МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Факультет агрономії

Кафедра агрохімії і ґрунтознавства

Допущено до захисту

«____» _____ 2023 р.

Зав. кафедри, к. с.-г. н., доцент

_____ Олена ЧЕРНО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ступеня вищої освіти магістр

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СКЛАДОВИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ У ТОВ ІПК «ПОЛТАВАЗЕРНОПРОДУКТ» ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Виконала : студентка ІІ курсу, групи 21 м-а
спеціальності 201 Агрономія
Ірина ПУШКО

Керівники: Григорій ГОСПОДАРЕНКО,
д. с.-г. н., професор
Ліна МУСІЄНКО, доктор філософії

Умань – 2023

Зміст

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ПОТРЕБИ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СОЇ (огляд літератури) 5

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (особливості сорту Сіверка) 12

РОЗДІЛ 3. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ 13

3.1. Характеристика ґрунту під дослідом 13

3.2. Погодні умови 14

3.3. Схема досліду та розміщення варіантів 16

3.4. Агротехнологія вирощування сої 17

3. 5. Програма досліджень і методика їх проведення 18

РОЗДІЛ 4.ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ІНОКУЛЯЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ 20

4.1. Вплив мінеральних добрив на якісні показники 20

4.2. Формування азотфіксувального апарату 22

4.3. Динаміка наростання листкового апарату 24

4.4. Забезпеченість рослин азотом 26

4.5. Урожайність і якість насіння сої 27

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 34

6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час вирощування сої 34

6.2. Охорона навколишнього природного середовища при застосуванні пестицидів та добрив 37

Висновки 40

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 42

ВСТУП

На етапі розвитку агропромислового комплексу України соя стає цінною білково-олійною культурою, що має широкі можливості використання в харчовій та технічній промисловості, здобуваючи велике значення. У неї присутні найцінніші властивості серед всього рослинного світу. Соя вирізняється універсальністю використання, високою адаптацією до різних умов вирощування, а також збалансованістю білка за амінокислотним складом та функціональною активністю. Завдяки цим характеристикам та високій продуктивності, соя посідає перше місце у світовій піраміді рослинного білка як за площами посіву, так і за валовим збором насіння серед однорічних зернобобових і олійних культур [38].

Соя відзначається унікальною властивістю азотфіксації, що дозволяє їй засвоювати азот з повітря і накопичувати його в ґрунті. Позитивний вплив сої в системі сівозміни особливо помітний при вирощуванні наступних культур після неї [41].

В Україні спостерігається великий інтерес до цієї культури, і ця тенденція відзначається збільшенням обсягів її виробництва. Однак із зростанням посівних площ у країні виникає потреба у створенні та впровадженні нових, більш урожайних сортів, які були б стійкими до екстремальних чинників довкілля та підходили до вирощування за інтенсивними технологіями. Особлива увага приділяється швидкозрілій сої, яка дозволяє розширити ареал культури і вирощувати її практично в усіх регіонах [9, 10].

На сьогодні сою вирощують в Україні у всіх зонах, проте дослідники вказують, що генетичний потенціал продуктивності сої розкритий лише на 60% [66]. Підвищення продуктивності цієї культури вимагатиме додаткового навантаження на ґрунт, оскільки це потребуватиме додаткових витрат поживних елементів, які слід буде поповнювати за рахунок мінеральних добрив. Тому вивчення впливу удобрень на продуктивність сої з метою оптимізації технології вирощування є актуальним завданням для науковців [61].

Також вирощування сої є економічно вигідним і доцільним. Завдяки високій рентабельності, площі, відведені під посіви цієї культури в Україні швидко збільшились [53].

Наукова новизна отриманих результатів. Вивчення впливу різних норм мінеральних добрив на продуктивність сої сорту Сіверка відкриває можливість глибокого розуміння оптимальних умов для вирощування цієї важливої культури в сільському господарстві. Дослідження спрямоване на визначення оптимальних доз та співвідношень мінеральних елементів для досягнення максимальної продуктивності та забезпечення економічної ефективності.

Практичне значення отриманих результатів. Вплив різних складових систем удобрення на продуктивність сої сорту Сіверка мають важливе практичне значення для аграрних господарств і сільськогосподарських підприємств. Ці результати дозволяють оптимізувати витрати на добрива з врахуванням оптимальних доз і поєднань мінеральних елементів для досягнення максимальної урожайності. Дослідження дозволяє визначити не лише ефективність використання добрив для підвищення кількості врожаю, але і його якість. Оптимальне живлення рослин сприяє формуванню продукції з покращеними характеристиками та більш високим вмістом корисних речовин, що впливає на попит на ринку.

Крім того, врахування екологічних аспектів удобрення дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля та сприяє переходу до сталого та екологічно чистого сільського господарства.

Апробація результатів досліджень. Основні результати досліджень були обговорені на студентському науковому гуртку кафедри агрохімії і ґрунтознавства Уманського НУС та опубліковано у збірнику тез Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні питання агротехнологій», присвяченій 100-річчю І. М. Карасюка.

РОЗДІЛ 1.

ОСОБЛИВОСТІ ПОТРЕБИ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СОЇ (огляд літератури)

Мінеральне живлення рослин є одним із чинників, що сприяє стимулюванню ростових процесів та впливає на формування та розвиток рослин, а також на накопичення життєво важливих речовин. Соя, маючи активну здатність до засвоєння елементів живлення, використовує малодоступні й важкорозчинні мінеральні сполуки не лише з орного горизонту, а й із глибших шарів ґрунту. Це, в свою чергу, сприяє збільшенню родючості ґрунту та покращенню його структури [49].

Раціональне використання мінеральних добрив у вирощуванні сільськогосподарських культур стає актуальним з метою збереження екологічної рівноваги. Застосування мінеральних добрив сприяє отриманню високих врожаїв сої [9, 10]. Соя є високовимогливою до елементів живлення, і витрати на 1 тонну насіння сої складають від 77 до 100 кг азоту (N), від 17 до 40 кг фосфору (P_2O), та від 32 до 40 кг калію (K_2O) [33].

Для досягнення оптимального мінерального живлення сої рекомендується правильно комбінувати основне, припосівне удобрення та підживлення. У системі удобрення сої можна використовувати різні методи внесення добрив, залежно від запланованої продуктивності, загальної дози добрив і інших чинників. Детальне обґрунтування, точне визначення строків і методів внесення оптимальних доз та форм добрив, врахування ґрунтово-кліматичних, погодних і агротехнічних умов значно підвищують агрономічну ефективність і екологічну безпеку удобрення сої.

У оптимальних умовах вирощування сої, коли реакція ґрунту близька до нейтральної, забезпечене достатнє фосфорно-калійне живлення та проведена інокуляція азотфіксувальними бактеріями, рослина може засвоювати приблизно 60–70% азоту загального вмісту з повітря завдяки дії бульбочкових бактерій [50].

Так, вимоги сої до добрив змінюються протягом її вегетаційного періоду, що визначається біологічними особливостями рослини. На ранніх етапах росту, від сходів до цвітіння, соя вбирає не багато поживних речовин, а саме від 6% до 16 % азоту, від 8 до 12 % фосфору та від 9 до 23 % калію. Однак коли починається цвітіння, особливо в період формування бобів і наливу насіння, потреба рослин у поживних речовинах значно зростає. У цей період соя використовує максимальну кількість елементів живлення.

Зокрема, найбільше азоту соя засвоює від фази бутонізації до цвітіння, коли відбувається інтенсивне наростання вегетативної маси. Фосфор сприяє збільшенню кількості генеративних органів і розвитку бульбочок, що поліпшує забезпечення азотом. Велику кількість калію рослини засвоюють у фазі формування бобів і наливу насіння. Таке збалансоване внесення поживних речовин допомагає оптимізувати процеси росту та розвитку сої, щоб досягти максимальної продуктивності [75].

Важливий аспект при внесенні мінеральних добрив для вирощування сої. Соя має унікальну здатність засвоювати азот з повітря завдяки симбіозу з азотфіксувальними бактеріями, зокрема, бульбочковими бактеріями. Цей симбіоз дозволяє сої фіксувати азот з атмосферного повітря та використовувати його для свого росту та розвитку.

Отже, розвиток сої може відбуватися без введення азотних добрив, оскільки вона може отримувати частину азоту з повітря. Проте, в певних умовах, таких як низький рівень бульбочкових бактерій у ґрунті або невигідні умови для їхньої діяльності, додаткове внесення азотних добрив може позитивно позначитися на врожайності сої. Урахування цього чиннику має важливе значення при розробці оптимальних сівозмін та використанні мінеральних добрив у системі вирощування сої [58].

При плануванні удобрення сої важливо враховувати не лише результати хімічного аналізу ґрунту, а й вегетаційний період обраного сорту. Середньостиглі та пізньостиглі сорти мають перевагу, оскільки їхня коренева система формується потужнішою, проникає на більшу глибину і має більше часу

для насичення рослини необхідними макро- та мікроелементами. Такі сорти проявляють меншу залежність від внесення добрив. З іншого боку, ранні й ультраранні сорти виявляють вищу потребу в ефективному живленні, на що вони реагують підвищенням урожайності [7, 48, 59].

Сою розрізняють за функціональними ознаками життєвого циклу на три періоди, кожний із яких має власну специфіку живлення [2].

У перший період (I–IV етапи органогенезу), ключовим є якісне живлення, яке сприяє оптимальному розвитку кореневої системи, бульбочок та надземної маси сої. Основні дози азоту важливі і не повинні перевищувати $N_{10–30}$. Також необхідна наявність у живленні фосфору, кальцію, кобальту та молібдену [37].

У другий період (V–VIII етапи) важливе забезпечення рослин азотом, калієм та бором. Ефективним методом підживлення на етапі репродуктивного розвитку сої є використання 0,01% розчину гетероауксину. Регулюючи швидкість відтоку пластичних речовин, це сприяє збереженню квіток та бобів на рослині.

У третій період (IX–XII етапи органогенезу), потреба в елементах живлення у сої досягає максимуму. Забезпечення рослин фосфором, сіркою та магнієм виявляє особливу важливість, а в умовах перезволоження ґрунту — також азотом [25].

Для формування 1 тонни насіння та відповідної кількості побічної продукції, рослина використовує приблизно 72–100 кг азоту, 25–40 кг фосфору, 22–40 кг калію, 45 кг сірки та 23–28 кг кальцію. Протягом вегетаційного періоду соя нерівномірно абсорбує азот. У міжфазний період «сходи–цвітіння» рослини засвоюють лише 18 % азоту, 15 – фосфору і 25 % калію. З фази цвітіння починається інтенсивний ріст і розвиток сої, основна частина елементів живлення надходить в рослину в період від бутонізації до наливу насіння — 80 % азоту й фосфору та 50 % калію [14].

Під час фази цвітіння та формування бобів відзначається період максимального споживання азоту рослинами сої. Щодо фосфору, його засвоєння розпочинається з ґрунту відразу після появи первинних коренів. Період максимального засвоєння добрив припадає на фазу формування бобів.

Рослини можуть швидше поглинати калій, ніж азот і фосфор. Калій виконує роль балансуючого елемента живлення рослин між азотом і фосфором. Таким чином, в період максимального живлення рослин значна кількість калію виводиться [17].

Кальцій та магній є необхідними для рослин для формування якісного та повноцінного насіння. Найбільша кількість споживання магнію та кальцію припадає на 65–70-ту добу після сходів і становить 1,5 кг/га на добу. Найвища потреба в сірці виникає у рослин під час фази формування бобів [32].

Для ефективного бобово-ризобіального симбіозу необхідно забезпечити ґрунт необхідними мікроелементами, причому першочерговою важливістю є бор і молібден. Бор відіграє різноманітні фізіологічні ролі та сприяє розвитку судинно-провідної системи. Молібден є складовою частиною ферментного комплексу азотфіксації, такого як нітрогеназа, і стимулює ріст і дихання ґрунтових бактерій. При нестачі бору у бульбочках не утворюються судинні пучки, порушується формування бактероїдної тканини, а також спостерігаються порушення цвітіння, відпадання квіток і бобів [39].

Необхідність мікроелементів для бобових культур є важливою при плануванні високих врожаїв і застосуванні підвищених норм мінеральних добрив. Зазвичай у сої відмічається дефіцит цинку, мангану, молібдену та міді. Для результативного симбіозу також потрібні інші мікроелементи, такі як кобальт, залізо, мідь, манган, нікель. При внесенні підвищеної кількості калійних добрив важливо також враховувати потребу в магнії, без якого застосування фосфорних, калійних добрив, мікроелементів та інокуляція насіння може бути менш ефективним. Оскільки магній є важливим для молодих рослин, його слід включати в основне удобрення, а не обмежуватися лише листковим підживленням [49].

Справді, існують різні точки зору серед вчених стосовно внесення калійних і фосфорних добрив під сою. Деякі дослідження вказують на високу здатність кореневої системи сої до засвоєння фосфору та калію з важкодоступних форм у

ґрунті, що може призводити до думки, що рослина може сама постачатися цими елементами [22].

З іншого боку, існують наукові підтвердження того, що внесення фосфорних і калійних добрив може позитивно впливати на розвиток сої і підвищити її врожайність [69]. Це може бути особливо важливим в умовах, де є обмежена доступність цих елементів у ґрунті або коли в рослини потрібно додаткове підтримувальне живлення для оптимального зростання та розвитку.

Отже, вирішення питання про необхідність внесення калійних і фосфорних добрив під сою може залежати від конкретних умов ґрунту та області вирощування, а також від вимог конкретного сорту сої та практик вирощування.

Використання добрив може впливати на кількість і види ентомофауни, а також покращувати стійкість рослин до пошкоджень та зменшувати втрати врожаю від шкідливих організмів. Наприклад, використання азотних добрив на легких ґрунтах може сприяти знищенню личинок коваликів-дротянок. У той же час, на важких ґрунтах, таких як чорноземи і глиноземи, азотні добрива можуть більше впливати на молодші личинки дротянок.

Мінеральні добрива мають здатність змінювати біохімічний склад рослинних тканин, що впливає на розвиток і кількість комах, які харчуються цими рослинами. Наявність добрив в рослинах і ґрунті впливає на гідролітичний обмін речовин у рослинах, ускладнює живлення шкідників і підвищує стійкість рослин до небажаних впливів зовнішнього середовища. Таким чином, правильне використання добрив може бути ефективним інструментом для регулювання популяцій шкідливих організмів та підтримки стійкості рослин до стресових умов [73].

Мінеральні добрива можуть змінювати морфологічні та анатомічні властивості рослин, що впливає на їх взаємодію з комахами. Наприклад, фосфорні добрива сприяють укріпленню стебел і кореневої системи, що може робити рослини менш доступними для живлення комах. З іншого боку, азотні добрива можуть змінювати тривалість вегетаційного періоду рослин, що може вплинути на синхронізацію їхнього розвитку із життєвим циклом комах, зокрема

на час льоту. Урахування цих взаємодій важливо при розробці стратегій управління шкідниками та забезпеченні стійкості рослин до стресових умов.

Загальний висновок більшості дослідників полягає в тому, що внесення комплексу мінеральних добрив під сою створює сприятливі умови для рівномірних сходів, збільшує ріст і розвиток рослин, і суттєво зменшує чисельність шкідливої ентомофауни, що водночас підвищує стійкість рослин до пошкоджень від шкідників. У роки з недостатнім опаданням вплив мінеральних добрив майже не проявляється, хоча окремі дослідження показують, що використання азотних добрив може знизити стійкість, тоді як фосфорні і калійні добрива збільшують стійкість рослин до різних захворювань [53].

Формування високої продуктивності рослин сої визначається важливою роллю умов ґрунтового живлення азотом. Соя має унікальну властивість задовольняти значну частину своїх потреб у молекулярному азоті, отримуючи його з атмосфери за участю симбіозу з бульбочковими бактеріями [55]. Однак використання азотних добрив для сої залишається предметом суперечок і дискусій. У відміну від фосфору і калію, для яких можна точно розрахувати необхідні дози внесення для створення бездефіцитного балансу в ґрунті, азот викликає більш складні перетворення в природі. Таким чином, розрахунки доз азотних добрив вимагають врахування реального використання біологічного азоту [12, 64].

Ефективність використання добрив суттєво залежить від термінів їх застосування. Зазвичай вважається оптимальним внесення добрив на два етапи: перший – під час основного обробітку ґрунту, де вводиться 2/3 від загальної кількості добрив, і другий – під час підживлення рослин, коли вводиться залишок – 1/3 [46, 62]. Розподіл добрив може бути обґрунтований тим, що значна частина поживних речовин споживається в період від цвітіння до наливу насіння, коли їх запаси в ґрунті стають недостатніми. Наприклад, забезпечення достатньої кількості мінерального азоту на початку вегетаційного періоду є ключовим для оптимального зростання та розвитку рослин. Систематичне відстеження та

коригування потреб рослин у азоті важливе для забезпечення їхнього належного зростання [23, 44, 51].

Інтенсивність засвоєння азоту рослинами з добрив піддається змінам, що залежать від термінів їх введення. Вказується, що при внесенні добрив до сівби коефіцієнт використання азоту перевищує 60 %, тоді як при введенні їх як підживлення, цей коефіцієнт піднімається до понад 80 % [3]. Це свідчить про більш ефективне використання азоту рослинами у разі введення його як підживлення під час вегетації.

На перезволожених ґрунтах важливим аспектом стає підживлення сої азотними добривами протягом вегетаційного періоду. У таких умовах спостерігається погіршення процесу азотфіксації через відмирання більш активної частини кореневої системи внаслідок анаеробіозу. Анаеробіоз сприяє утворенню непридатних умов для здійснення процесів азотфіксації, зокрема внаслідок втрати активності кореневих бактерій, які забезпечують цей важливий біологічний процес [60].

Отже, однією з найефективніших технологічних стратегій, яка впливає на якість насіння та рівень врожайності сої, є система удобрення. З урахуванням біологічної здатності цієї культури до засвоєння фосфору з важкодоступних сполук ґрунту та споживання симбіотичного азоту, використання мінеральних добрив для сої стає відмінною стратегією. Тому лише правильний підхід до створення системи удобрення та використання технологій для вирощування сої дозволить реалізувати повний потенціал її продуктивності та якості насіння [74].

РОЗДІЛ 2.

ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ (особливості сорту Сіверка)

Дослідження було проведено у ТОВ ІПК «Полтавазернопродукт» із сортом сої «Сіверка». Цей сорт має вегетаційний період тривалістю 95–97 діб і має олійність на рівні 20–21 %. Висота кріплення нижнього боба від 10 до 13 см. Сіверка успішно адаптується до різноманітних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Цей сорт належить до маньчжурського підвиду та апробаційної групи *lucida*, а його гіпокотиль не має антоціану.

Тип росту рослини є проміжним, а опушення має сірий відтінок. Листя трійчате, а форма середнього листочка широко яйцеподібна. Суцвіття представляє собою багатоквіткову китицю з 10–14 білими квітами на квітконосі. Боби мають сіре забарвлення та слабо зігнуту форму. Насіння овальне, жовте, з жовтим рубчиком, середнього розміру і без «вічка».

Цей сорт демонструє високу стійкість до вилягання та осипання, а також високу стійкість до основних хвороб. «Сіверка» є скоростиглим сортом, виведеним методом індивідуального добору з гібридної популяції Юг-30/Устя ННЦ «Інститут землеробства НААН». Сорт має високу якість насіння, надійну урожайність та достатню стійкість до осипання. Рекомендується використовувати як гарантований попередник під озимі в усіх зонах соєсіяння та для пожнивних посівів. «Сіверка» також рекомендована для вирощування в лісостепових та поліських районах України в основних та поукісних посівах. Сорт був внесений до Державного Реєстру сортів рослин України з 2013 року. Висота рослин сягає 87–95 см.

Стебло має пряме закінчення та сіре опушення. Суцвіття представляє собою багатоквіткову китицю з 10–14 білими квітами на квітконосі. Боби є грубоволокнистими, опушеними, з 2–3 насінинами. Насіння має овальну форму, жовте з жовтим рубчиком, середнього розміру. Маса 1000 насінин становить 170–175 г, а вміст протеїну у насінні складає 41–42 %.

РОЗДІЛ 3.

УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Характеристика ґрунту під дослідом

Дослід розміщувався на дослідних ділянках у ТОВ ІПК «Полтавазернопродукт» у Полтавській області. Результатами агрохімічних досліджень встановлено, що типовий ґрунт на дослідних ділянках є чорноземи типові малогумусні які мають такі показники: вміст гумусу 3,79 %, слабокисла реакція ґрунтового середовища (pH_{kcl} 5,8), низький вміст азоту легкогідролізовних сполук, високий вміст рухомих сполук фосфору та підвищений вміст калію (табл. 1).

Таблиця 1

Агрохімічні характеристика чорнозему типового

Показник		Глибина відбирання зразка, см	
		0–20	20–40
Вміст гумусу, %		3,79	3,71
pH_{kcl}		5,88	5,95
Гідролітична кислотність, смоль/кг		2,78	1,85
Ємність катіонного обміну,		28,5	28,4
Ступінь насиченості основами, %		91,1	93,9
Вміст рухомих сполук, мг/кг	N	111	106
	P_2O_5	109	101
	K_2O	127	113

Аналізуючи агрохімічні показники чорнозему типового малогумусного, можна прийти до висновку, що цей ґрунт є придатним для вирощування основних польових культур, включаючи сою, за умови оптимізації живлення рослин. Він має високу родючість і при відповідному рівні

сільськогосподарської технології може забезпечувати високі врожаї регіонально адаптованих сортів і гібридів основних сільськогосподарських культур, включаючи сою.

Чорноземи типові гарно реагують на внесення добрив, зокрема азотних і органічних. Глибокі карбонатні відміни чорноземів потребують введення фізіологічно кислих та біологічно кислих форм добрив, таких як суперфосфат та сульфат амонію. чорноземи вилужені вимагають внесення нейтральних форм добрив, таких як аміачна селітра, сульфат амонію, хлористий калій та калійні солі, а також проведення вапнування.

Чорноземи типові малогумусні вважаються цінним ресурсом регіону. За сприятливих кліматичних умов та за належного обробітку, навіть при невеликих кількостях органічних і мінеральних добрив, вони можуть надавати високі врожаї практично всіх сільськогосподарських культур [22].

3.2. Погодні умови

Згідно з агрокліматичним районуванням Полтавської області, територія землекористування відноситься до помірно-континентального клімату з недостатнім зволоженням, холодною зимою та спекотним літом, яке часто супроводжується суховійними періодами. Зима характеризується чергуванням сильних морозів і відносно теплих днів, з середньорічною температурою +7,2 °C.

Найхолодніший місяць – січень із середньомісячною температурою –6,5 °C, а найтепліший – липень із середньомісячною температурою +21,5 °C. Абсолютні температурні мінімум та максимум становлять відповідно –35 °C та +38 °C. Річні зміни середніх температур складають 27 °C, абсолютних –73 °C, що свідчить про континентальний характер клімату.

Однак в окремі роки спостерігаються значні відхилення від середніх температур, що може спричинювати вимерзання озимих і багаторічних трав. Особливо шкідливі морози у малосніжні зими, коли на глибині кущіння температура може опускатися до –20 °C.

Період безморозного вегетаційного сезону становить в середньому 210-230 діб (квітень–листопад). Вегетація озимих культур розпочинається в кінці березня і завершується в листопаді – на початку грудня. Тривалість вегетаційного періоду складає 210–215 діб.

Початок танення ґрунту з поверхні припадає на кінець березня, повне розмерзання відбувається в першій декаді квітня, а інтенсивне дозрівання ґрунту спостерігається з 5 по 20 квітня.

Період появи снігового покриву та стійкого пониження середньодобової температури до від'ємних значень вважається початком зими (середина грудня). Сніговий покрив досягає висоти 10–15 см та виявляється нестійким.

Середня річна сума опадів складає 440–480 мм, при чому найбільше опадів припадає на червень–липень, а найменше на січень–лютий. Весняний період обмежений кількістю опадів і вимагає ефективного використання агротехнологічних заходів.

Сума активних температур за рік виносить 2600–2900, що є достатньою для повного достигання сільськогосподарських культур. Ці аспекти клімату, разом із якістю земель, значущі для сільськогосподарського виробництва, враховуючи вплив на врожайність культур і стан ґрунту.

Таблиця 2

Погодні умови на час проведення досліджень

(дані метеостанції Глобине)

	Місяці								
Показник	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Кількість опадів, мм									
2023 р.	11,4	25,2	20	40,2	18,2	48,8	65	54,2	6,8
Температура повітря, ºС									
2023 р.	-2	-13	14	11,5	15,5	18,5	23	25	17
Відносна вологість повітря, %									
2023 р.	87	82	68	62	72	69	67	63	66

3.3. Схема досліду та розміщення варіантів

Дослідження проводили в умовах стаціонарного польового досліду на полях господарства.

Схема досліду

Без добрив (контроль);

$P_{60}K_{60}$;

$N_{60}K_{30}$;

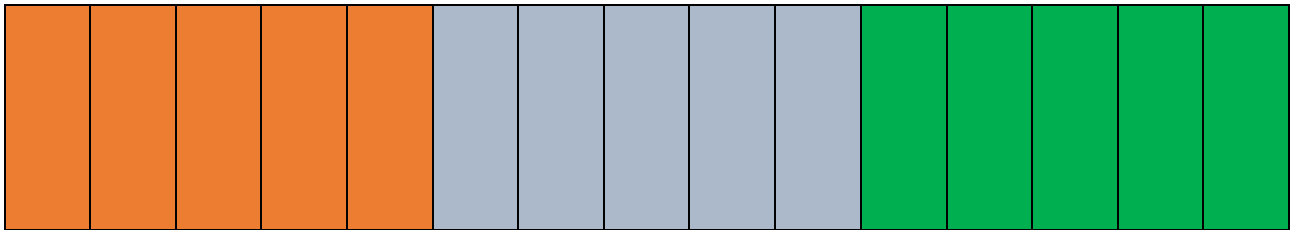
$N_{60}P_{60}$;

$N_{60}P_{60}K_{60}$.

Дослідні варіанти розташовані систематичним методом з використанням триразової повторності. Площа дослідної ділянки становила 100 м^2, при цьому облікова площа була 35 м^2.

Згідно зі схемою досліду використовувалися різні види мінеральних добрив. Зокрема, азотні добрива представлені аміачною селітрою, фосфорні – суперфосфатом гранульованим, а калійні –калієм хлористим. Важливо відзначити, що фосфорні та калійні добрива вносилися під час основного обробітку ґрунту, тоді як азотні добрива застосовувалися під час передпосівної культивації. Це стратегічне розподілення мінеральних добрив мало на меті оптимізувати їх вплив на вирощувану культуру, враховуючи їхні особливості та потреби на різних етапах розвитку. Варіанти розміщені систематичним методом:

I повторність II повторність III повторність



3.4. Агротехнологія вирощування сої

Головною вимогою до попередника сої є мінімізація кількості бур’янів на полі. Оптимальна кількість проростків бур’янів для земель, де планується вирощування сої, не повинна перевищувати 10 штук на 1 квадратний метр. Соя вимагає родючого ґрунту, і для формування 1 тонни насіння виносить з ґрунту 70–100 кг азоту, 40 кг фосфору та 50 кг калію.

Якщо насіння обробити препаратами азотфіксувальних бактерій перед сівбою, рослини можуть задовольнити до 70 % своїх потреб в азоті.

Після збирання врожаю попередньої культури, а саме пшениці озимої, було проведено лущення стерні на глибину 6–8 см. У осінній період, як частина основного обробітку згідно із схемою польового досліду, було внесено фосфорні та калійні добрива. Оранка була виконана на глибину 24–26 см.

Навесні, з настанням фізичної стиглості ґрунту проводили вирівнювання зябу за допомогою борони Mcfarlane (21m). Передпосівна культивація проводилася на глибину загортання насіння – 3–4 см. Згідно схеми досліджень, під передпосівну культивацію, вносили аміачну селітру.

Сіяли 850 тисяч штук насінин на гектар з міжряддям 15 см та на глибину до 5 см. Після сівби провели коткування.

Для боротьби з бур’янами використовували ґрунтовий гербіцид Сора-Нет, КЕ в дозі 2,0 літри на гектар. З настанням фази трьох листків, для боротьби з однодольними і дводольними бур’янами, обприскували посіви сої гербіцидом Базагран у дозі 3 літри на гектар. Збір врожаю сої проводили на етапі повної стиглості за допомогою прямого комбайнування.

Урожай сої збирали прямим комбайнуванням у фазу повної стиглості насіння.

3. 5. Програма досліджень і методика їх проведення

Брали проби ґрунту та підготовлювали їх для подальшого аналізу відповідно до вимог стандартів ДСТУ 4287:2004 і ДСТУ ISO 11464:2007. У пробах ґрунту визначали такі показники: вміст загального вуглецю за методом Тюрина в модифікації Симакова (згідно з ДСТУ 4289:2004); гідролітичну кислотність за методом Каппена (згідно з ДСТУ 7537:2014); кислотність ґрунту pHKCl за стандартом ДСТУ ISO 10390-2007; вміст увібраних основ згідно з МВВ 31–497058–007–2005; ємність катіонного обміну ґрунту та насиченість його основами відповідно до ДСТУ ISO 11260-2001. Суму ввібраних основ визначали за методом Каппена–Гільковиця, згідно ГОСТ 27821–88. Вміст азоту легкогідролізованих сполук визначали за методом Корнфілда, відповідно до ДСТУ 7863:2015. Рухомі сполуки фосфору вилучали розчином 0,5 Н оцтової кислоти та вимірювали їх концентрацію фотоколориметруванням за модифікованим методом Чирикова, відповідно до ДСТУ 4115-2002. Рухомі сполуки калію також вилучали розчином 0,5 Н оцтової кислоти на полуменевому фотометрі, використовуючи модифікований метод Чирикова, згідно з ДСТУ 4115-2002.

Для визначення кількості бульбочок на кореневій системі рослин брали 10 екземплярів з кожного варіанту досліду у двох різних повтореннях і проводили підрахунок їх кількості.

Площу листкової поверхні рослин сої в досліді визначали за допомогою методу висічок [5].

Азотне забезпечення сої визначали за допомогою портативного приладу N-tester вимірюванням з 30 рослин у двох несуміжних повтореннях [19].

Для оцінювання впливу удобрення та визначення показників якості насіння культури, вимірювали вміст білка й жиру за допомогою інфрачервоної спектроскопії за допомогою пристрою InfratecNova. Масу 1000 насінин визначали згідно з ДСТУ ISO 520 [27].

Ефективність вирощування культури з економічного погляду обчислювали за загальноприйнятими методиками, ураховуючи витрати згідно з технологічними картами та ціни на реалізацію в ІІІ кварталі 2023 року.

Для обробки статистичних результатів досліджень та визначення достовірності експериментальних даних використовували метод дисперсійного аналізу за методикою В. О. Єщенка та стандартні програми, такі як ПІК «Agrostat», MS Office Excel, та інші [30].

РОЗДІЛ 4.

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ІНОКУЛЯЦІЇ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОЇ

4.1. Вплив мінеральних добрив на якісні показники

Однією з ключових умов для досягнення високої продуктивності будь-якої сільськогосподарської культури є створення оптимального режиму живлення для рослин. Дефіцит будь-якого поживного елемента призводить до порушень у рості та розвитку рослин, а також зниження врожаю і якості продукції [41]. Тому для досягнення високого врожаю сої важливо забезпечити належний поживний режим ґрунту, що є необхідним для нормального функціонування рослин [7, 15].

Відомо, що соя може отримувати від 60 до 70 % азоту з власного середовища, іноді навіть в повному обсязі, завдяки процесу азотфіксації [45, 65, 70]. Застосування мінеральних добрив викликало зміни не лише в урожайності, але також вплинуло на якість насіння сої. При оцінці якості сухої речовини визначали вміст білка та жиру. За результатами дослідження, вміст білка в сухій речовині становив 31,2 % без внесення добрив і зростає до 36,3 % після внесення $N_{60}P_{60}$. На інших ділянках дослідження з різними дозами мінеральних добрив спостерігалася зміни вмісту білка в сухій речовині на рівні 1–2 % [18]. Вплив погодних умов на характер накопичення білка в сухій речовині насіння був незначним, оскільки не зафіксовано його істотних змін протягом дослідженого періоду. Щодо розподілу вмісту жиру в сухій речовині насіння сої, він виявився аналогічним розподілу білка, за винятком того, що азотні добрива не впливали суттєво на збільшення вмісту жиру, у той час як фосфорні добрива виявили більший вплив [21, 34].

Соя може забезпечувати тривалу активність фіксації азоту у симбіотичній системі протягом тривалого періоду.

Ефективність будь-яких технологічних методів обов’язково повинна оцінюватися за низкою економічних та біоенергетичних показників [35]. Це обумовлено тим, що технологія вирощування будь-якої польової культури

повинна не лише забезпечувати її максимальну продуктивність, але й відповідати сучасним вимогам ефективного використання ресурсів та енергозберіганні. Як перспективні вважаються ті технологічні складові, впровадження яких призводить до зменшення економічних та енергетичних витрат на виробництво основної продукції, а також підвищення рівня рентабельності, окупності кожної гривні витрат і коефіцієнта енергетичної ефективності [36].

Суха речовина сої – це та частина рослини, яка залишається після видалення води. Вміст сухої речовини визначається як відсоток маси сухих компонентів у загальній масі продукту.

Основні складові сухої речовини сої включають білки, жири, вуглеводи, волокна, мінерали та інші біологічно активні речовини. Різні сорти сої та умови вирощування можуть впливати на вміст цих компонентів.

Білки: Соя є важливим джерелом рослинних білків. Вміст білка в сухій речовині сої зазвичай становить 35–40 %, і це робить її важливим продуктом для вегетаріанців та тих, хто шукає альтернативу тваринним джерелам білка.

Жири: Соя також містить жири, і її вміст жирів в сухій речовині зазвичай становить 18–22 %. Жири в сої включають як насичені, так і ненасичені жирні кислоти, що робить її корисною для серцево-судинної системи.

Вуглеводи: Вміст вуглеводів у сої є значно меншим порівняно з білками та жирами. Вони включають комплексні вуглеводи, такі як дієтичні волокна та цукри.

Мінерали: Суха речовина сої також містить різні мінерали, такі як калій, фосфор, кальцій, магній та інші, які є важливими для забезпечення нормального функціонування організму.

Інші речовини: Додатково, в сої можуть міститися антиоксиданти, фітостероли та інші біологічно активні речовини, які мають потенційні корисні властивості для здоров'я.

Узагальнено, високий вміст сухої речовини робить сою цінним продуктом як для харчування людей, так і як корму для тварин.

На підставі аналізу динаміки наростання сухої речовини сої за різних видів мінеральних добрив (табл. 3) було встановлено, що в період росту та розвитку рослин збільшення сухої маси відбувається пропорційно формуванню листкової поверхні і досягає максимальних значень на етапі повної стиглості.

Важливо відзначити, що на накопичення сухої речовини суттєвий вплив справляли мінеральні добрива в фазу повної стиглості насіння. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ призвело до збільшення виходу сухої речовини на 5,01 т/га, при цьому приріст порівняно з контролем становив 1,26 т/га.

Таблиця 3

Динаміка формування сухої речовини посівами сої залежно від видів мінеральних добрив і їх поєднань, т/га

Варіант досліду	Фаза росту й розвитку рослин		
	Бутонізація	Цвітіння	Повна стиглість
Без добрив (контроль)	1,51	2,59	3,75
$N_{60}K_{60}$	1,80	3,19	4,40
$N_{60}K_{60}$	1,70	3,05	4,20
$N_{60}P_{60}$	1,72	3,11	4,28
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,15	3,68	5,01

4.2. Формування азотфіксувального апарату

Отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур безпосередньо залежить від забезпечення їх необхідними елементами мінерального живлення, основним із яких є доступний азот. Недостатня наявність азоту є ключовим чинником, який гальмує процеси росту й розвитку рослин. Низьке співвідношення між азотом і вуглецем в рослинних організмах пов’язане з обмеженими можливостями рослин у здатності активно асимілювати азот з

атмосферного повітря. Деякі автори вказують на парадоксальність цієї ситуації: навіть при наявності значної кількості азоту в навколишньому середовищі (78 % атмосферного азоту та зв'язаного азоту в органічних речовинах ґрунту, таких як гумус, лігнін, хітин, пептиди), він залишається недоступним для рослин, оскільки вони не мають ферментних систем для фіксації молекулярного азоту та розкладання органічних речовин ґрунту. Природним виходом з цієї ситуації є співпраця рослин з мікроорганізмами, які мають нітрогеназу або фермент для розкладання азотовмісних складових ґрунту [67, 68].

Симбіоз бобових рослин із бульбочковими бактеріями представляє собою одну з найбільш ефективних систем біологічної азотфіксації, що має значуще екологічне та практичне значення. У цьому біологічному партнерстві досягається взаємодія двох ключових біохімічних процесів – азотфіксації і фотосинтезу, що призводить до нормалізації азотно-вуглеводного балансу в рослинному організмі. Активізація корисних агрономічних мікробних процесів у кореневій зоні рослин можлива двома способами: введенням в ґрунт органічних та мінеральних добрив, які оптимізують активність мікрофлори ґрунту, та збагаченням ґрунту високоефективними штамами азотфіксувальних та фосфатмобілізувальних мікроорганізмів, а також мікроорганізмів, які регулюють ріст і виробляють антибіотики [56, 62].

Як відомо, позитивна роль зернобобових культур, включаючи сою, в сільському господарстві пов'язана з діяльністю бульбочкових бактерій, з якими ці рослини утримують тісні симбіотичні зв'язки. Ця унікальна здатність дозволяє зернобобовим культурам засвоювати упродовж вегетаційного періоду від 130 до 390 кг/га азоту з атмосфери, що забезпечує отримання економічно вигідного рослинного білка без використання дорогих і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Сої за оптимальних умов вдається біологічно фіксувати 180 кг/га азоту і більше, залишаючи в ґрунті 25–40 кг/га азоту для наступних культур у сівозміні [63].

Ефективність бактеризації залежить від характеру взаємодії між макро- та мікросимбіонтами у кожному конкретному випадку, а також від комплексу

екологічних умов та наявності достатнього забезпечення макро- та мікроелементами. Важливо відзначити, що соя виявляє високий рівень сортової специфічності до штамів бульбочкових бактерій, і спонтанне зараження ними на наших ґрунтах є менш ефективним [51].

На основі результатів проведених досліджень (табл. 4) виявлено, що кількість бульбочок під час вегетації рослин сої досягає свого максимального значення на етапі цвітіння, а після цього починає зменшуватися. Це може бути пояснено перерозподілом пластичних речовин та вуглеводів, які забезпечують функціонування бульбочкових бактерій у репродуктивних органах. Таким чином, найменша кількість бульбочок на коренях рослин виявилася при внесенні добрива $N_{60}K_{60}$ – 16 шт/рослину з масою 0,45 г, тоді як найбільша кількість бульбочок була зафіксована за внесення добрива $P_{60}K_{60}$ – 20 шт/рослину з масою 0,61 г. Можна зробити висновок, що внесення фосфорних і калійних мінеральних добрив позитивно вплинуло на формування кількості бульбочок у рослин.

Таблиця 4

Кількість і маса бульбочок на кореневій системі сої у фазу цвітіння залежно від видів мінеральних добрив і їх поєднання, 2023 р.

Варіант досліду	Кількість бульбочок, шт/росл.	Маса бульбочок, г/росл.	Приріст кількості бульбочок залежно від удобрення, шт/росл.
Без добрив (контроль)	14	0,41	–
$P_{60}K_{60}$	20	0,61	+6
$N_{60}K_{60}$	16	0,45	+4
$N_{60}P_{60}$	17	0,47	+3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	18	0,48	+2

4.3. Динаміка наростання листкового апарату

Найвищі й найкращі за якістю врожаї сільськогосподарських рослин можна отримати в посівах з оптимальною за розмірами площею листків, оптимальним ходом її формування і структурою [11, 31].

Оптимальний ріст листкової поверхні та формування високого фотосинтетичного потенціалу листя в значній мірі залежать від обґрунтованості технологій вирощування, які забезпечують тривалішу роботу листкового апарату [13].

Невід'ємною умовою отримання високих урожаїв сої є наявність оптимальної площі листкової поверхні та збільшення синтезованої нею органічної речовини. У формуванні площі листкової поверхні посівів і ефективності їх використання включно важливе значення відіграють норма висіву і способи сівби. Забезпечуючи більш рівномірний розподіл рослин площі живлення і оптимізуючи площу живлення кожної рослини можна досягти максимальної ефективності її функціонування і засвоєння більшої частки фотосинтетичної активної радіації. Невелика площа листкової поверхні є причиною недостатнього використання фотосинтетично активної радіації, у той же час занадто велика їх площа призводить до взаємозатінення листків і, тому значна їх частина у нижньому ярусі обпадає [16].

Згідно з результатами багатьох досліджень, оптимальною площею листкової поверхні, за якої формується найвища врожайність насіння сої, становить 40–50 тис $м^2$/га. Рівень цього показника залежить від морфобіотипу сортів, погодних умов вегетації, характеру розподілу рослин посівною площею [40].

Якщо площа листової поверхні менша, то оптико-біологічна структура посіву не оптимізована і тому ФАР використовується не раціонально. Проте й більша площа листової поверхні є небажаною, оскільки в результаті взаємозатінення значна частина листків у нижньому ярусі обпадає, а решта працює не ефективно [28].

Таблиця 5

Динаміка формування листкової поверхні посівів сої залежно від видів мінеральних добрив і їх поєднань (2023 р.), тис. м^2/га

Варіант досліду	Фаза росту й розвитку рослин		
	Бутонізація	Цвітіння	Повна стиглість
Без добрив (контроль)	2,37	35,9	20,2
$P_{60}K_{60}$	2,49	37,2	21,9
$N_{60}K_{60}$	26,3	37,4	24,1
$N_{60}P_{60}$	27,9	39,1	25,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	29,8	42,3	27,0

Варто відзначити ефективність комплексного мінерального добрива $N_{60}P_{60}K_{60}$ на показник площі листкової поверхні. Результати проведених досліджень, представлені у табл. 5, дозволяють зробити висновок, що мінеральні добрива виконують функції як листкозберігаючого, так і регулюючого впливу. Завдячуючи інтенсивному впливу не лише на ростові процеси, пов’язані з листковим апаратом, але й на розвиток інших частин рослин, добрива сприяють збільшенню загальної маси рослини, що свідчить про їхню регулюючу роль.

4.4. Забезпеченість рослин азотом

Забезпечення рослин сої азотом є важливим етапом в процесі вирощування цієї культури. Азот входить до складу білків, нуклеїнових кислот і виконує ключові функції в багатьох метаболічних процесах рослин.

Важливу роль у формуванні врожаю сої відіграє азотне живлення, оскільки рослина накопичує значну кількість азоту разом з урожаєм. Разом з водозабезпеченням, азотне живлення відводить вирішальну роль у цьому

процесі. Дослідження свідчать про суттєвий вплив внесення мінеральних добрив на насиченість рослин азотом.

Таблиця 6

Динаміка забезпеченості сої азотом залежно від видів мінеральних добрив і їх поєднань, од. приладу

Варіант досліду	Строк визначення		
	III декада червня	III декада липня	III декада серпня
Без добрив (контроль)	405	522	400
$P_{60}K_{60}$	429	539	417
$N_{60}K_{60}$	451	570	421
$N_{60}P_{60}$	463	577	456
$N_{60}P_{60}K_{60}$	470	585	470

Поліпшення азотного живлення рослин мало найбільший вплив на насиченість сої азотом, у той час як вплив фосфорного живлення був менше значущим. Калійне живлення взагалі мало незначний вплив на цей показник.

Дивлячись на дані з табл. 6, можна зробити висновок, що гарно впливає на забезпеченість азотом сої комплексне добриво $N_{60}P_{60}K_{60}$. При цьому забезпечення азотом в порівнянні з контролем піднялось на 63–70 одиниць. Також не погані показники дало добриво $N_{60}P_{60}$.

4.5. Урожайність і якість насіння сої

Урожайність сої визначається взаємодією її рослин з генетичним потенціалом та різними чинниками навколишнього середовища. Вплив умов росту та розвитку рослин проявляється в зміні параметрів, що визначають їх продуктивність. Рівень урожайності сої визначається взаємозв’язком основних

чинників. Однак відповідно до сучасних екологічних вимог, особливо враховуючи європейські стандарти, необхідно розробляти нові технології для вирощування цієї культури. З'явлення нових сортів сої та нових видів добрив вимагає проведення комплексу досліджень для їх оптимального використання. Отже, розробка технології вирощування сої стає невід'ємною для забезпечення високої урожайності за умов екологічно безпечних систем удобрення [6].

Урожайність насіння сої представляє собою складну і багатогранну характеристику, і лише приблизно 25 % цієї властивості визначається генотипом сорту. Формування врожаю в зернобобових культурах є складним процесом, який визначається високою і диференційованою взаємодією численних взаємопов'язаних і взаємообумовлених чинників, а також реакцією на умови середовища [72].

Оцінювання рівня урожайності та якості сільськогосподарської продукції виступає основними показниками, які визначають доцільність використання різноманітних агротехнологічних заходів [57].

Результати досліджень (табл. 6): погодні умови 2023 року характеризувалися сприятливими умовами для росту й розвитку сої, була отримана врожайність залежно від варіантів у межах від 2,05 до 2,89 т/га. Тобто при внесенні мінерального добрива $N_{60}P_{60}K_{60}$ ми маємо максимальний приріст урожайності у 51 %. З цього робимо висновок, що є значний вплив азотних добрив на врожайність сої, в той час як вплив фосфорних і калійних добрив є відносно меншим. З парних комбінацій видів мінеральних добрив найбільший вплив на формування врожайності сої мало поєднання азотних і фосфорних добрив.

Вміст олії та білка в насінні сої визначається не лише генетичними особливостями, але й умовами вирощування, такими як рівень удобрення, терміни сівби, інокуляція та інші чинники. Отже, ці показники можуть змінюватися в залежності від вирощувальних умов. Зазвичай, зерно сої містить приблизно 38-43% білка, 19-25% олії та 25-30% вуглеводів.

Таблиця 7

Урожайність сої залежно від видів мінеральних добрив і їх поєднань

Варіант досліду	Урожайність, т/га	Приріст від добрив, т/га	Приріст від добрив, %
Без добрив (контроль)	1,91	–	–
$P_{60}K_{60}$	2,05	0,14	7
$N_{60}K_{60}$	2,15	0,24	13
$N_{60}P_{60}$	2,31	0,40	21
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,89	0,98	51
$НІР_{05}$	0,13	–	–

Олійність насіння сої визначається сортовими характеристиками та погодними умовами у період вегетації. У проведеному досліді, що досліджував вплив удобрення на продуктивність, виявлено залежність між дозою мінеральних добрив та вмістом олії у насінні. Зафіксовано, що надходження поживних елементів у ґрунт та поліпшення умов живлення рослин призводять до зниження олійності насіння. Відповідно до виявленої закономірності (табл. 8), найвищий вміст олії у насінні було зафіксовано на ділянці контролю і становив 21,1 %. У той час як на ділянці з використанням дози добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$, вміст олії у насінні зменшився до 20 %, що вказує на зниження на 1,1 %, тобто від різних комбінацій мінеральних добрив олійність зменшується від контролю.

Щодо вмісту білка у насінні та його зв’язку з рівнем мінерального живлення, наукова література подає різні дані. У різних дослідах за умов підвищення врожайності при використанні добрив спостерігається різна тенденція збільшення білка. За одного погляду, вміст білка в насінні може збільшуватися, тоді як за іншими джерелами його може зменшуватися. У досліді (див. табл. 8) вміст білка у насінні зростав від контрольного варіанту на 4,8 % де вносилось повне мінеральне добриво $N_{60}P_{60}K_{60}$, а от найменший показник протеїну був виявлений за внесення $P_{60}K_{60}$ і він збільшився на 2,1 %.

Таблиця 8

Якість насіння сої залежно від видів мінеральних добрив і їх поєднань

Варіант досліду	Маса 1000 насінин, г	Вміст,%	
		сирого протеїну	олії
Без добрив (контроль)	194	34,3	21,1
$P_{60}K_{60}$	201	36,4	20,8
$N_{60}K_{30}$	231	37,9	20,4
$N_{60}P_{60}$	222	38,1	20,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$	228	39,1	20,0
$НІР_{05}$	12	1,7	1,0

Дослідження вказують на те, що різні системи удобрення можуть виявляти різний вплив на якість насіння сої. Результати таких досліджень можуть включати зміни у вмісті білка, олії, вуглеводів та інших характеристик насіння в залежності від складу та кількості використаних добрив. Ці відомості важливі для розуміння оптимальних підходів до удобрення з метою досягнення бажаної якості та врожайності сої.

Також при внесенні мінеральних добрив важливо враховувати наявність азоту у їх складі, оскільки цей елемент сприяє збільшенню вмісту протеїну у рослинах, зокрема в сої.

Маса тисячі насінин сої визначається як один із основних якісних показників. Існує пряма кореляційна залежність між цим показником і величиною врожаю, що підтверджено результатами проведених досліджень від різних учених. Таким чином, можна зробити висновок, що високі врожаї сої залежать від комплексу чинників, включаючи погодні умови, дози добрив, інокуляцію насіння, сортові особливості та інші аспекти. Зазначається, що вплив фосфорних і калійних добрив відносно менший в порівнянні з іншими чинниками [20, 26, 27, 43].

РОЗДІЛ 5.
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

У сучасних умовах ведення сільського господарства, які визначаються складністю та зростанням вартості енергоносіїв, одним із пріоритетних завдань для сільськогосподарських виробників є не лише досягнення максимального врожаю при оптимальному використанні площі, але й мінімізація матеріальних та енергетичних витрат. Крім того, важливим є підтримання та покращення родючості ґрунту. Ці завдання стають ключовими в умовах, де енергетичні витрати мають велике значення для ефективності виробництва [43].

Отримані результати досліджень можуть бути використані у сільському виробництві з урахуванням значного зростання урожайності насіння та покращення прибутковості завдяки впровадженню удосконаленого технологічного процесу. Для оцінюання економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур, зокрема сої, важливо використовувати такі показники, як урожайність насіння, приріст врожаю, вміст білка та жиру. Ці показники формують ціну реалізації продукції, а виробничі витрати визначають собівартість продукції. Врахування цих аспектів дозволяє виробникам приймати обґрунтовані рішення для оптимізації виробничого процесу та максимізації прибутку [29].

Розробка технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур, включаючи сою, із використанням окремих складових інтенсифікації, повинна передусім бути економічно обґрунтованою і вигідною. Такий підхід враховує важливість оптимізації виробничих витрат, максимізації врожайності та покращення якісних характеристик продукції. Ефективний технологічний процес повинен сприяти не лише підвищенню виробничої продуктивності, але й забезпечувати стійкий економічний результат для сільськогосподарських виробників.

На основі результатів економічного аналізу (табл. 9) видно, що стратегії внесення добрив $P_{60}K_{60}$ та $N_{60}P_{60}$ при вирощуванні сої виявилися менш

рентабельними. Прибуток, отриманий при цих варіантах, вказує на те, що витрати, пов'язані з внесенням великих кількостей фосфорних та азотних добрив, перевищують отриманий дохід від вирощування сої.

Зрозуміло, що внесення додаткових добрив призводить до збільшення виробничих витрат, які включають в себе вартість добрив, робочої сили та інших ресурсів. Якщо при цьому врожайність та якість сої не зростають настільки, щоб компенсувати ці додаткові витрати, то прибуток стає від'ємним.

Таблиця 9

Економічна ефективність застосування добрив під сою, 2023 р.

Варіант досліду	Вартість приросту, грн	Витрати, пов'язані із застосуванням мінеральних добрив, грн/га			Прибуток від отриманого приросту врожаю, грн/га	Рівень рентабельності (збитковості), %
		Всього	Вартість мінеральних добрив	додаткові витрати на застосування мінеральних добрив і дороблення приросту врожаю		
$P_{60}K_{60}$	2380	9235	8285	950	-6855	-74
$N_{60}K_{30}$	4080	5737	4987	750	-1657	-29
$N_{60}P_{60}$	6800	10927	9822	1105	-4127	-38
$N_{60}P_{60}K_{60}$	16660	13329	12122	1207	3331	25

У порівнянні з іншими стратегіями внесення максимальної дози мінеральних добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ при вирощуванні сої призвело до отримання позитивного прибутку у розмірі 3331 грн/га. Це було можливо завдяки підвищенню врожайності та, покращенню якісних характеристик продукції. Вартість внесення додаткових добрив була компенсована високою якістю продукції та її високою цінності, що в кінцеввому підсумку призвело до

позитивного економічного балансу. Такий результат свідчить про ефективність стратегії внесення цих добрив і може бути корисним для сільськогосподарських виробників у максимізації прибутковості вирощування сої.

РОЗДІЛ 6.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1. Особливості охорони праці та моделювання виробничих небезпек під час вирощування сої

Травматизм в сільському господарстві переважно обумовлений недодержанням та невиконанням правил безпеки під час проведення різноманітних технологічних процесів.

Вирощування як сої, так і всіх сільськогосподарських культур супроводжується великою кількістю технологічних процесів, таких як підготовка ґрунту до посіву, сівба, внесення добрив та пестицидів, збір врожаю та інші. Недотримання техніки безпеки під час виконання цих процесів може призвести до травм.

Працівники, залежно від виду роботи, повинні дотримуватися таких правил щодо безпеки під час обробітку ґрунту, сівби і догляду за посівами:

1. Механізатори, що відповідають за підготовку мінеральних добрив до внесення в ґрунт, повинні бути обладнані спеціальними пристроями для зниження рівня пилоутворення. Працівники, які здійснюють ці технологічні процеси, повинні користуватися відповідними засобами індивідуального захисту, такими як респіратори, а також мати на собі спеціальне взуття та одяг, що мінімізує контакт із можливими ризикованими матеріалами. Ці заходи безпеки спрямовані на запобігання травм та забезпечення найвищого рівня захисту працівників під час виконання їхніх обов'язків.

2. Приготування розчинів пестицидів в полі без застосування індивідуальних засобів захисту не є допустимим.

3. Працівникам заборонено перебувати у зоні можливого руху або обертання машинно-тракторних агрегатів, маркерів або навісних машин.

4. При русі агрегату заборонено одночасне обслуговування одним працівником двох чи більше сівалок.

5. Завантаження сівалок насінням та добривами має бути виконане механізовано. Ручне завантаження може бути дозволено тільки при зупинці посівного агрегату та вимкненні двигуна трактора.

6. Очищення і регулювання робочих органів навісних машин, які знаходяться в піднятому стані, слід виконувати виключно за допомогою спеціальних чисток у рукавичках. Це повинно відбуватися лише при зупиненому, загальмованому агрегаті з вимкненим двигуном та при застосуванні заходів, які перешкоджають їх самовільному опусканню.

7. Заборонено працювати на навісних сівалках сівачам.

8. Заборонено підніматися на трактор чи іншу машину або спускатися з неї під час її руху. Ця заборона стосується будь-яких дій, що включають в себе виходження або входження в транспортний засіб в русі. Виконання подібних дій може створювати серйозні небезпеки для особи, яка здійснює ці дії, та оточуючих. З метою безпеки праці та уникнення можливих травм, такі дії слід проводити лише в момент зупинки та вимкнення транспортного засобу.

Заходи безпеки при використанні пестицидів та мінеральних добрив.

1. Зберігання, транспортування та використання пестицидів здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про пестициди і агрохімікати» та інших нормативно-правових актів, що регулюють безпечне зберігання, транспортування та використання пестицидів.

2. Транспортування аміаковмісних мінеральних добрив, приготування їх розчинів, змішування та внесення у ґрунт у темний час доби заборонено.

3. Заборонено транспортувати різні види пестицидів в одному причепі, оскільки при порушенні герметичності упаковки може виникнути хімічна взаємодія, спричинюючи спалах.

4. Заборонено перевозити насіння, що було оброблено пестицидами, разом з харчовими та кормовими продуктами, біологічними засобами захисту рослин, іншими вантажами та людьми.

5. Необхідно утилізувати тару від мінеральних добрив, навіть після її знезараження, і не використовувати її для зберігання фуражу, продуктів, води тощо. Це відповідає вимогам природоохоронного законодавства.

6. Механізми, що використовуються для роботи з пестицидами, повинні мати ущільнювальні прокладки на всіх з'єднаннях магістралей переміщення пестицидів (затички, фланці, штуцери, ніпелі, люки тощо).

Дотримуватися вимог безпеки під час проведення збору врожаю.

1. Комбайнеру та помічнику комбайнера дозволено перебувати на зернозбиральному комбайні під час його руху по дорогах та роботи в полі.

2. Запасні ножі для збиральних машин слід утримувати у дерев'яних чохлах для забезпечення їхнього збереження у робочому стані.

3. Не дозволяється перебувати на сільськогосподарській техніці, включаючи поле, де здійснюються збиральні роботи, особам, які не беруть участі у відповідному технологічному процесі.

4. Заборонено перебування людей у кузові машини або тракторного причепа під час їхнього наповнення продуктом, а також під час транспортування до місця складування.

5. Необхідно мати дерев'яні лопати на комбайнах для того, щоб у випадку необхідності проштовхувати стисле зерно у бункерах до вивантажувального шнека.

6. Пересування сільськогосподарської техніки по дорогах відбувається відповідно до норм і вимог Правил дорожнього руху, які були схвалені постановою Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2001 року під номером 1306 (далі – Правила дорожнього руху).

7. Відпочинок працівників під час роботи у полі повинен відбуватися лише на спеціально відведених та помітно позначених місцях, які освітлюються ліхтарями вночі та виділені вдень віхами. Заборонено відпочивати серед поля, під машинами, у копицях, в кабіні транспортного засобу під час роботи двигуна та інших небезпечних місцях.

Прикладом небезпеки під час збирання врожаю сої:

Небезпечна умова (НУ) 1 – відсутність контролю над процесом заправки комбайна;

Небезпечна умова 2 – несправний пристрій для заправки;

Небезпечна дія (НД) – комбайнер використовує відкритий вогонь;

Надзвичайна ситуація (НС) – розлив пального може спричинити загоряння та спричинити пожежу, що може призвести до можливого травмування працівників.

НУ1↘

НД→НС →П →Т

НУ2↗

Отже, вирощування та збирання сої у сільському господарстві, дотримання правил безпеки є критично важливим аспектом для забезпечення безпеки та збереження здоров'я працівників. Процеси вирощування рослин супроводжуються численними технологічними етапами, такими як підготовка ґрунту, сівба, внесення добрив та пестицидів, збір врожаю та інші.

У контексті безпеки праці важливо враховувати, що недотримання правил безпеки може призвести до травм та загрози здоров'ю працівників. Вимоги до захисту працівників регулюються нормативами та законодавством, включаючи правила щодо використання хімічних речовин, техніки безпеки на транспорті, вимоги до одягу та інструментів індивідуального захисту.

6.2. Охорона навколишнього природного середовища при застосуванні пестицидів та добрив

Використання мінеральних добрив та пестицидів без належного контролю може мати серйозні екологічні наслідки. Зазвичай це пов'язано з тим, що, крім основних елементів живлення, вони містять різноманітні домішки у вигляді радіоактивних ізотопів, органічних і мінеральних сполук важких металів. Таке використання може негативно вплинути на навколишнє середовище, сільське

господарство, а також викликати проблеми для здоров'я працівників, які мають контакт із зазначеними речовинами, і для загального населення [71].

Для отримання мінеральних добрив використовується сировина, така як фосфорити, апатити та сирі калійні солі, яка зазвичай містить певний відсоток домішок, наприклад, від 5–10 % та більше. У цій сировині можуть бути наявні токсичні елементи, такі як свинець, фтор, миш'як, стронцій, кадмій. Важливо враховувати цей аспект, особливо при внесенні великих доз добрив та тривалому їх використанні, оскільки це може стати потенційним джерелом забруднення навколишнього середовища [67].

Протягом останнього десятиліття структура забруднення сільськогосподарської продукції виглядає наступним чином: найвищу долю серед всіх забруднюючих речовин складають нітрати – 75 %, частка важких металів становить приблизно 15 %, а пестицидів – 8 %.

Способи внесення мінеральних добрив, а також строки та форми їх використання мають суттєвий вплив на охорону навколишнього середовища. Зокрема, негативні наслідки спостерігаються, коли добрива потрапляють у водні джерела, накопичуються в рослинній продукції, проявляють фітотоксичний вплив та порушують баланс. Ці явища можуть бути викликані порушенням термінів та методів внесення, недотриманням правил транспортування та зберігання добрив, недостатнім очищенням від шкідливих домішок на етапі їх виробництва, а також недостатнім розумінням впливу на агро- та біосферу.

Метали, що входять до складу добрив, можуть впливати на формування врожаю та якість продукції. З одного боку, добрива сприяють підвищенню урожайності та якості продукції. З іншого боку, при їхньому надмірному використанні вони можуть перетворитися на важкі метали. У результаті некоректної господарської діяльності ці метали можуть призводити до забруднення ґрунтів та продукції. Важливо враховувати, що ґрунти, на відміну від гідросфери та атмосфери, не можуть очищати себе від важких металів, і тому вони є основними накопичувачами цих речовин [23].

Отже, важкі метали, що містяться в мінеральних добривах, можуть негативно впливати на навколишнє середовище та здоров’я людини. Вони потрапляють в ґрунт через застосування добрив і можуть акумулюватися в рослинах, вживаних в харчових продуктах. Цей процес також може включати тварини, які споживають забруднені рослини. Важкі метали можуть переходити в атмосферу та впливати на якість повітря, а потім осідати водними аерозолями чи іншими способами у водні джерела. Також вони можуть потрапляти в воду через ґрунт і впливати на водні екосистеми. Забруднення важкими металами може мати шкідливі наслідки для екосистем та здоров'я людей, тому важливо використовувати добрива обережно та з урахуванням їхнього впливу на довкілля.

Азотні добрива становлять ризик для екосистеми, особливо при їхньому використанні в великих кількостях. Зайвий азот може перетворюватися на нітрати та карбамід, які можуть потрапляти у водні ресурси, якщо їх вносять великими обсягами в ґрунт. Амонійний азот, що міститься в амонійно-нітратних добривах, поглиблюється ґрунтом, але нітратний залишається у розчині ґрунту. Під дією нітрифікувальних бактерій амонійний азот перетворюється на нітратний, що може призводити до накопичення надмірної кількості нітратів у рослинах.

Певна частина активних компонентів, які містяться у пестицидах і мінеральних добривах, може потрапляти до водогосподарської системи під час зберігання на неспеціалізованих складах, під час їх внесення та транспортування, зокрема авіаційним транспортом. Внутрішні водні резервуари вважаються особливо вразливими, оскільки вони можуть накопичувати розчинні речовини.

Таким чином, належно вибрані форми добрив і пестицидів можуть сприяти збереженню навколишнього природного середовища та захисту продукції рослинництва від забруднення їхніми компонентами.

Висновки

При результаті проведеного дослідження та аналізу встановлено, що оптимальне внесення мінеральних добрив є ключовим чинником для досягнення високої урожайності сої. З урахуванням впливу різних доз та співвідношень поживних речовин і можемо сформувати наступні висновки:

1.Вплив різних доз мінеральних добрив на урожайність сої виявило суттєвий ефект на різних етапах росту та розвитку рослин. Ретельне визначення оптимальних концентрацій азоту (N), фосфору (P), та калію (K) у добривах (зокрема, $N_{60}P_{60}K_{60}$) дозволило досягти підвищення врожайності. Експерименти з внесенням різних комбінацій добрив (наприклад, $N_{60}K_{60}$, $N_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}$) підтвердили, що правильно підібрані дози та співвідношення поживних речовин сприяють збільшенню кількості та якості врожаю сої.

2. Досліджування впливу мінеральних добрив на утворення бульбочок на коренях сої, виявили значний ефект, особливо при використанні оптимальних доз та співвідношень азоту (N), фосфору (P), та калію (K) в мінеральних добривах. Варіації у концентраціях цих елементів впливають на ріст та розвиток бульбочок. Тобто внесення $N_{60}P_{60}K_{60}$ призвело до значного збільшення кількості та розміру бульбочок на коренях сої. Цей ефект свідчить про позитивний вплив оптимального співвідношення азоту, фосфору та калію на формування цих структур.

3. В залежності від конкретних варіантів досліду та строки визначення, рівень азоту для рослин сої коливався від 405 до 585 одиниць приладу. Це вказує на значні варіації в забезпеченні рослин азотом в різні періоди досліджень.

Особливо на початку вегетаційного періоду азотні добрива виявили значний вплив на рівень доступності азоту для рослин сої. Це може свідчити про важливість правильного та оптимального внесення азотних добрив для задоволення потреб рослин у цей критичний період їхнього розвитку.

4. Внесення азотних, фосфорних і калійних добрив у дозі 60 кг/га дуже ефективно позначалося на врожайності сої, забезпечуючи значне зростання у

порівнянні з контрольною групою. Конкретно, врожайність сої збільшувалась на 50 %, що є істотним показником ефективності застосування добрив. Такий високий ріст врожайності може бути пояснений оптимальним поєднанням азоту, фосфору і калію, які є ключовими елементами для здоров’я та розвитку рослин.

6. Збільшення доз елементів мінерального живлення сої має значний вплив на характеристики врожаю. Зокрема, підвищення доз призводить до збільшення маси 1000 насінин та вмісту протеїну в продукції. Однак цей позитивний ефект супроводжується зниженням вмісту жиру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамень Ф. Ф, Нестерчук Н. І., Саєнко Я. П. Розробка елементів технології вирощування сої для збільшення виробництва рослинного білка. 1994. С. 185–186.

2. Адамень Ф.Ф. Агробіологічні особливості вирощування сої в Україні, 2006. 456 с.

3. Адамень Ф. Ф. Теоретичне обґрунтування мінерального харчування рослин сої в умовах півдня України. Таврида, 1995. 93 с.

4. Алтухова Т. В. Гербіциди у посівах сої, Захист та карантин рослин. 2004 № 5. С. 36–37.

5. Андріанова Ю. Е., Тарчевський І. А. Хлорофіл та продуктивність рослин. Москва : Наука, 2000.135 с.

6. Бабич А. О., Ткачук В., Новохацький М. Сортова технологія вирощування — шлях до потенційних можливостей сої. Пропозиція. 2000. № 10. С. 41 42.

7. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ : Урожай, 1993. 429 с.

8. Бабич А. О., Бабич-Побережна А.А. Селекція і розміщення виробництва сої в Україні: монографія. Аграрна наука, 2008. 216 с.

9.Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ : Аграрна наука, 2011. 548 с.

10. Бабич А. О., Колісник С. В., Побережна А. А., Немцов А. С. Розміщення посівів і технологія вирощування сої в Україні. Пропозиція. 2002. №5. С. 38–40.

11. Бабич А. О. Зміна величини фотосинтезуючого апарату рослин та посівів сої залежно від елементів технології вирощування. Зб. наук. праць Подільські держ. аграрно технологічні академії. 2001. Вип. 9. С. 21–25

12. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої Київ : Урожай, 1993. 430 с

13. Бахмат О. М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої. Монографія. Кам’янець Подільський. 2012. 436 с.

14. Білявська Л. Г., Рибальченко А. М. Мінливість тривалості веґетаційного періоду у колекційних зразків сої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 2. С. 85–92.

15. Гамаюнова В. В. Визначення доз добрив під сільськогосподарські культури за умов зрошення. Вісник аграрної науки. 1997. №5. С. 15–19.

16. Гамаюнова В. В. Формування продуктивності сої залежно від сорту, мінерального живлення та обробки насіння біопрепаратами на півдні України. Агропромислове виробництво полісся. 2013. Вип. 6. С. 70–73.

17. Глущак А. Г. Вплив окремих елементів технології вирощування на урожайність різних сортів сої. Аграрна наука селу. 1997. Вип. 3. Т. 1. С. 6–9.

18. Головащук Є. О., Ситар О. В., Таран Н. Ю., Каленська С. М. Продуктивність та якість насіння сої за різних умов азотного живлення. Вісник аграрної науки. Київ, 2008. № 1. С. 17–19.

19. Господаренко Г. М. Практикум з агрохімії. Київ: ТОВ «Сік груп Україна», 2020. 148 с.

20. Господаренко Г. М., Бахмат О. М., Прокопчук І. В., Вишневська Л. В., Кравченко В. С. Складові технології вирощування сої. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2019. 208 с.

21. Григоренко С. В. Біометричні показники сортів сої залежно від застосування добрива, регуляторів росту та вологоутримувача. Plant varieties studying and protection. Київ, 2019. Т. 15. № 2. С. 143-154.

22. Гнатенко О. Ф., Петренко Л. Р. Ґрунтознавство з основами геології. Київ : Оранта, 2005. 648 с.

23. Даниленко А. С., Горлачук В. В., В'юн В. Г., Песчанська І. М., Сохнич А. Я. Управління відтворенням і збереженням родючості ґрунту у контексті сталого розвитку природокористування. Миколаїв: Вид-во ПП «Іліон», 2003. 39 с.

24. Даниленко А. С., Горлачук В. В., В'юн В. Г., Песчанська І. М., Сохнич А. Я. Управління відтворенням і збереженням родючості ґрунту у контексті

сталого розвитку природокористування. Миколаїв: Вид-во ПП «Іліон», 2003. 121 с.

25. Десиканти від компанії “Агросфера”. Пропозиція. 2005. № 7. С. 68–69.

26. Дідора В. Г. Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції насіння та удобрення. Наукові горизонти. 2018. №1 (64). С. 24–28.

27. ДСТУ ISO 520:2015. Зернові і бобові. Визначення маси 1000 зерен. Київ. 2015. 10 с..

28. Данилюк В. Г., Поліщук І. С. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур. Вінниця, 2010. 633 с.

29. Далий А. А., Мацибора Економіка сільського господарства. Київ : Каравелла, 2009. 264 с.

30. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. За ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с

31. Жеребко В. М. Структура та якість урожаю сої залежно від особливостей догляду за посівами. Карантин і захист рослин. 2010. №8. С.11–12.

32. Задубинна Є. В. Вплив способів обробітку органогенних ґрунтів та добрив на хімічний склад насіння сої. Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН». Київ, 2010. Вип. 4. С. 34–39.

33. Зінченко О.І. Рослинництво. Київ : Аграр. освіта, 2001. 417 с.

34. Іванюк С. В. Потенціал продуктивності соєвого поля. Агробізнес сьогодні. 2015. № 21. С. 50- 55.

35. Іванюк С. В. Формування сортових ресурсів сої відповідно до біокліматичного потенціалу регіону вирощування. Корми і кормовиробництво. 2012. Вип. 71. С. 34–40.

36. Камінський В. Ф. Агрометеорологічні основи виробництва зерно-бобових культур в Україні. Вісник аграрної науки. 2006. № 6. С. 20-25

37. Карачка В. Що треба знати про комплексні добрива? Пропозиція. 2007. № 4. С. 51.

38. Кириченко В. В., Рябуха С. С., Кобизєва Л. Н., Посилаєва О. О., Чернишенко П. В. Соя (Glycine max (L.) Merr.). НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва . С. 6.

39. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В., Корнійчук О. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Львів : Українські технології, 2010. 1088 с

40. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерновиробництво. Львів : НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

41. Лупітько О. І. Формування продуктивності сої залежно від технологічних прийомів. 2009. С. 30.

42. Манзевита Д. Перспективи для олійних. The Ukrainian Farmer. 2020. №10 (130). С. 52–53.

43. Мазур О.М. Кулик М. Ф., Бабич А. О., Семенчук В. М. Методика біоенергетичної оцінки технології виробництва продукції тваринництва і кормів, Під ред. М. Ф. Кулика. Вінниця, 1997. 54 с.

44. Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від технологічних заходів вирощування в умовах північної частини Лісостепу. Землеробство. 2014. Вип. 1–2. С. 74-77.

45. Мякушко Ю. П., Баранов В. Ф. Соя. Москва : Колос, 1984. 332 с

46.Огурцов Є. М. Соя у Східному Лісостепу України. Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2008. 270 с.

47. Огурцов Є. М. Соя у Східному Лісостепу України. Харків : ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2008. 270 с.

48. Огурцов Є. М., Міхєєв В. Г., Бєлінський Ю. В., Клименко І. В. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України ; за ред. М. А. Бобро. Харків : ХНАУ, 2016. 268 с.

49. Павленко Г. В. Ефективність мінеральних добрив та біопрепаратів у технології вирощування сої в Лісостепу. Вісник аграрної науки. Київ, 2012. № 11. С. 68–69.

50. Павленко Г. В. Ефективність мінеральних добрив та біопрепаратів у технології вирощування сої в Лісостепу. Вісник аграрної науки. Київ, 2012. № 11. С. 68–69.

51. Пархуць Б. І. Особливості продуктивності сортів сої української селекції залежно від системи застосування фунгіцидів. Київ, 2019 Т. 2 С. 177.

52. . Петриченко В. Ф., Бабич А. О., Колісник С. І. та ін. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур. Вісник аграрної науки. Київ, 2003. № 10. С. 15–19.

53. Петриченко В. Ф. Виробництво та використання сої в Україні. Вісник аграрної науки. 2008. №3. С. 24-27.

54. Петриченко В. Ф. Наукові основи сталого соєсіяння в Україні. Корми і кормовиробництво. 2011. Вип. 69. С. 3–10.

55 .Петриченко В. Ф., Колісник С. І. Рекомендації по вивченню і впровадженню сучасних технологій вирощування сої на насіння. Вінниця : ВДСГІ, 1999. С. 11.

56. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Колісник С. І., Воронецька І. С. Кобак С. Я. Обґрунтування інтенсифікації виробництва зернобобових культур в Україні. Web of Scholar. Warsaw, 2018. № 6(24). С. 22–29.

57. Півошенко І. М. Клімат Вінницької області В.: «ВАТ Віноблдрукарня», 1997. 240 с.

58. Поляков О. І. Ефективність застосування мінеральних добрив і біопрепаратів при вирощуванні сої .Селекція і насінництво. 2005. Вип. 90. С. 299–305.

59. Попов С. І. Вплив фонів живлення на врожайність: міжвід. темат. наук. зб. Київ, 2001. Вип. 47. С. 117–119

60. Посипанов Г. С., Князев Б. М., Жеруков Б. Х. Формування врожайності залежно від інокуляції насіння, зрошення та режиму мінерального харчування. Вісник Тимірязівської сільськогосподарської академії. С. 39–44.

61.Семцов А. В. Реакція рослин сої на інокуляцію та внесення різних доз мінеральних добрив в умовах центрального Лісостепу. Вісник аграрної науки. Київ, 2000. № 2. С. 71-72.

62. Симбіотична азотфіксація та врожай / Г. М. Господаренко та ін. За заг. ред. Г. М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2017. 276 с.

63. Синаговская В. Г. Биологический азот в формировании урожая семян сои. Аграрная наука. Москва, 2002. № 12. С. 18.

64. Субба Рао. Управление питанием сои. Соя біология, производство, использование (ред.). Киев : Издательский дом «Зерно», 2014. 656 с.

65. Тимчук В. М., Цехмейструк М. Г., Матвієць В. Г. Соя в системі стандартизованих сировинних ресурсів і трансферу цілісних технологій [Електронний ресурс]. Вісник аграрної науки. 2016. № 2. С. 42-47.

66. Ткаліч І. Д., Шепілова Т. П. Вплив способів та строків внесення мінеральних добрив на урожайність сої. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2011. №40. С. 50–53.

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

68. Турін Є.М. Взаємодія сортів сої зі штамами бульбочкових бактерій. Селекція і насінництво. 2005. Вип. 90. С. 294–299.

69. Шевніков М. Я. Наукові основи вирощування сої в умовах лівобережного Лісостепу України. Полтава, 2007. 208 с.

70. Біологічне рослинництво / В. П. Шевченко С. М. Каленська, П. І. Демидась та ін. Київ : НАУ, 2006. 39 с.

71. Шикула М. К., Ігнатенко О. Ф., Петренко Л. Р., Капштик М. В. Охорона ґрунтів. Київ : Т-во «Знання», КОО, 2004. 398 с.

72. Шотт П. Р. Фиксация атмосферного азота в однолетних агроценозах. Барнаул : Азбука, 2007. 170 с.

73. Щігорцова О. Л., Турін Є. М. Мікробіологічні препарати в агротехнологіях вирощування зернобобових культур. Вісник аграрної науки. 2008. № 9. С. 18–20.

74.Юник А., Мокрієнко В., Пірда В. Удобрення сої: основні складові успіху. Агробізнес Сьогодні. 2020. №12. С. 28–31.

75.Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої. Пропозиція. 2013. URL: https://propozitsiya.com/ua/osoblivosti-suchasnoyi-sistemiudobrennya-soyi (дата звернення 10.10.2020).