоду залежить від обробітку ґрунту. В цьому контексті, загальна кількість вологи, яку рослини сої використовували з ґрунту за вегетаційний період, коливалася від 308,4 до 309,6 мм. За вищих показників за системи No-till (рис. 3.4).

Проведені обчислення сукупних витрат води для створення одиниці сухої маси врожаю показали, що при використанні традиційної системи землеробства (оранка на 23–25 см) отримані значення сукупних витрат води на одиницю сухої маси врожаю становили 651 м³/т, у порівнянні з 527 м³/т за системи землеробства (No-till). Протилежні результати були отримані в дослідженнях Sinchenko et al. (2019), де на чорноземі стандартні сукупні витрати води на формування одиниці сухої маси сої після кукурудзи на зерно становили 475 м³/т для традиційної системи та 623 м³/т для No-till.

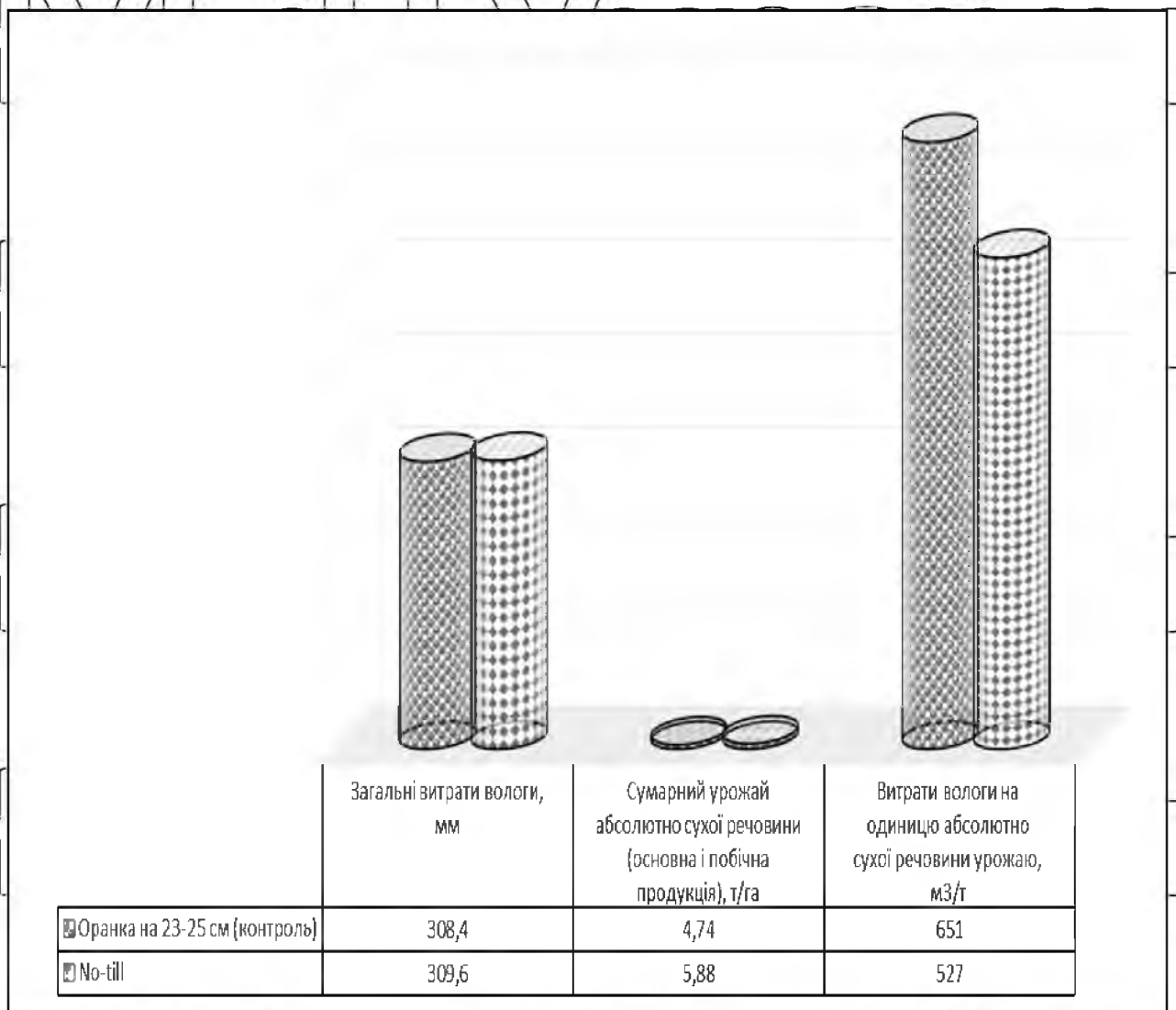


Рисунок 3.4. Сумарне водоспоживання сої залежно від системи землеробства, 2023 р.

3.4. Зміна щільності складення ґрунту у посівах сої залежно від досліджуваних чинників.

Відомо, що найкращі умови для вирощування сої створюються, коли ґрунт має щільність в діапазоні від 1,10 до 1,30 г/см³. У дослідженнях Moraes et al. [18] зазначено, що щільність ґрунту завжди є важливою проблемою для сільського господарства, особливо при використанні мінімальних технологій обробки ґрунту, таких як система No-till. Результати показали, що щільність ґрунту була вищою у системі No-till порівняно з традиційною системою оранки на глибину

23–25 см). За системи No-till щільність складення ґрунту варіювала від 1,21 до 1,32 г/см³, у той час як за традиційної системи вона знаходилася в діапазоні від 1,00 до 1,23 г/см³ (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Щільність складення шару ґрунту 0–30 см у посівах сої за різних систем землеробства, г/см³

Шар ґрунту, см	початок вегетації		кінець вегетації	
	Традиційна система	Система No-till	Традиційна система	Система No-till
0–10	1,00	1,21	1,22	1,41
10–20	1,18	1,40	1,31	1,46
20–30	1,21	1,32	1,30	1,35
НіР ₀₅	0,04	0,02	0,04	0,03

Впродовж росту рослин відбувається ущільнення ґрунту у всіх варіантах експерименту. Нормально, що у варіанті традиційної системи землеробства щільність складення ґрунту у горизонті 0–10 см збільшилася на 22,0 %, тоді як за системи No-till цей показник зріс на 16,5 %. Також слід відзначити, що як для верхніх шарів (0–10 см), так і для глибших шарів (10–20 і 20–30 см), показники щільності складення ґрунту перевищували критичні значення і були значно вищими, ніж оптимальні параметри для вирощування сої.

Схожі результати були отримані дослідниками Vozhehova et al. [28], які показали, що найнижчий рівень щільності складення ґрунту (1,23 г/см³) спостерігався у варіанті застосування глибокорозпушувача на глибину 28–30 см, що було на 1,6 % менше, ніж контрольний варіант (оранка на глибину 28–30 см), тоді як найвищий показник (1,29 г/см³) був отриманий за системи No-till і перевищував контрольний варіант на 3,2 %. Однак у дослідженні Silva et al., було показано, що система No-till сприяє покращенню врожайності сої і має менший негативний вплив на фізичну якість ґрунту [24].

НУБІП України

3.5. Зміна структурно-агрегатного складу ґрунту у посівах сої залежно від досліджуваних чинників.

Структура ґрунту відіграє важливу роль у формуванні повітряного, водного та поживного режимів, а також інших параметрів, що впливають на урожайність сільськогосподарських культур. Структурно-агрегатний склад, як ключовий фактор у формуванні продуктивності сільськогосподарських культур, може бути певним чином змінений завдяки системі обробітку ґрунту, і в цілому це сприяє покращенню стабільності структури оброблюваного шару. Дослідження сезонних змін у структурному стані чорнозему типового в посівах сої, залежно від системи землеробства, проводилися на початку та в кінці вегетаційного періоду культури (табл. 3.2).

Встановлено, що найвищим умістом агрономічно цінних агрегатів (розміром 10–0,25 мм) характеризувався ґрунт у посівах сої за системи No-till. На початку вегетації у 0–10 см шарі уміст агрегатів становив 79,0% у 0–10 см шарі ґрунту за цієї технології. У шарі ґрунту 10–20 см і 20–30 см відповідно складав 80,3 і 78,2%. За традиційної системи (оранка на 23–25 см) їх частка становила відповідно 63,6%, 71,3 і 69,9%.

Отримані результати підтверджуються дослідженнями Gao et al. [13] де виявлено, що в системі No-till і за глибокого безполицевого розпушування ґрунту в шарах 0–10 см і 10–20 см вміст агрегатів розміром більше 250 мкм (макроагрегати) був значно вищий в порівнянні з традиційною системою обробітку ґрунту, а частка агрегатів розміром менше 53 мкм (мікроагрегати) була значно вищою у системах No-till і глибокого розпушування ґрунту порівняно з традиційним обробітком ґрунту.

Таблиця 3.2
Вплив основного обробітку на розподіл структурних окремоостей у шарі ґрунту 0–30 см

Шар ґрунту, см	Традиційна система			коефіцієнт структурності	Система No-till			коефіцієнт структурності
	кількість агрегатів, %				кількість агрегатів, %			
	>10 мм	10 – 0,25 мм	<0,25 мм		>10 мм	10 – 0,25 мм	<0,25 мм	
Початок вегетації								
0–10	22,3	63,6	14,5	2,85	19,8	79,0	7,0	2,95
10–20	22,6	71,3	7,7	3,15	20,9	80,3	4,6	3,15
20–30	23,6	69,9	7,2	2,96	18,9	78,2	5,0	3,27
HiP ₀₅	0,03	0,11	0,17		0,04	0,12	0,19	
Кінець вегетації								
0–10	19,2	71,1	9,7	2,46	18,3	75,2	6,5	3,03
10–20	20,4	73,1	6,5	2,72	16,6	79,1	4,3	3,78
20–30	20,3	73,0	6,7	2,70	18,4	76,9	4,7	3,33
HiP ₀₅	0,04	0,14	0,21		0,03	0,18	0,22	

З іншого боку, Kuryliuk et al. [15] отримали протилежні результати, показавши, що мінімізація обробки ґрунту, зокрема поверхневі безпліцеві обробки ґрунту, погіршували його структуру, особливо у верхньому шарі ґрунту на глибині 0–20 см порівняно з оранкою.

На початку вегетаційного періоду рослин сої виявлено, що за системи No-till найвищий показник коефіцієнта структурності верхнього шару ґрунту (глибиною 0–10 см), становив 2,95, у порівнянні з варіантом оранки, де цей показник склав 2,85. У більш глибоких горизонтах ґрунту (20–30 см), за системи No-till спостерігалася переважання показника коефіцієнта структурності ґрунту над варіантами з традиційною системою землеробства відповідно та 3,27 проти 2,96. Дослідження виявили, що впродовж вегетації рослин сої спостерігалася збільшення частки агрономічно-цінної фракції ґрунту за рахунок зменшення пилуватої та брилистої фракцій. За традиційної системи землеробства частка фракції ґрунту розміром 10–0,25 мм становила 71,1–73,3 %, тоді як за системи No-till ця частка складала 75,2–79,1 %. На період повної стиглості культури

коефіцієнт структурності збільшився в усіх варіантах, незалежно від розглянутих факторів.

Таким чином, оптимізація системи обробітку ґрунту є суттєвим впливом на показники родючості ґрунту та формування урожайності рослин сої на чорноземі типовому.

3.6. Економічна ефективність вирощування сої залежно від досліджуваних чинників.

Сучасні вимоги до вирощування сільськогосподарських культур включає у себе розгляд аспектів економічної результативності виробництва, стратегій реалізації продукції та оптимального використання матеріальних та енергетичних ресурсів. Особливість вигідності сої з економічної точки зору

полягає в тому, що завдяки біологічній фіксації азоту вона вагомо знижує потребу в азотних мінеральних добривах, що призводить до зменшення витрат.

Це, в свою чергу, сприяє виробництву екологічно безпечної продукції

Одним з ключових показників впровадження сучасних технологій в сільське господарство, зокрема вирощування сої, є їх конкурентоспроможність на ринку технологій. У науковій літературі вчені вказують на різноманітні критерії для оцінки економічної ефективності цих технологій, такі як витрати на один гектар, собівартість виробництва, прибуток, рентабельність, продуктивність праці, валовий дохід, чистий прибуток та інші.

Впровадження нових компонентів у технологію вирощування культур базується на обґрунтуванні економічного характеру. Основні показники включають в себе вартість одиниці продукції, обсяг чистого прибутку з одиниці площі та рентабельність. Застосування методу економічного аналізу дозволило

нас об'єктивно обґрунтувати оптимальне поєднання агрозаходів, які ми вибрали для дослідження, і визначити економічну ефективність досліджуваних аспектів

технологій, зокрема, встановлення послідовності посіву культур та використання різних обробітків ґрунту.

Розрахунки економічної ефективності ґрунтувались на ринкових цінах на сільськогосподарську продукцію в Україні, які були актуальні на момент збору врожаю у 2023 році, а також на витратах, визначених згідно технологічних карт для вирощування сої. Дослідження економічних показників показало, що всі аналізовані чинники впливають на прибутковість вирощування сої (табл. 3.3.).

Таблиця 3.3

Економічна ефективність систем землеробства

Система землеробства	Вартість грн/т	Урожайність, т/га	Вартість зерна,	Виробничі витрати на вирощування культур з 1 га	Собівартість виробництва, грн/т	Умовно чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Традиційна система	12500	2,37	29625	17650	7447	12000	68
Система No-till	12500	2,89	36125	14740	5100	21385	145

За наведеними даними можна зробити висновок, що зі збільшенням врожайності культури збільшується вартість виробленої продукції. У середньому по результатам експерименту, вартість всього виробництва коливалася від 29625 гривень на гектар до 36125 гривень на гектар. Самі високі значення вартості продукції були зафіксовані при вирощуванні сої за система No-till. За цієї системи вартість продукції складала 36125 гривень на гектар. Щодо вирощування сої за традиційної системи землеробства вартість продукції складала 29625 гривень на гектар.

Витрати на матеріально-технічні ресурси, оплату праці, відрахування на соціальні заходи та амортизацію призвели до визначення рівня виробничих витрат для різних систем землеробства. Для системи No-till витрати становили 14740 грн/га, тоді як за традиційної системи вони зростали до 17650 грн/га.

Проведення аналізу показників умовно чистого прибутку і рентабельності показало, що найвищу економічну ефективність серед досліджуваних систем землеробства за вирощування сої було досягнуто за система No-till 21385 грн/га за рівня рентабельності 145 %. Аналіз традиційної системи землеробства показав зниження економічної ефективності вирощування сої за даної системи. Зокрема, умовно чистий прибуток становив 12000 грн/га за рівня рентабельності 68 %.

ВИСНОВКИ

НУВБІП України

Дослідженнями, проведеними на чорноземі типовому Правобережного

Лісостепу України, встановлено позитивний вплив системи No-till на управління агрофізичними показниками ґрунту та формування продуктивності рослин сої.

НУВБІП України

Встановлено, що застосування системи No-till забезпечує ефективне (на 15,9 %) використання вологи рослинами сої впродовж вегетації, порівняно з традиційною системою обробітку ґрунту.

НУВБІП України

За застосування No-till спостерігається підвищення щільності складення ґрунту 0–20 см шару ґрунту порівняно із традиційною системою обробітку ґрунту. На початку вегетації показник щільності у 0–20 см шарі ґрунту за No-till перевищував контрольний варіант (традиційна система обробітку) на 19,2 % у кінці вегетації сої на 11,1 %.

НУВБІП України

Встановлено, що застосування традиційної системи обробітку ґрунту знижувала структурованість оброблюваного шару ґрунту на 8,9–33,0 % порівняно із системою No-till. На початку вегетації сої, найвищий уміст агрономічно-цінних агрегатів у 0–10 см шарі ґрунту формувалася за системи No-till 79,3 %, за традиційної системи частка агрономічно-цінних агрегатів знижувалася до 63,8 %. Упродовж вегетації рослин сої спостерігалася збільшення частки агрономічно цінної фракції за рахунок зменшення пилюватої і брилистої фракції. Визначено, що за рахунок ущільнення оброблюваного шару ґрунту і як результат сильнішого контакту окремих частинок, найвищий показник коефіцієнта структурності верхнього (0–10 см) шару ґрунту на початку вегетації сої відмічено у варіанті застосування системи No-till – 2,99, у нижніх шарах ґрунту (10–20 і 20–30 см) коефіцієнт становив 3,18 і 3,36 відповідно.

НУВБІП України

Система обробітку впливаючи на щільність складення, структурно агрегатний склад ґрунту, вологоспоживання культури, забезпечувала різні умови формування продуктивності сої. Застосування системи No-till забезпечило зростання урожайності сої на 22,7 %, що у абсолютному значенні становило 0,52 т/га порівняно із традиційною системою обробітку ґрунту.

В умовах Правобережного Лісостепу України було встановлено, що найбільш результативною виявилася система No-till, показник умовно чистого прибутку становив 21,4 тисяч гривень на гектар за рентабельності 145%.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

НУБІП України

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі типовому застосування системи No-till забезпечує продуктивність сої на рівні 2,89 т/га та підвищення економічної ефективності вирощування на 77 %.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Achankeng, E., & Cornelis, W. (2023). Conservation tillage effects on European crop yields: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 298, article number 108967. doi: [10.1016/j.fcr.2023.108967](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108967).
2. Adamič, S., & Leskovšek, R. (2021). Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) growth, yield, and nodulation in the early transition period from conventional tillage to conservation and no-tillage systems. *Agronomy*, 11(12), article number 2477. doi: [10.3390/agronomy11122477](https://doi.org/10.3390/agronomy11122477).
3. Bobrecka-Jamro D., Pizlo H. Wpływ czynników agrotechnicznych na plonowanie soi warunkach Polski południowo-wschodniej. *Biul. Inst. Hodowli Aklimat. Rosl.* 1996. № 198. S. 31–44.
4. Briguglio M. Variability in unitz tryps in inhibitor contents and activityin Argentinian soybean cultivars. Developing a Global Soy Blueprint for a Safe Secure and Sustainable Supply. VIII World Soybean conference research. Beijing, China, 2009. August. P.10–15.
5. Bulygin, S., Vitvitsky, S., Bulygina, M., & Vitvitska, O. (2021). Hydrogen mode of black earth normal in technology “No-Till”. *Plant and Soil Science*, 12(4), 91–101. doi: [10.31548/agr2021.04.091](https://doi.org/10.31548/agr2021.04.091).
6. Calonego, J.C., Raphael, J.P.A., Rigon, J.P.G., Neto, O.L., & Rosolem, C.A. (2017). Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiselling. *European Journal of Agronomy*, 85, 31–37. doi: [10.1016/j.eja.2017.02.001](https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.02.001).
7. Cárceles et al Shen, Y., Zhang, T., Cui, J., Chen, S., Han, H., & Ning, T. (2021). Increase in maize yield and soil aggregate-associated carbon in North China due to long-term conservation tillage. *Experimental Agriculture*, 57(4), 270–281. doi: [10.1017/S001447972100020X](https://doi.org/10.1017/S001447972100020X).
8. Convention on Biological Diversity (1992). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text.

9. DSTU 4744:2007. (2008). *Soil quality. Determination of the structural and aggregate composition by the sieve method in the modification of N.I. Savvinova.* Retrieved from http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=72891.

10. DSTU ISO 11272–2001. (2003). *Determining the density of the compaction soil on a dry weight basis.* Retrieved from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=5894.

11. DSTU ISO 16586:2005. (2008). *Soil quality. Determination of volumetric soil moisture based on the known compaction density per dry mass. Gravimetric method (ISO 16586:2003, IDT).* Retrieved from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=52442.

12. Elmerich, C., Boulch, G., Faucon, M.P., Lakhali, L., & Lange, B. (2023). Identification of eco-climatic factors driving yields and genotype by environment interactions for yield in early maturity soybean using crop simulation. *Agronomy*, 13(2), article number 322. doi: [10.3390/agronomy13020322](https://doi.org/10.3390/agronomy13020322).

13. Gao, L., Wang, B., Li, S., Wu, H., X., Wu, X., Liang, G., Gong, D., Zhang, X., Cai, D., & Degre, A. (2019). Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau of China. *CATENA*, 173, 38–47. doi: [10.1016/j.catena.2018.09.043](https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.043).

14. Gawęda, D., Nowak, A., Haliniarz, M., & Woźniak, A. (2020). Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International Journal of Plant Production*, 14, 475–485. doi: [10.1007/s42106-020-00098-1](https://doi.org/10.1007/s42106-020-00098-1).

15. Kyryliuk, V., Krychivskyi, V., & Kovalchuk, N. (2020). Influence of protracted application of systems of basic till and fertilizer is on structure of soil. *Scientific Horizons*, 8(93), 119–124. doi: [10.33249/2663-2144-2020-93-8-119-124](https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-93-8-119-124).

16. Litvinova, O., Litvinov, D., Romanova, S., & Kovalyova, S. (2019). Soil biological activity under the human-induced impact in the farmed ecosystem. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, 9(3), 529–536. doi: [10.31407/ijeess9316](https://doi.org/10.31407/ijeess9316).

17. Mondal, S., Chakraborty, D., Bandyopadhyay, K., Aggarwal, P., & Rana, D.S. (2020). A global analysis on the impact of zero-tillage on soil physical condition and organic carbon content, and plant root response. *Land Degradation & Development*, 31(5), 557–567. doi: [10.1002/ldr.3470](https://doi.org/10.1002/ldr.3470).
18. Moraes, M.T., Debiassi, H., Franchini, J.C., Mastroberti, A.A., Levien, R., Leitner, D., & Schnepf, A. (2020). Soil compaction impacts soybean root growth in an Oxisol from subtropical Brazil. *Soil and Tillage Research*, 200, article number 104611. doi: [10.1016/j.still.2020.104611](https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104611).
19. Nendel, C., Reckling, M., Debaeke, P., Schulz, S., Berg-Mohnicke, M., Constantin, J., Fronzek, S., Hoffmann, M., Jakšić, S., Kersebaum, K.-C., Klimek-Kopyra, A., Raynal, H., Schoving, C., Stella, T., & Battisti, R. (2023). Future area expansion outweighs increasing drought risk for soybean in Europe. *Global Change Biology*, 29(5), 1340–1358. doi: [10.1111/gcb.16562](https://doi.org/10.1111/gcb.16562).
20. Page, K.L., Dang, Y.P., & Dalal, R.C. (2020). The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, article number 31. doi: [0.3389/fsufs.2020.00031](https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031).
21. Pittelkow, C.M., Linquist, B.A., Lundy, M.E., Liang, X., Van Groenigen, K.J., Lee, J., Van Gestel, N., Six, J., Venterea, R.T., & Van Kessel, C. (2015). When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crops Research*, 183, 156-168. doi: [10.1016/j.fcr.2015.07.020](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.020).
22. Reckling, M., Döring, T.F., Bergkvist, G., Stoddard, F.L., Watson, C.A., Seddig, S., Chmielewski, M., & Bachinger, J. (2018). Grain legume yields are as stable as other spring crops in long-term experiments across northern Europe. *Agronomy for Sustainable Development*, 38, article number 63. doi: [10.1007/s13593-018-0541-3](https://doi.org/10.1007/s13593-018-0541-3).
23. Shen, Y., Zhang, T., Cui, J., Chen, S., Han, H., & Ning, T. (2021). Increase in maize yield and soil aggregate-associated carbon in North China due to long-term conservation tillage. *Experimental Agriculture*, 57(4), 270–281. doi: [10.1017/S001447972100020X](https://doi.org/10.1017/S001447972100020X).

24. Silva, S.R., dos Santos, H.P., Lollato, R.P., Santi, A., & Fontaneli, R.S. (2023). Soybean yield and soil physical properties as affected by long-term tillage systems and liming in southern Brazil. *International Journal of Plant Production*, 17, 65–79. doi: [10.1007/s42106-022-00217-0](https://doi.org/10.1007/s42106-022-00217-0).

25. Sinchenko, V.V., Tanchyk, S.P., & Litvinov, D.V. (2019). Soil water regime for soybean cultivation in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Irrigated Agriculture*, 72, 52–56. doi: [10.32848/0135-2369.2019.72.12](https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.72.12).

26. Singh, J., Wang, T., Kumar, S., Xu, Z., Sexton, P., Davis, J., & Bly, A. (2021). Crop yield and economics of cropping systems involving different rotations, tillage, and cover crops. *Journal of Soil and Water Conservation*, 76(4), 340–348. doi: [10.2489/jswc.2021.00117](https://doi.org/10.2489/jswc.2021.00117).

27. Tshuma, F., Rayns, F., Labuschagne, J., Bennett, J., & Swanepoel, P.A. (2021). Effects of long-term (42 years) tillage sequence on soil chemical characteristics in a dryland farming system. *Soil and Tillage Research*, 212, article number 105064. doi: [10.1016/j.still.2021.105064](https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105064).

28. Vozhehova, R.A., Maliarchuk, M.P., Kotelnikov, D.I., & Kaznovskyi, O.V. (2021) Soybean yield under different systems of basic tillage and fertilization under irrigation. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 119, 8–16. doi: [10.32848/agrар.innov.2021.7.2](https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2021.7.2).

29. Zong-Sheng, W., Cai-Long, X., Rui-Dong, L., Yi-Fan, X., Shi, S., Tian-Fu, H., Wen-Wen, S., & Cun-Xiang, W. (2023). Effects of wheat straw mulching on physical properties of topsoil and yield formation in soybean. *Acta Agronomica Sinica*, 49(4), 1052–1064. doi: [10.3724/SP.J.1006.2023.24051](https://doi.org/10.3724/SP.J.1006.2023.24051).

30. Бабич А.О. Соя для здоров'я і життя на планеті Земля. К.: Аграрна наука, 1998. 272 с.

31. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Стратегічна роль сої в розв'язанні глобальної продовольчої проблеми. Корми і кормовиробництво: міжвід. темат. наук. зб. Вінниця, 2011 р. Вип. 61. С. 11–19.

32. Бабич А. О. Підвищення ефективності симбіотичної діяльності посівів сої в умовах Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 1992. Вип. 34. С. 3–6

33. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ, 1993. 430 с.

34. Бабич А. О. Фотосинтетична урожайність зерна сої залежно від способів сівби і густоти рослин. Корми і кормовиробництво. 1991. Вип. 31. С. 7–9

35. Бахмат О. М. Накопичення сухої речовини та урожайність сої у західному Лісостепу. Вісник аграрної науки: науково – теоретичний журнал Української академії аграрних наук. 2009. №8. С. 29–31.

36. Бахмат О. М. Соя – культура майбутнього. Особливості формування високого врожаю: монографія. Кам'янець-Подільський: ТП Мошак М. І., 2009. 208 с.

37. Вожегова Р. А., Найдьонова В. О., Мельник М. А. Інтенсивні технології вирощування сої в умовах зрошення півдня України: монографія, Херсон: Гринь Д. С., 2015. 176 с.

38. Вожегова Р., Найдьонова В., Мигрофанов О. Водний режим ґрунту та продуктивність посівів сої за різних способів і глибини основного обробітку ґрунту. Техніка і технології АПК: науково – виробничий журнал. 2015. № 3. С. 29–32.

39. Гордійчук Н. Соя – стратегічна культура у світі та Україні: досвід вирощування країн-лідерів. Агроніом: наук.-вироб. журн. 2015. № 1. С. 152–153.

40. Дерев'янський В.П. Кулісна технологія вирощування сої. К., 1994. 16 с.

41. Діденко Н. І. Виробництво сої в умовах інтеграційних процесів в Україні. АПК: міжнародний науково-виробничий журнал. 2017. № 1. С. 31–36

42. Енкев В.Б. Соя. М.: Гос. изд-во с.-х. литература, 1959, 622 с.

43. Камінський В. Ф. Агрометеорологічні основи виробництва зернобобових культур в Україні. Вісник аграрної науки. К., 2006. № 7. С. 20–25.

44. Кирпа М. Соя пізнього збирання та обробка насіння. Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2016. № 11. С. 74–76.

45. Лазарь В.Г. Соя: история сои, применение в пищевой промышленности, технологии: монография. Киев: ТОВ Паритет, 2003. 144 с.

46. Лещенко А.К. Культура сои. – К.: Наук. думка, 1978. – 236 с.

47. Лещенко А.К. Культура сої на Україні. Київ: Видавництво Української Академії с.–г. наук, 1962. 325 с.

48. Марущак О. Інокуляція і технологія вирощування сої в запитаннях та відповідях. AGROEXPERT, 2013. № 2. С. 18–19.

49. Міленко О. Г. Формування фотосинтетичного апарату сої залежно від сорту, норм висіву насіння та способів догляду за посівами. Таврійський науковий вісник, Херсон: Грінь Д. С., 2015. Вип. 91. С. 49–55.

50. 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.

51. Нагорний В. І. Продуктивність сортів сої різних груп стиглості залежно від просторового і кількісного розміщення рослин. Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агрономія і біологія: науково–методичний журнал, 2012. № 2. С. 111–117.

52. Обґрунтування впливу способів сівби і густоти рослин на врожайність зерна сої в екологічних зонах Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 1995. Вип. 39. С. 7–10.

53. Огурцов Є.М., Міхеєв В.Г., Белінський Ю.В., Клименко І.В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України: монографія / за ред. М.А. Бобро. М–во освіти і науки України, Харк. нац. аграр. ун–т ім. В.В. Докучаєва. Харків: ХНАУ, 2016. 272 с.

54. Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні. Агроном: науково–виробничий журнал, 2009. №3. С. 79–81.

55. Петриченко В. Ф. Вплив агрокліматичних факторів на продуктивність сої. Вісник аграрної науки, 2006. С. 19–23.

56. Петриченко В. Ф. Особливості технології вирощування сої на зерно в умовах центрального Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. 1992. Вип. 33. С. 13–15.

57. Петриченко В. Ф., Колісник С. І., Кобак С. Я., Панасюк О. Я. Оцінка технологічних прийомів вирощування сої в умовах Правобережного Лісостепу. Вісник аграрної науки: науково – теоретичний журнал Національної академії аграрних наук України. 2013. № спец. вип. (вересень): Ін-ту кормів та сіл. госп-ва Поділля 40. С. 57–62.

58. Петриченко В. Ф., Тимченко В. Н., Пісковий М. Б. Рекомендації з технологічного процесу виробництва середньоранньостиглих сортів науково-дослідного інституту сої / за ред. А. В. Пилипенко. М-во аграр. політики та продовольства України, Нац. акад. аграр. наук України, Українська асоціація виробників і переробників сої. Глобине: Наук.-дослід. ін-т сої, 2015. 28 с.

59. Романський О., Костенко К., Громадська В. Вплив способів основного обробітку чорнозему на врожайність сільськогосподарських культур. 36-наук. пр. Ін-ту землеробства УААН. 2005. Спец. вип. С. 158–160.

60. Сингх, Гурикбал. Соя: біологія, виробництво, використання / за ред. Г. Сингх. Київ: Зерно, 2014. 656 с. (С. 648–650).

61. Січкач В. Вітчизняні сорти сої нічим не поступаються перед іноземними. Але останні чомусь інтенсивно культивують на вітчизняних землях. Зерно і хліб: журнал для керівників, спеціалістів і науковців галузі хлібопродуктів. 2011. № 3. С. 52.

62. Січкач В. І. Горох, соя, нут. Насінництво : науково – виробничий журнал. 2009. № 4. С. 10–14.

63. Січкач В. Нетрадиційний підхід до підвищення урожайності сої. Пропозиція нова: український журнал з питань агробізнесу: інформаційний щомісячник. 2016. № 6. С. 52–54.

64. Сторчоус І. Захист посівів сої від бур'янів. Пропозиція. 2015. № 6. С. 98–100.

65. Фадеев Л. В. Точная агротехнология будущего начинается сегодня (соя). Зернові продукти і комбікорми. Якість. Виробництво. Використання. Технології. Обладнання. Автоматизація. Управління. Економіка: науково-виробничий журнал. 2016. Том 63, № 3. С. 4–5.

66. Фадеев Л. Соя завоевывает мир. Зерно: всеукраинский журнал современного агропромышленника. 2015. № 9. С. 27–35.

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

68. Федорук Р. С., Матюха І. О. Перспективи та передумови зростання виробництва і використання сої та продуктів її переробки в Україні. Біологічна роль поживних та антипоживних компонентів сої. Агроєкологічний журнал: науково-теоретичний журнал. 2008. Спец. вип. (червень). С. 243–247.

69. 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.

70. Чумак А., Довгаюк-Семенюк М. Молібден і соя: можливості і проблеми. Пропозиція. 2017. № 2. С. 60–62.

71. Шевніков М.Я. Бобові культури – фактор стійкості та біологізації землеробства в сучасних умовах. Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Корми і кормовиробництво». Вінниця, 2008. № 62. С. 84–89.

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