

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**05.01.-МКР.18 «С» 2024.01.08.034 ПЗ**

**ГАРБАРА ОЛЕКСАНДРА МИХАЙЛОВИЧА**

**2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**УДК 631.557:633.34:631.165**

**ПОГОДЖЕНО**

Декан агробіологічного  
факультету **В. П. Коваленко**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри рослинництва  
\_\_\_\_\_ **С. М. Каленська**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему «ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОЇ ЗА  
ВПЛИВУ АГРОТЕХНІЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ»**

Спеціальність

201 Агрономія

Освітня програма

Агрономія

Орієнтація освітньої програми

Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми  
д. с.-г наук,

Каленська С. М.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи,  
к. с.-г. н., доцент

Антал Т. В.

Виконав

Гарбар О. М.

**КИЇВ 2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри рослинництва**

**доктор с.-г. наук, професор**

\_\_\_\_\_ **С. М. Каленська**

**« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.**

**ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ  
РОБОТИ СТУДЕНТУ**

**ГАРБАРУ ОЛЕКСАНДРУ МИХАЙЛОВИЧУ**

Спеціальність	201 «Агрономія»
Освітня програма	Агрономія
Орієнтація освітньої програми	Освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Врожайність та якість насіння сої за впливу агротехнічних умов вирощування» затверджена наказом ректора НУБіП України від 08. 01 2024 р. № 18 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15.10.2024 року.

Вихідні дані до роботи: ґрунт - чорнозем типовий малогумусний, за гранулометричним складом крупно пилуватий середньо суглинковий, клімат

- помірно-континентальний, сорти сої Рапсодія та Паллада, інокулянт Ризоактив.

**Перелік питань, що підлягають дослідженню:**

1. Провести аналітичний огляд результатів наукових досліджень щодо проблеми виробництва сої у світі та в Україні. Вивчити стан питань щодо можливості оптимізації елементів технології вирощування та реалізації біологічного потенціалу сої. Обґрунтувати актуальність, мету, завдання, об'єкт та предмет досліджень.

2. Навести характеристику ґрунту дослідної ділянки та проаналізувати погодно-кліматичні умови вегетаційного періоду сої за 2023-2024 роки, на основі якого обґрунтувати зміни в урожайності та якості культури.

3. Встановити дати настання фенологічних фаз розвитку сої та тривалість вегетаційного періоду залежно від застосування бактеріальних препаратів та удобрення.

4. Вивчити вплив інокуляцій насіння та удобрення на густоту стояння, висоту рослин, динаміку формування вегетативної маси.

5. Дослідити симбіотичну діяльність рослин сої залежно від досліджуваних факторів.

6. Провести облік урожайності та аналіз структури врожаю сої за варіантами дослідів.

7. Розрахувати економічну ефективність застосування мінеральних добрив та бактеріального препарату на насіння сої.

8. Обґрунтувати висновки та пропозиції виробництву.

**Дата видачі завдання**

**25.10.2023 р.**

**Завдання видав**

**керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

**Антал Т. В.**

**Завдання прийняв до виконання**

**Гарбар О. М.**

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на 68 сторінках комп'ютерного тексту, складається з 5 розділів, вступу, реферату, висновків та рекомендацій виробництву. Містить 11 таблиць 3 рисунки та списку використаних джерел літератури в кількості 63 найменування.

Робота виконувалася протягом 2023-2024 рр. за відповідним затвердженим завданням і включала наступні питання: морфологію та урожайність сортів сої Рапсодія та Паллада, які залежали від внесення мінеральних добрив у поєднанні з інокулянтом Ризоактив.

У *Розділі 1* наведено літературний опис джерел за темою досліджень де розкрито питання щодо росту та розвитку рослин різних сортів сої за використання мінеральних добрив у поєднанні з відповідним інокулянтом.

*Розділ 2* містить характеристику ґрунтово-кліматичних умов, методик та умови проведення дослідження, схему досліду та методи проведення досліджень

У *Розділі 3* подано результати досліджень за мінеральним добривом та інокулянтом Ризоактив при вирощуванні сої сортів Рапсодія та Паллада. У розділі зроблено аналіз тривалості міжфазних періодів росту і розвитку культури, розвитку симбіотичного апарату сої.

*Розділ 4* присвячено аналізу отриманих результатів структури врожаю та обліку урожайності по варіантах досліду залежно від удобрення та бактеріального препарату. Проаналізовано якісні показники насіння сої.

Розрахунок економічної ефективності технології вирощування сої залежно від удобрення та застосування бактеріального препарату для обробки насіння представлено в *розділі 5*.

Висновки містять результати досліджень та їх рекомендації щодо системи удобрення культури.

**Ключові слова:** сорт, соя, мінеральні добрива, інокулянт, технологія вирощування, урожайність, якість, економічна ефективність.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	8
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b>	10
1.1. Ринок соєвих бобів в Україні. Рекорди, тенденції та очікування	10
1.2. Живлення сої та вплив стресових чинників на врожайність	14
1.3. Реакція сортів сої на інокуляцію насіння	20
1.4. Продуктивність сої за обробки насіння інокулянтами	24
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	27
2.1. Ґрунти господарства	27
2.2. Кліматичні умови	27
2.3. Схема досліду та методика проведення досліджень	28
<b>РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ</b>	34
3.1. Польова схожість та виживаність рослин сої за умов вирощування	34
3.2. Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин сої	37
3.3. Вплив елементів технології вирощування на розвиток симбіотичного апарату сої	39
3.4. Площа листкової поверхні посівів сої залежно від досліджуваних факторів	42
3.5. Лінійний ріст рослин сої залежно від удобрення та інокуляції насіння	46
<b>РОЗДІЛ 4. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ</b>	49

4.1. Структурні показники сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння	49
4.2. Урожайність насіння сої залежно від добрив та інокуляції	52
4.3. Якість насіння сортів сої залежно від елементів технології вирощування	53
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА ВПЛИВУ ДОБРИВ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ</b>	56
<b>ВИСНОВКИ</b>	59
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ</b>	61
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	62

## ВСТУП

Соя - одна з найдавніших сільськогосподарських культур, насіння якої широко використовують в харчовій, кормовій, технічній та медичній промисловості. Належить до широковідомих зернобобових та олійних культур. Популярність здобула завдяки своїм корисним властивостям, поживності та вмісту білка, що робить її широкоживаною. Насіння сої містить: від 32 до 52 % білка, 17 до 27 % - рослинної олії, 18 до 25 % різноманітних вуглеводів, близько 5 % мінеральних солей, біологічно активних компонентів та інших вітамінів, що вдало використовуються у медичній галузі [3].

Зростання популярності сільськогосподарської культури на світовому ринку та високої вартості бобів, стало вагомою причиною для вирощування даної культури аграріями України.

*Актуальність теми.* У процесі вирощування сої перед виробниками постає першочергове завдання щодо створення оптимальних умов для реалізації потенційних можливостей культури. Враховуючи те, що посівні площі зернобобової культури розширюються виникає питання підбору оптимальної технології вирощування та формування таких умов живлення, щоб забезпечити високу її продуктивність.

Особливості мінерального живлення рослин сої формуються на використанні добрив, які позитивно впливають на ріст, розвиток та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Частка участі мінеральних добрив в урожаї сої залежить від зони вирощування, погодних умов, попередника, забезпеченості поживними речовинами і становить 30-40 % [21].

Отже, при вирощуванні сої, одними з визначальних чинників формування високого врожаю насіння сої є застосування інокуляції насіння та мінеральних добрив. Тому питання удосконалення технології вирощування культури на основі оптимізації бактеріально-мінерального удобрення є актуальним та своєчасним, оскільки залишається недостатньо вивченою

сортова реакція сої на комплексне застосування бактеризації насіння та внесення мінеральних добрив, особливо азотних.

*Метою* дослідження було встановити вплив мінеральних добрив та інокулянта насіння на продуктивність, якість насіння сої сортів Рапсодія та Паллада.

*Об'єкт* дослідження – процес формування продуктивності насіння сої залежно від сортів, інокулянта та мінеральних добрив.

*Завдання* дослідження – вивчити елементи адаптивної технології вирощування сої на основі використання нових високопродуктивних сортів та застосування інокулянта для підвищення урожайності та якості насіння.

*Предмет* дослідження – сорти сої Рапсодія та Паллада, урожайність і якість насіння сої, мінеральні добрива, інокулянт, економічна ефективність.

*Методи* досліджень. Під час виконання роботи використовували загальнонаукові і спеціальні методи досліджень. Польовий метод - для здійснення польових досліджень, фенологічних спостережень, виміру біометричних параметрів рослин, обліку урожаю сої; лабораторний - для вивчення якісних показників насіння; розрахунково-порівняльний - для розрахунку економічної оцінки ефективності досліджень.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1 Ринок соєвих бобів в Україні. Рекорди, тенденції та очікування

Український ринок сої переживає другу хвилю збільшення виробництва, що продиктовано перш за все привабливою ціновою кон'юнктурою та підвищенням рентабельності при вирощуванні соєвих бобів у порівнянні з іншими культурами [64].

В Україні у 2024 році на приріст виробництва соєвих бобів є кілька вагомих причин: привабливі ціни на сировину протягом 2023 р. та досить непогана рентабельність серед олійних культур, навіть не беручи до уваги зернові. Крім того, дана культура продемонструвала від початку сезону 2023/24 досить високу ліквідність як на внутрішньому, так і не експортному напрямку (рис. 1.1).

Ще одним чинником на користь сої стало розчарування деяких аграріїв у вирощуванні соняшнику, а точніше в цінах на нього в поточному сезоні, а деякі експерти вважають, що «недосів» озимого ріпаку восени 2023 р. через посуху теж стала причиною збільшення площі сівби під соєю [ 48 ].

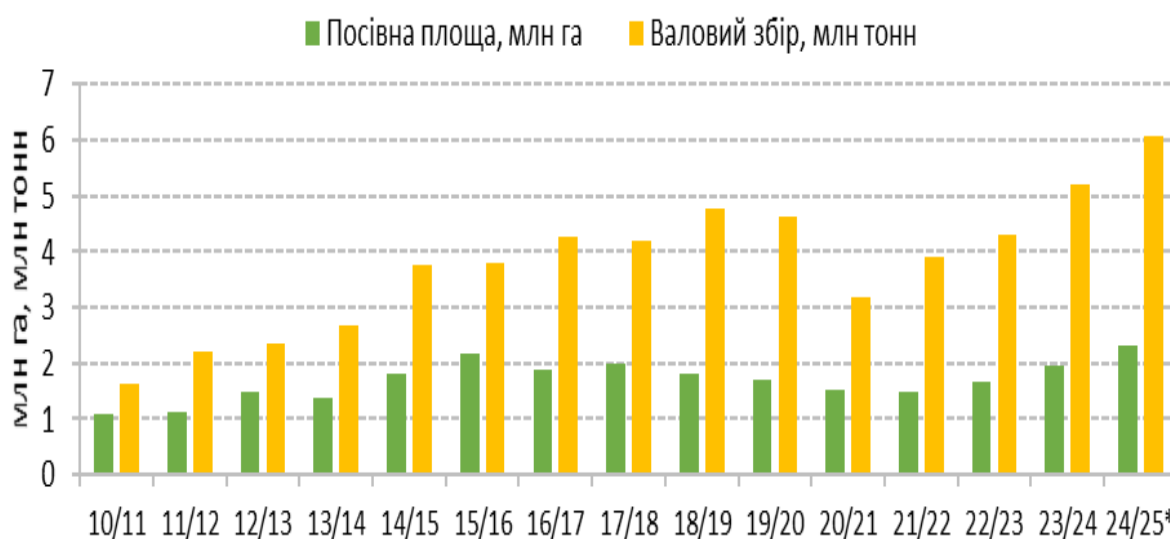


Рис. 1.1 Динаміка виробництва сої в Україні

За нашим попереднім прогнозом, посівна площа під соєвими бобами у 2025 р. збільшиться на 13-19%, а валовий збір, за сприятливих умов, сягне від 5,5 до 6,0 млн тонн.

Варто додати, що розширення посівних площ планують аграрії майже по всій країні, але соя досить примхлива культура в порівнянні з тим же соняшником і середньої врожайності 2,8-3,0 т/га, що характерна для західних областей, навряд чи можна досягти в східній частині країни [65].

За оновленими даними ІА «АПК-Інформ», валовий збір сої в Україні у 2023 р. сягнув історичного максимуму, склавши близько 5,2 млн тонн. Це на 21% перевищує показник 2022 р. та на 9% - попередній максимум (4,8 млн у 2018 р.).

Ринок очікував збільшення виробництва у 2023 р., однак, попри збільшення пропозиції по мірі збирання, ціни на сою підвищувалися через суттєвий дефіцит, що сформувався в липні-серпні як на внутрішньому, так і на експортному напрямку. Підвищувальний ціновий тренд, що встановився ще у вересні минулого року, тривав до середини січня п.р. і підтримувався високим попитом з боку експортно-орієнтованих компаній [ 50 ].

Так, за перші 5 місяців 2023/24 МР експорт сої сягнув майже 1,9 млн тонн, що на 17% перевищило показник в аналогічний період попереднього сезону та стало другим за величиною експортом для зазначеного періоду за всю історію (після 2019/20 МР) (рис. 1.2).

Такі темпи експорту пояснювались передусім привабливою ціною на українську сою на світовому ринку в порівнянні із сировиною американського чи іншого походження в поєднанні з досить високими показниками якості. На тлі цього Єгипет збільшив імпорт української сої більш ніж у 5 разів, однак уже в січні спостерігалось скорочення відвантажень у даному напрямку, що було зумовлено формуванням досить непоганих запасів даної культури всередині країни.

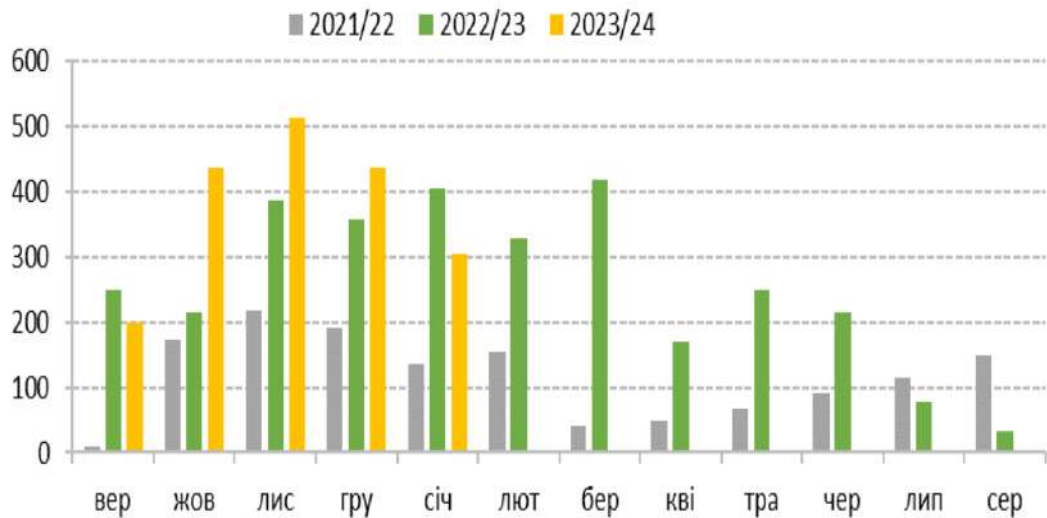


Рис. 1.2 Динаміка експорту сої з України, тис.тон

Також досить важливою є територіальна наближеність до основних світових імпортерів соєвих бобів – ЄС (32% - частка серед покупців української сої), Єгипту (29%) та Туреччини (29%). Однак зазначимо, що до Євросоюзу цього сезону експорт сої скоротився (-25%), що пояснюється як більш привабливим у ціновому плані єгипетським напрямком, так і деяким збільшенням виробництва сої в Європі [34].

Досить значний приріст спостерігається і в переробці сої. За підсумками вересня-січня поточного сезону в Україні було перероблено близько 764 тис. тонн соєвих бобів (+15% до попереднього сезону), що стало другим за величиною показником після 2019/20 МР (864 тис. тонн за вересень-січень).

Основним драйвером збільшення переробки стало збільшення відвантажень на зовнішні ринки соєвого шроту на 30 %, а якщо точніше, то збільшення експорту саме до Польщі, на яку прийшлося 57 % експорту даного продукту проти 43 % за вересень-січень 2022/23 МР. Причому Польща, яка є основним і традиційним імпортером українського соєвого шроту, збільшує закупівлю даної продукції вже третій сезон поспіль (рис. 1.3).

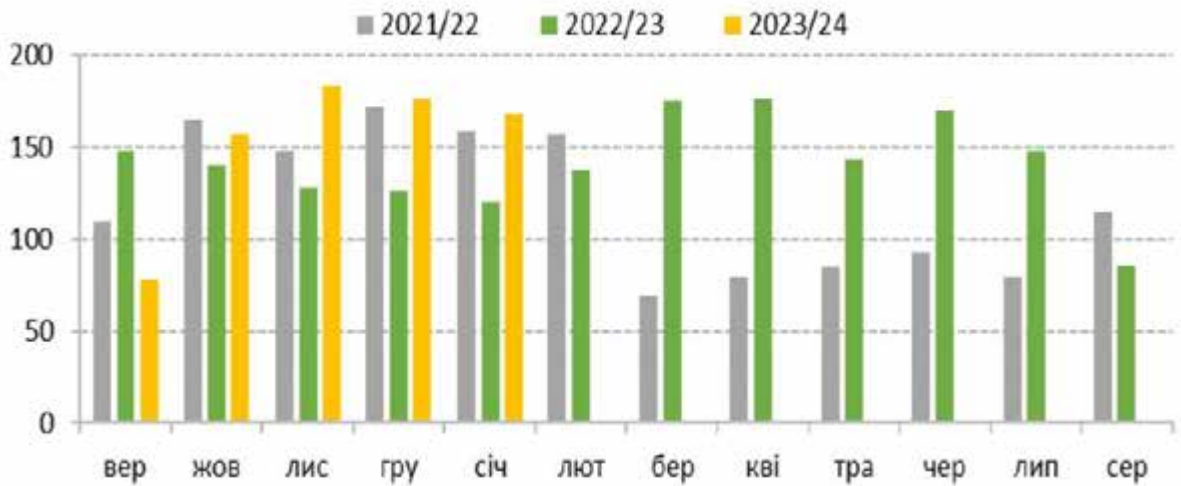


Рис. 1.3. Динаміка переробки сої в Україні, тис. тон

Варто зазначити, що блокування польсько-українського кордону майже не позначилося на перевезеннях соєвого шроту, оскільки більш ніж 70% відвантажень приходить на залізничний транспорт [ 4 ].

Але в цілому реалізація соєвого шроту та олії все ж сповільнюється, що відповідно позначилося на темпах переробки в січні. Однак той факт, що ціни на сою почали знижуватися і аграрії значно збільшили продаж даної культури, аби встигнути реалізувати за привабливою ціною, сприяв суттєвому збільшенню сировинної бази на підприємствах, а, отже, в короткостроковій перспективі можемо побачити збільшення обсягів переробки сої.

Підсумовуючи, зазначимо, що український ринок сої має досить непогані перспективи, навіть при подальшому збільшенні виробництва, що зумовлено:

- територіальною наближеністю до основних світових імпортерів соєвих бобів;
- відносно невеликим виробництвом сої у світових масштабах, що підвищує шанси на високу ліквідність;
- досить високими показниками якості сировини та непоганою репутацією на світовому ринку;

## 1.2. Живлення сої та вплив стресових чинників на врожайність

Завдяки діяльності азотфіксуючих бактерій соя накопичує азот та є добрим попередником для інших культур. Проте, попри такі важливі та унікальні переваги, соя в господарствах ще не набула значного поширення. Однак у виробничих умовах урожайність сої, на жаль, не досягла високого рівня, що свідчить про недостатнє вивчення особливостей технології її вирощування і не повною мірою використання її біологічних особливостей.

Стабільного виробництва зерна сої можна досягти завдяки підвищенню продуктивності даної культури шляхом подальшого вдосконалення і впровадження елементів адаптивних технологій вирощування для найповнішого використання потенціалу інтенсивних сортів. Питання наукового обґрунтування технологій вирощування сої наразі є актуальним і перспективним напрямом розв'язання цієї проблеми. Розширення площ посіву сої змінить структуру культур у сівозміні, вирішить проблему добрих попередників, покращить баланс азоту в ґрунті та підвищить його родючість [ 27 ].

Першочерговим завданням в реалізації потенційної продуктивності сої є ефективне використання всього комплексу агротехнічних заходів та оптимальної системи живлення. Продуктивність посівів сої залежить від наявності елементів живлення в ґрунті та забезпечення вчасного надходження їх у основні фази росту і розвитку рослин. Відомо, що для формування 100 кг насіння соя засвоює 7,2-10,0 кг азоту, 1,7-4,0 кг фосфору та 2,2-4,4 кг калію [ 28 ]. Навіть за такої великої потреби в елементах живлення ця культура дещо менше реагує, порівняно з іншими рослинами, на внесення добрива. Це зумовлено високою азотфіксуючою здатністю рослин сої завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями, які забезпечують її потреби в азоті на 70-80% і мають підвищену здатність до засвоєння важкорозчинних сполук фосфору та інших елементів живлення.

У сучасних умовах за максимального ресурсо- та енергозбереження внесення мінеральних добрив під сою набуває особливого значення. Це обумовлює пошук нових шляхів найраціональнішого використання туків під цю культуру.

Соя в середньому залишає 60-150 кг/га біологічного азоту (використовується наступними культурами на 90-100%, тоді як мінеральний – на 50-60%), 20-25 кг/га фосфору та 30-40 кг/га калію [ 39, 53 ]. Попри здатність сої задовольняти значну частину потреби в азоті (60-70%) за рахунок біологічної фіксації з атмосфери, вона позитивно реагує на внесення органічних і мінеральних добрив.

Тривалі багаторічні дослідження засвідчили позитивний вплив норм мінерального живлення (грунтового та позакореневого) в поєднанні з мікроелементами на продуктивність культури. Так, Ю. А. Злобін [23] повідомляє, що за використання фосфорних і калійних добрив вихід олії зростає на 24%.

Азотні добрива знижують синтез ліпідів. Встановлено, що внесення азоту на фоні фосфорних і калійних добрив сприяє підвищенню вмісту протеїну, найвищим (38,2%) він був на ділянках, де вносили  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . Вміст олії при цьому знижувався і у варіанті  $N_{90}P_{60}K_{60}$  був найнижчим (19,3%). Використання мінеральних добрив за оптимальних умов зволоження підвищує врожайність насіння сої на 8-14 ц/га [ 11 ].

Для формування врожаю соя використовує у 2-3 рази більше поживних речовин, ніж зернові культури (пшениця, кукурудза). Тому вона дає високі врожаї тільки на родючих і окультурених ґрунтах, на решті ґрунтів – лише за умови внесення необхідної кількості основних добрив, збалансованих за складом.

На формування 1 т зерна соя витрачає в середньому 88 кг азоту, 28 кг фосфору і 36 кг кальцію. Отже, з огляду на потреби сої в елементах живлення, дози та співвідношення мінеральних добрив визначають на основі наявності поживних речовин у ґрунті, його механічного складу та запланованого рівня

врожайності. При визначенні доз азотних добрив слід брати до уваги, що в середньому 60% своїх потреб в азоті рослини сої задовольняють за рахунок його фіксації з повітря бульбочковими бактеріями (від 40 до 180 кг/га) [ 54 ].

До фази цвітіння-утворення бобів соя споживає переважно нітратний азот із ґрунту, і тільки після стадії R3 зростає частка споживання азоту, що фіксується із повітря бактеріями, – він перевищує частку нітратного. Тож забезпечення рослини доступним азотом на ранніх стадіях необхідне для максимальної реалізації генетичного потенціалу рослин.

Вчені встановили, що підвищення вмісту азоту в ґрунті при оптимальному фосфорно-калійному живленні не перешкоджає симбіозу рослин і бульбочкових бактерій. При оптимальному вмісті азоту, але дефіциті фосфору (порушення балансу N:P) проникнення бактерій у корінь відбувається, але бульбочки не утворюються. При дефіциті калію скорочується флоемний рух цукрів до коріння, що також уповільнює формування бульбочок і фіксацію азоту з повітря [ 38 ].

Бобові культури є індикаторними по відношенню до молібдену (Mo) і бору (B), а за останніми науковими даними – ще й кобальту (Co). Рослини споживають молібден у формі іонів молібдату ( $\text{MoO}_4^-$ ). Він необхідний для синтезу леггемоглобіну, перетворення іонів нітрату в амоній всередині рослини до того, як він увійде до складу амінокислот. Молібден також використовується в фіксації азоту – для розірвання потрійних зв'язків атмосферного азоту. При низькому рівні рН молібден стає менш доступним, і щоб уникнути його дефіциту, використовується внесення вапна або кальцієвої селітри, які піднімають рН. Обробка насіння та листові підживлення сої добривами зі вмістом молібдену (Келік Мо), здатні підвищити вивільнення молібдену із ґрунту, призначаються за результатами діагностики ґрунту та рослин [ 6 ].

При дефіциті бору в бульбочках не формуються судинні пучки й порушується формування бактероїдної тканини, спостерігається порушення процесу цвітіння, скидання квіток і бобів.

Збалансоване мінеральне живлення сої дає змогу розвивати потужну кореневу систему і надземну біомасу, сприяє максимальному формуванню елементів структури врожаю за будь-яких ґрунтово-кліматичних умовах у зв'язку з виконанням завдань кожного органу рослини [63].

Потенційна продуктивність сої 5,0–6,0 т/га, однак на практиці далеко не завжди вдається отримати таку врожайність. Одна з основних перешкод – умови росту, які часто створюють стрес для рослин і лімітують урожайність.

Порушується гормональний баланс. Гормони керують усіма біохімічними процесами. Вони визначають, які продукти (речовини) потрібно виробляти, їх кількість і напрямок переміщення (які частини будуть рости – коріння, пагони чи плоди). Змінюються фізіолого-біохімічні процеси у клітинах (менше вироблення продуктів фотосинтезу, енергії для хімічних перетворень). Відмирають листки й коріння, формується низький урожай, втрачається якість продукції [ 49 ].

При сильному та тривалому стресі може спостерігатися загибель рослин. Залежно від терміну дії стрес-чинника знижується потенціал продуктивності рослин – від 3 до 100%. Співвідношення елементів живлення у ґрунтовому розчині впливає на споживання їх рослинами. Надлишок одних елементів викликає або посилення поглинання інших, або зниження. Вчені стверджують [27, 42], що надлишок азоту в ґрунті викликає дефіцит калію для живлення рослин, надлишок кальцію – дефіцит фосфору, магнію, надлишок сірки перешкоджає поглинанню молібдену тощо.

Підвищена кислотність ґрунту негативно впливає на ріст сої за рахунок зменшення доступності низки макро- (Ca, Mg) і мікроелементів (Mo) і, навпаки, збільшення розчинності токсичних сполук Mn, Al, Fe, B та ін., а також погіршення фізичних властивостей ґрунту.

Соя належить до середньосолестійких культур і витримує засолення лише до середнього рівня. Висока концентрація легкорозчинних солей в кореневмісному шарі ґрунту призводить до зниження продуктивності рослин від 30 до 100% і навіть повної загибелі посівів. В умовах засолення

погіршується доступність елементів живлення; знижується поглинальна здатність коренів; відбувається відмирання корневих волосків; спостерігається гальмування росту рослин, відмирання листя; спостерігається слабкий розвиток або загибель бульбочкових бактерій [ 8 ].

Сольовий стрес призводить до збільшення вироблення етилену і зниження ауксину та цитокініну. Рослина намагається швидше завершити цикл розвитку, формує мало генеративних органів або абортуює квітки і боби, утворює щупле насіння – залежно від сили стресу.

Важкий гранулометричний склад, погана структура ґрунту й опади створюють надмірне перезволоження ґрунту з застоєм води на поверхні спричиняє водний стрес. Насичення ґрунту водою зменшує кількість кисню, доступного для бактерій і коренів рослин.

Коефіцієнт транспірації сої в період від появи сходів до розгалуження дорівнює 915, а потім різко зменшується: в період розгалуження – початку цвітіння він становить 457, а в період початку цвітіння – утворення бобів – 239. В фазу формування насіння – дозрівання він знову збільшується до 989.

Дисбаланс між споживанням води корінням і втратою води при диханні є причиною в'янення рослин. Вирощування сої найбільш ефективно, коли випадає 300-350 мм опадів; відносна вологість повітря становить 70-75%. Ґрунтову посуху вона переносить гірше, ніж повітряну. При низькій вологості повітря не утворюються або скидаються наявні боби [ 52 ].

Науковці пропонують проводити обробку насіння добривами із рістстимулюючим ефектом для розвитку потужної кореневої системи. Також необхідно включати до системи живлення листові підживлення для підвищення здатності тканин утримувати вологу, відновлення гормонального балансу, підтримки фотосинтезу.

Більшість хімічних засобів захисту рослин є досить токсичними речовинами. Крім своєї основної функції (захист рослин від бур'янів, шкідників і хвороб), вони чинять стресовий вплив на культуру, яку покликані захищати.

Особливо помітний вплив гербіцидів, які, незважаючи на їхню селективність, змінюють фізіологічні процеси культурних рослин. Спільно з ЗЗР або відразу після обробки необхідно застосовувати антистресові препарати за результатами функціональної діагностики рослин [36].

Температурний режим ґрунту один з стресових чинників при вирощуванні сої він безпосередньо впливає на діяльність кореневої системи, поглинання елементів живлення, відіграє велику роль у біологічних і хімічних процесах, що визначають напрямок та швидкість перетворення поживних речовин у ґрунті.

Посилення життєдіяльності мікроорганізмів, використання азоту і фосфору зростає з підвищенням температури ґрунту. Надходження в рослини азоту й фосфору при температурі ґрунту 5<sup>0</sup>С майже в 3 рази менше, ніж при 20<sup>0</sup>С. При зниженні температури ґрунту інтенсивність надходження в рослину елементів живлення знижується [44].

Висока температура гальмує як фотосинтез, так і дихання. Зменшується узгодженість енергетичних процесів. Особливо чутливий до підвищеної температури фотосинтез. Депресія цього процесу зазвичай починається вже при +35...+40<sup>0</sup>С. При підвищених температурах зменшується активність фітогормонів.

Механічні пошкодження рослин впродовж вегетації гальмують ростові процеси, але до фази утворення бобів можуть бути компенсовані розвитком нових пагонів, листків – залежно від величини пошкоджень. Для відновлення рослин після ушкоджень – застосування добрив із рістстимулюючим ефектом, антистресантів. Візуальні симптоми стресу проявляються, коли вже відбулися глибокі порушення обміну речовин, що необоротно знижують потенціал продуктивності рослин. Тому при перших ознаках проблеми необхідно її визначити й усунути [57].

### 1.3. Реакція сортів сої на інокуляцію насіння

При застосуванні інокулянтів мінеральні добрива застосовуються у невисоких стартових дозах. Внесення стартових добрив азоту в діючій речовині (30-40 кг/га) часто затримує утворення бульбочкових бактерій і знижує активність фіксації ними атмосферного азоту внаслідок високого запасу поживних речовин у сім'ядолях і значної кількості нітратного азоту в орному шарі ґрунту.

Біологічна фіксація молекулярного азоту атмосфери є одним з основних джерел азоту в агроценозах. Важливу роль у цьому процесі відіграють симбіотичні мікроорганізми – бульбочкові бактерії, які ініціюють утворення азотфіксуючих бульбочок на коренях бобових рослин [ 47 ].

Завдяки здатності до фіксації азоту бульбочкові бактерії розглядають як цінний генетичний ресурс для біотехнології сільського господарства. Масштаби щорічного виробництва мікробних препаратів для інокуляції бобових культур дають змогу обробляти сотні мільйонів гектарів посівів.

У ґрунтах за роки вирощування сої із застосуванням біопрепаратів сформувалися і функціонують різні за щільністю популяції бульбочкових бактерій сої. Згідно з попередніми дослідженнями, у цих популяціях трапляються штами, які характеризуються повільним та інтенсивним ростом. Вивчення їхніх біологічних властивостей показало, що штами ризобій сої з різною швидкістю росту мають істотні відмінності за фенотиповими та генотиповими ознаками [ 58 ].

Встановлено, що штами з інтенсивним ростом активно колонізують корені рослин і краще приживаються в ґрунті, ніж штами з повільним ростом, тобто їм властива підвищена сапрофітна компетентність. Ця особливість досліджуваних штамів бульбочкових бактерій може бути використана на практиці під час створення нових мікробних препаратів із широким спектром корисної дії. Поєднане застосування для інокуляції насіння сої кількох високоефективних штамів ризобій із різною стратегією виживання у ґрунті

сприятиме не лише підвищенню врожайності культури, а й формуванню стабільної активної популяції специфічних мікроорганізмів.

Одним із ефективних заходів підвищення виробництва зерна сої за одночасного зменшення антропогенного навантаження на екосистему та економії енергетичних ресурсів в умовах надзвичайно високих цін на мінеральні добрива є максимальне використання біологічних факторів інтенсифікації, а в першу чергу симбіотичного потенціалу, як дешевого природного джерела азоту [18].

Результати численних досліджень, проведених в різних наукових установах, підтверджують позитивний вплив інокуляції насіння на формування продуктивності сої. За результатами досліджень проведених у Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН було встановлено, що інокуляція насіння сої, навіть у несприятливих за погодними умовами роки, забезпечила приріст урожайності від 0,14 до 0,60 т/га або 6,6-28,2% порівняно з ділянками контрольного варіанту, де інокуляція не проводилась. Найвищий рівень урожаю насіння сої було відмічено на варіантах, де інокуляцію проводили бактеріальними препаратами ХайКот Супер Соя + Екстендер (2,73 т/га) та ХіСтік Соя (2,52 т/га). Приріст до контролю становив 28,2 та 18,3% [30].

Дослідження проведені у Вінницькому національному аграрному університеті показали, що комплексне застосування біологічних препаратів Різолан (3 л/т насіння), Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граунфікс (5 л/га у передпосівну культивуацію) забезпечили формування найвищої у досліді урожайності зерна 4,05 т/га у сорту Медісон та 3,88 т/га у сорту Золотиста, при цьому приріст урожаю до контролю становив 17,9-18,1% [60]. Останнім часом значний науковий та практичний інтерес викликає використання на різних культурах, у тому числі й на сої, біологічних добрив та препаратів, різного механізму дії які використовуються для позакореневого підживлення та сприяють кращому використанню рослинами наявних факторів життя і відповідно забезпечують збільшення їх продуктивності [17]

У США сорти сої формують урожайність за рахунок азотфіксації лише на 50-60%. Середня врожайність культури там становить 3,0 т/га, тобто з огляду на те, що на формування однієї тонни насіння сої потрібно 70-90 кг азоту, для такого урожаю необхідно 210-270 кг нітрогену. З них 100-160 кг вноситься з мінеральними добривами. Водночас у Бразилії сорти сої формують середню врожайність 5,0 т/га на понад 80% за рахунок азотфіксації, лише 0,7 т отримується завдяки внесенню мінеральних добрив, а це 50-65 кг/га.

В Україні середня урожайність сої становить 2,3 т/га. За дослідженнями науковців, за умови достатнього зволоження можна отримати урожайність на рівні 2,5 т/га без внесення мінеральних добрив лише за рахунок азотфіксації. Прибавка від застосування інокулянту в наших умовах становить 200-600 кг насіння сої на гектар.

Максимальний ефект можна отримати вдало поєднавши мінеральне живлення з інокуляцією. Адже весь азот, що фіксується бактеріями у бульбочці, поступає одразу в цитоплазму рослин, тому азотфіксація є не лише найбільш екологічним способом забезпечення рослин азотом, а й найбільш ефективним з погляду транспортування до рослини [ 51 ].

Незалежно від того, проводилася інокуляція чи ні, після декількох років вирощування сої в ґрунті формуються численні популяції *Bradyrhizobium*.

Більшість ґрунтових аборигенних ризобій мають невисоку ефективність, тому, утворюючи бульбочки на коренях сої, вони не забезпечують реалізацію потенціалу культури повною мірою. В літературі є багато даних, що бульбочкові бактерії, які потрапляють у ґрунт з інокулянтом, уже на третій рік не виділяються з бульбочок сої. За результатами досліджень у перший рік інокуляція забезпечує понад 80% утворення бульбочок, а на другий рік цей показник може становити лише 20% бульбочок від усієї кількості [ 2 ].

На виживання бульбочкових бактерій у ґрунті також впливає температурний режим, зволоженість та забезпечення ґрунту органічною речовиною. Успіх інокуляції залежить від конкурентоздатності ризобій у кореневій зоні рослин та характеризується здатністю одного або декількох штамів

проникати в корені та утворювати бульбочки в присутності місцевої популяції ризобій.

Повної конкуренції вдається досягнути лише за умови, що бактерії з інокулянту рівномірно розподілені в ґрунті кореневої зони, проте через незначну рухомість бактерій у ґрунті вони забезпечують утворення бульбочок у базальній частині кореня та на бокових, але не більше за 8-10 см від насінини. Основна маса бульбочок формується в шарі 0-20 см, тобто бульбочки на бічних коренях утворюються завдяки місцевим популяціям або ж при повторному посіві сої завдяки бактеріям, що потрапили в ґрунт із бульбочок інокульованої сої.

До фази цвітіння азотфіксація у рослин сої проходить лише на головному корені, потім підключаються бульбочки на периферійному корінні, а вклад бульбочок, що утворилися в базальній частині кореня, в загальну азотфіксацію поступово зменшується. В кінці «сезону азотфіксації» їхня частка становить 20%. Найбільшу кількість азоту в кінці вегетації фіксують бульбочки на периферійному корінні [ 62 ].

Соя – культура, що потребує значної кількості азоту для формування врожаю. Саме тому, на думку багатьох дослідників, вона не залишає значної кількості азоту для наступної культури. Здебільшого це азот, що міститься в післяжнивних рештках, коренях та відмерлих бульбочках. Кожного разу, коли висівають сою з використанням інокулянту, збільшують щільність популяції більш активних бульбочкових бактерій у ґрунті, які формують значну частину бульбочок на периферійних коренях. Цим не лише впливають на величину та якість урожаю, а й на кількість азоту, що залишається для наступних культур у сівозміні.

#### **1.4. Продуктивність сої за обробки насіння інокулянтами**

Соя досить вимоглива до мінерального живлення і надходження елементів живлення протягом вегетаційного періоду сої проходить нерівномірно.

Для формування 1 т насіння соя витрачає близько 70-90 кг азоту, 15-20 кг фосфору, 30-40 кг калію, 8-10 кг магнію, 18-21 кг кальцію. Від сходів до цвітіння соя засвоює 5,9-6,8% азоту, 4,6-4,7% фосфору і 7,6-9,4% калію від загального споживання за вегетацію. Найбільше споживання елементів живлення відбувається у період цвітіння, формування бобів, початку наливу насіння. В цей час вона споживає, відповідно, 57,9-59,7%, 59,4-64,7 та 66,0-70,0%; від початку наливу до кінця дозрівання –33,7-36,3%, 30,6-36,0 та 18,9-26,4% відповідно. Максимальна кількість азоту засвоюється у період цвітіння та формування бобів, фосфору – на початкових етапах росту, калію – у фазі формування та наливу бобів [ 14 ].

Кращому засвоєнню азоту з повітря та збільшенню його кількості на коренях сої сприяє обробка насіння азотфіксуючими бактеріями (інокулянтами). Основним позитивним ефектом від використання біологічних інокулянтів є оптимізація поживного режиму рослин, що пов'язано зі зростанням ферментативної активності в ризосфері рослин. Крім оптимізації поживного режиму за рахунок процесів азотфіксації, фосфат- і каліймобілізації, важливим фактором підвищення продуктивності культур є вироблення мікроорганізмами фізіологічно активних речовин –фітогормонів, вітамінів і амінокислот, що дозволяє стимулювати зростання рослин протягом усього періоду вегетації.

Багаторічні дослідження, проведені в Інституті фізіології рослин та генетики НААН України, показали, що передпосівна інокуляція насіння бобових культур препаратами бульбочкових бактерій також сприяє підвищенню їх продуктивності сої на 0,20–0,50 т/га [ 46 ].

Узагальнені результати досліджень свідчать, що існує специфічна реакція сортів сої на інокуляцію різними штамми бульбочкових бактерій.

За результатами досліджень ряду авторів було зроблено висновок про те, що в симбіотичній парі сорт-інокулянт рослини значно більшою мірою впливають на врожай, ніж штам бульбочкових бактерій [ 55 ].

Інокуляція насіння сої бульбочковими бактеріями дає можливість забезпечити рослини доступним атмосферним азотом і заощадити на мінеральних азотних добривах, а також на фосфорних, покращити процес азотфіксації, збільшити накопичення протеїну, захистити сою від хвороб і токсичного впливу пестицидів, отримати кращий урожай допомагає її мікоризація. Особливо актуальною інокуляція насіння сої мікоризними препаратами є за нестійких кліматичних умов, зокрема, в разі дефіциту опадів і неоптимальних температур вирощування [ 37 ].

При інокуляції штамами бульбочкових бактерій на головному і бокових корінцях утворюються бульбочки, в яких відбувається біологічна фіксація азоту. На коренях однієї рослини в Лісостепу і Степу за сприятливих умов формується 30-65 бульбочок.

Для отримання позитивного результату від інокуляції необхідно враховувати особливості ґрунтово-кліматичних умов регіону вирощування, сортові особливості сої, вплив на діяльність бобово-ризобіального комплексу таких елементів технології, як система удобрення та застосування стимуляторів росту [ 32 ].

Щоб підвищити продуктивність рослини при зменшенні норми внесення мінеральних добрив, потрібно створити умови для більш повного їх використання. Це можливо завдяки корисним мікроорганізмам. Саме вони перетворюють недоступні для рослин сполуки в мобільні, доступні для метаболізму. Тому рослина, забезпечена повноцінним комплексом мікроорганізмів, одержує повноцінне живлення і, як наслідок, реалізує свій потенціал урожайності. Виявлено, що однією з основних умов підвищення ефективності азотфіксації є підбір активних вірулентних штамів бульбочкових бактерій до конкретного сорту сої [ 15, 26 ].

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

З метою вивчення впливу рівня удобрення на фотосинтетичну та насіннєву продуктивність сої в умовах Лісостепу України було проведено польові дослідження у фермерському господарстві ФГ «Меркурій Агро», розташоване в Хмельницькій області, Красилівського району.

#### 2.1. Ґрунти господарства

Красилівський район розташований на території Хмельницької області в центральній частині України і має різноманітні ґрунти залежно від типу ландшафту та геологічної будови.

Ґрунт дослідної ділянки чорнозем типовий малогумусний, за гранулометричним складом крупно пилуватий середньо суглинковий. Рельєф місцевості – рівнинний. Ґрунтові води залягають на глибині 2-4м.

Вміст гумусу в орному шарі (за Тюрінім) – 4,39-4,53%; рН сольової витяжки – 6,9- 7,3; ємність поглинання – 30,7-32 мг-екв на 100 г ґрунту. Вміст загального азоту (за Кельдалем) – 0,27-0,31%, загального фосфору – 0,15-0,25%, калію – 2,3-2,5%. Вміст рухомого фосфору (за Мачигінім) складає 4,5-5,5 мг на 100 г ґрунту, а обмінного калію – 9,8-10,3.

Ґрунти характеризуються високим вмістом валових і рухомих форм поживних речовин, *мг/100 г ґрунту*: легкогідролізованого азоту 10,6-11,4; рухомого фосфору 6,2-6,5 і обмінного калію 8,9-10,6.

#### 2.2. Кліматичні умови

Клімат помірно-континентальний. Середня температура повітря становить 6,5-7,0 °С з відносною вологістю 79 %. Клімат цього району помірно теплий та вологий. Згідно з багаторічними даними, середньорічна температура

повітря становить  $7,5^{\circ}\text{C}$ . Коливання температури по місяцях від  $-6,9^{\circ}\text{C}$  в січні до  $+19,6^{\circ}\text{C}$  в липні.

Опади рівномірно розподіляються протягом року, але більшість з них припадає на літні місяці. Середня річна кількість опадів біля 700 мм.

Весна і осінь в районі відносно короткі, але зазвичай приємні та комфортні. Літо може бути спекотним, з температурами, що часто перевищують  $+30^{\circ}\text{C}$ . Зима помірно суха, з частими снігопадами та періодами морозів.

Загалом, клімат регіону сприятливий для вирощування різних видів сільськогосподарських культур, в тому числі і сої, що робить його важливим регіоном для сільськогосподарського виробництва.

У роки проведення польових досліджень погодні умови були в цілому сприятливими для вирощування сої.

### **2.3. Схема досліду та методи проведення досліджень**

Наукові дослідження з вивчення впливу удобрення сої та застосування бактеріального добрива здійснювались шляхом проведення польових та лабораторних дослідів. Технологія вирощування сої – загальноприйнята для даної ґрунтово-кліматичної зони за виключенням факторів, які вивчались (мінеральні добрива та бактеріальний препарат). Спосіб сівби – звичайний рядковий з міжряддям 15 см. Попередник – кукурудза. Норма висіву – 700 тис. шт./га. Гербіциди – Пульсар (0,75 л/га) + Базагран (2,5 л/га). Фунгіциди – Коронет (0,6 л/га) + Абакус (1,5 л/га).

Мінеральні добрива застосовували у вигляді аміачної селітри (34,4%д.р.), гранульованого суперфосфату (19,8%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) та калімагнезії (28,0%  $\text{K}_2\text{O}$ ) під передпосівну культивуацію.

Інокуляцію насіння сої проводили бактеріальним препаратом Ризоактивом (комплексний бактеріальний препарат на основі штамів бульбочкових бактерій та мікроорганізмів для підвищення врожайності та

поліпшення якості зерна сої) в день сівби, згідно “Рекомендацій по ефективному застосування біопрепаратів азотфіксувальних та фосформобілізівних бактерій в сучасному ресурсозбереженні землеробства”.

В дослідженнях застосовували наступні методи: візуальний – для встановлення фенологічних змін розвитку рослин сої; кількісний – для визначення польової схожості, виживаності та густоти рослин; вимірювально-ваговий – для визначення біометричних параметрів рослин, площі листової поверхні посівів, метод монолітів – для визначення розмірів симбіотичного апарату сої та встановлення величини біологічно фіксованого азоту.

Дослідження проводили із рекомендованими для зони Лісостепу сортами сої вітчизняної селекції: сорт Рапсодія занесений до Державного реєстру сортів рослин України 2014 р. (оригіатор – Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України) та сорт Паллада оригіатором є – Інститут кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України) в 2020 р. занесений до Державного реєстру сортів рослин України [ 16 ].

Дослідженнями передбачалось вивчення дії та взаємодії трьох факторів: Фактор А – сорт; Фактор В – інокуляція насіння; Фактор С – удобрення. Площа облікової ділянки – 25,0 м<sup>2</sup>, повторність - чотирьохразова. Трифакторний дослід закладали за наступною схемою (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Схема дослідження		
Фактор А. Сорт	Фактор В. Інокуляція насіння	Фактор С. Удобрення, кг/га д. р.
Рапсодія (контроль)	Без інокуляції (контроль)	Без добрив (контроль) P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
	Ризоактив	
Паллада	Без інокуляції (контроль)	Без добрив (контроль) P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>
	Ризоактив	

## *Характеристика досліджуваних сортів*

### *Сорт Паллада*

Оригіатор сорту – Інститут кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України. Занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2020 р.

Рекомендовані зони вирощування Лісостеп, Степ, Полісся. Зернового напряму використання. Забарвлення опушення рослин сіре, квітки фіолетового кольору, насіння кулястої форми, жовте, із жовтим рубчиком. Маса 1000 насінин 138,7-169,4 г. Тривалість періоду вегетації складає 105-114 днів. Висота рослини сорту – 92,6-104,3 см.

Висота кріплення нижнього бобу 9,4-18,8 см. Стійкість до вилягання 8-9 балів. Стійкість до осипання 8-9 балів. Стійкість до посухи складає 8-9 балів. Показники стійкості проти пероноспорозу 8-9 балів. Стійкість проти аскохітозу 8-9 балів. Стійкість до бактеріозу 33,5-36,9 балів. Стійкість проти септоріозу 22,9-24,4 балів. Стійкість проти фузаріозу 6 балів. За основними результатами польових та лабораторних досліджень вміст протеїну в насінні сої сорту Паллада – 37,4-39,0 %, олії – 21,7-26,9 %.

### *Сорт Рапсодія*

Оригіатор сорту – Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Занесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2014 р.

Рекомендовані зони вирощування Лісостеп, Степ, Полісся. Зернового напряму використання. Маса 1000 насінин 135,2-157,3 г. Тривалість періоду вегетації складає 114-139 днів. Висота рослини сорту - 76,2-95,3 см.

Висота кріплення нижнього бобу 9,7–16,5 см. Стійкість до вилягання 7,7-8,7 балів. Стійкість до обсипання 8,6-9,0 балів. Стійкість до посухи 7,9-9,0 балів. Стійкість проти пероноспорозу 9,0 балів. Стійкість проти аскохітозу 9,0 балів. Стійкість до бактеріозу 9,0 балів. Стійкість проти септоріозу 9,0 балів. Стійкість проти фузаріозу 9,0 балів. За основними результатами польових та

лабораторних досліджень вміст олії в насінні сої сорту Рапсодія – 20,2-21,6%; білка - 38,3-38,4%.

### *Інокулянт Ризоактив*

Інокулянт Ризоактив, містить в своєму складі високоактивні бульбочкові бактерії, призначений для обробки насіння сої. Препарат характеризується значною ефективністю процесу поліпшення засвоєння азоту соєю. Це все дозволяє підняти відсоток врожайності культур в істотних величинах, в той же час не втрачаючи якісні показники насіння сої.

Три штами бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов України.

Ризоактив застосовують з метою потужного формування особливих утворень на кореневій системі рослин, що містять в собі велику кількість бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*. Газоподібний азот реорганізовується в легко засвоювану рослиною форму саме завдяки цим мікроорганізмам.

Культурні рослини починають активно споживати азот з атмосфери на першому етапі свого впливу, завдяки чому робляться більш стійкими по відношенню до впливів негативних факторів зовнішнього середовища, також збільшуючи склад білка на 20-25%. Можна гарантовано підняти врожайність сої на 0,2-0,8 т/га, в той же час заощадивши 20-35% коштів, що витрачаються на мінеральні добрива, якщо користуватися Ризоактивом беручи до уваги технології внесення.

Складові бактерії р. *Bradyrhizobium japonicum*, після того, як обробили насіння за допомогою інокулянту Ризоактив, проростають на них у формі дрібних наростів-волосків, енергійно взаємодіючи з корінням рослин. Потім по закінченню деякого часу на місці контактування розвиваються бульбочки. Живильні речовини здатні накопичуватися в коренях і рослинних рештках, що зберігаються в ґрунтовому шарі і в малій частці будуть передані рослинам.

- Висока нітрогеназна активність
- Збільшення врожайності на 0,25-0,60 т/га

- Підвищення якості насіння за вмістом білка на 2,0-2,5%
- Можливість завчасної обробки
- Широкий діапазон способів обробки
- Толерантність до ряду пестицидів

#### *Методики застосовані у дослідженнях*

Спостереження за ростом та розвитком рослин сої проводили візуально: відмічали початок фази, коли в неї вступило 10% рослин та повну – 75%. Відмічали дати сівби, з'явлення сходів, розгалуження, цвітіння, плодоутворення.

Облік густоти стояння рослин здійснювали підрахунком рослин на 14,3 погонних метрах з перерахунком їх у тисячі на гектар [ 35 ].

Висоту рослин вимірювали від поверхні ґрунту до верхівки китиці.

Площу листової поверхні розраховували, використовуючи параметри довжини та ширини листка за формулою:

$$S = k \times l \times n,$$

де  $S$  – площа листя,  $\text{см}^2$ ;  $k$  – середній поправочний коефіцієнт, що становить 0,67;  $l$  – довжина листка,  $\text{см}$ ;  $n$  – ширина листка в самому широкому місці,  $\text{см}$ . [ 19 ]

Структуру врожаю визначали шляхом розбору проб, відібраних з  $1 \text{ м}^2$  при збиранні урожаю, а саме: кількість бобів, насінин, маса 1000 зерен. Відбір зразків зерна для визначення маси 1000 зерен здійснювали згідно ДСТУ 4138-2002, вмісту білка згідно ДСТУ 4117:2007, вмісту олії згідно ГОСТ 10857-64. [ 20 ].

Облік урожаю проводили методом суцільного збирання і зважуванням з кожної облікової ділянки у фазі повної стиглості з наступним відбором зразків насіння сої, для визначення лабораторії вологості і засміченості [43].

Економічну ефективність розраховували за загальноприйнятими методами, враховуючи витрати за технологічними картами на вирощування сої за цінами поточного року.

## РОЗДІЛ 3

### ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

#### 3.1. Польова схожість та виживаність рослин сої за умов вирощування

Одним із важливих чинників формування продуктивності сої є густина стояння рослин. Найпродуктивніші посіви сої формуються за оптимальної кількості рослин на одиниці площі, що дозволяє раціонально використовувати фактичні ресурси чинників навколишнього середовища окремо кожною рослиною і агрофітоценозів у цілому [13, 61]. Оптимальне розміщення рослин площею знижує конкуренцію рослин сої і забезпечує рівномірний доступ культури до поживних елементів у ґрунті. Тобто густина посіву значно впливає на врожайність сої. Отже, як зрідженість посіву, так і його загущеність сприяють недобору врожаю [41].

Соя відноситься до світлолюбивої культури. Вона формує високу урожайність лише за оптимальної площі живлення й густоти рослин. У зріджених посівах у нижньому ярусі рослин формується більша кількість бобів і під їх масою гілки схиляються до землі і тим самим спричиняють втрати при збиранні врожаю. У загущених посівах, навпаки, менша кількість бокових пагонів, але стебло досить тонке, що сприяє значному виляганню рослин [29].

Формування високих врожаїв сої можливе лише в посівах з оптимальною щільністю стеблостою та добре розвиненими і рівномірно розподіленими на площі живлення рослинами. Значною мірою такі параметри соєвого агрофітоценозу досягаються завдяки отриманню своєчасних і дружних сходів та високих значень польової схожості і виживаності рослин упродовж вегетаційного періоду [ 7 ].

Під час проведення досліджень високий показник польової схожості насіння був виявлений у сорту сої Паллада – 88,8 - 89,2% у варіантах за

внесення добрив в нормі  $N_{15}P_{60}K_{60}$ ;  $N_{30}P_{60}K_{60}$ , що забезпечило густоту стояння рослин у фазі сходів 621,4–623,7 тис. шт./га (табл. 3.1). Насіння сорту Рапсодія, на даних варіантах, мало нижчу польову схожість – 88,5 - 88,7%.

Таблиця 3.1

Польова схожість та виживаність рослин сої залежно від технологічних умов вирощування, середнє за 2023-2024 рр.

Фактор А. Сорт	Фактор В. Інкуляція насіння	Фактор С. Удобрення, кг/га д. р.	Кількість рослин на час повних сходів, тис. /га	Польова схожість насіння, %	Кількість рослин перед збиранням, тис. /га	Вживання рослин, %
1	2	3	4	5	6	7
Рапсодія -К	Без обробки насіння	Без добрив-К	614,8	87,8	565,6	92,0
		$P_{60}K_{60}$	617,0	88,1	564,8	91,5
		$N_{15}P_{60}K_{60}$	619,7	88,5	570,3	92,0
		$N_{30}P_{60}K_{60}$	620,9	88,7	563,2	90,7
		$N_{45}P_{60}K_{60}$	623,1	89,0	580,7	93,2
Рапсодія	Ризоактив	Без добрив-К	615,3	87,9	565,8	92,0
		$P_{60}K_{60}$	617,4	88,2	570,3	92,4
		$N_{15}P_{60}K_{60}$	621,4	88,8	586,9	94,4
		$N_{30}P_{60}K_{60}$	622,3	88,7	563,2	92,8
		$N_{45}P_{60}K_{60}$	623,7	89,1	566,7	90,9
Паллада насіння	Без обробки	Без добрив-К	617,4	88,2	566,5	91,8
		$P_{60}K_{60}$	618,4	88,3	576,8	93,3
		$N_{15}P_{60}K_{60}$	621,4	88,8	586,9	94,4
		$N_{30}P_{60}K_{60}$	623,7	89,2	580,5	92,9
		$N_{45}P_{60}K_{60}$	624,8	89,1	589,5	94,5

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
Паллада	Ризоактив	Без добрив-К	620,4	88,6	575,4	92,7
		P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	622,6	88,9	578,7	92,9
		N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	623,1	89,0	580,7	93,2
		N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	624,7	89,2	580,5	92,9
		N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	625,7	89,4	592,6	94,7

Кількість рослин на час повних сходів становила 619,7 – 620,9 тис. /га. Передпосівна обробка насіння сої бактеріальним препаратом Ризоактив сприяла незначному підвищенню польової схожості насіння обох сортів.

Найвища польова схожість формувалася у сортів Рапсодія та Паллада у варіантах дослідження, де проводили інокуляцію насіння біопрепаратом та застосовували мінеральні добрива в нормі N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> і становила відповідно 89,1 та 89,4 %. Густота стояння рослин на час повних сходів за даного варіанту теж була більшою – 624,8 та 625,7 тис. /га відповідно до сорту.

Кількість рослин перед збиранням суттєво залежала від виживання, яка характеризує стійкість рослин до несприятливих умов вирощування та залежить від особливостей сорту та удобрення. Облік густоти посіву сої протягом вегетації показав зменшення кількості рослин у процесі їх росту й розвитку. Так, у варіанті за внесення N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та за інокуляції насіння на період збирання врожаю найвища виживаність рослин сої була у сорту Паллада і становила 94,7% у сорту Рапсодія даний показник був дещо менший – 90,9 %. Найбільші втрати кількості рослин були у сортів сої у контрольному варіанті дослідження без застосування інокулянта, на якому виживаність рослин становила 90,7 у сорту Рапсодія та 91,8 % у сорту Паллада.

### 3.2. Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку сої

Вдалий підбір сорту є на сьогодні найдоступнішим і найдешевшим способом підвищення урожайності сільськогосподарських культур. Це повною мірою стосується і сої. Однак встановлено, що кожен сорт сої може повністю реалізувати свої потенційні можливості лише за оптимальних умов вирощування, а однією з найважливіших господарських ознак, що визначає ступінь адаптивності рослин до умов вирощування, є тривалість вегетаційного періоду та окремих його фаз розвитку [24].

Разом з тим, на тривалість вегетаційного періоду впливають генетичні особливості сорту, екологічні умови регіону та застосування конкретних елементів технології вирощування. Все це, безумовно, визначає насінневу продуктивність сортів сої [ 40 ].

Серед технологічних елементів вирощування сої, що мають вирішальне значення у забезпеченні дружності сходів, густоти рослин, проходження фаз розвитку, рівномірності дозрівання, максимальної реалізації її біологічного та генетичного потенціалу, варто виділити погодні умови року, сортові особливості та дію технологічних факторів вирощування.

Проведення досліджень показало, що під впливом удобрення, інокуляції насіння та погодних умов вегетаційний період обох досліджуваних сортів сої різнилися.

Фаза бутонізації у рослин сої сорту Рапсодія розпочалася на 31 добу у сорту Паллада дана фаза продовжилася до 36 діб на контрольному варіанті. За внесення добрив дана фаза змінювалася на 1-2 доби залежно від варіанту удобрення (табл. 3.2).

Фаза цвітіння ранньостиглих сортів сої починається на 40-44 добу у сорту Рапсодія та на 35-38 добу у сорту Паллада. На контрольному варіанті з інокуляцією насіння фаза цвітіння у сорту Рапсодія настала на 35 добу після фази повних сходів. У сорту Паллада ця фаза продовжилася до 42 доби.

Таблиця 3.2

Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин сортів сої залежно від технології вирощування, діб за 2023-2024 рр.

Фактор А. Сорт	Фактор С. Удобрення кг/га д. р.	Тривалість від фази повних сходів до фази							
		бутонізація		початок цвітіння		кінець цвітіння		плодоутворення	
		проведення передпосівної інокуляції*							
		І	ІІ	І	ІІ	І	ІІ	І	ІІ
Рапсодія-К	Без добрив -К	31	31	35	35	62	63	85	86
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	31	31	34	35	61	63	84	85
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	31	32	35	36	62	64	85	86
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32	33	37	38	63	65	86	87
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	32	33	37	38	64	65	88	89
Паллада	Без добрив-К	36	36	41	42	71	72	91	92
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	36	36	40	41	70	72	90	91
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	36	37	41	42	71	72	91	92
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	37	38	42	43	73	74	93	94
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	37	38	43	44	74	75	94	95

Примітка\* І – без інокуляції насіння; ІІ – з інокуляцією насіння

Отже, тривалість міжфазних періодів в онтогенезі сої та їх співвідношення різнилися між собою під впливом погодних умов

вегетаційного року, мінеральних добрив та обробки насіння бактеріальним препаратом.

### **3.3. Вплив елементів технології вирощування на розвиток симбіотичного апарату сої**

Найбільш значущим агротехнічним заходом покращення ефективності симбіотичної азотфіксації є інокуляція насіння бактеріальними добривами. Застосування високоефективних у симбіозі з сучасними сортами сої штамів бульбочкових бактерій підвищує її урожайність насіння на 10-30 % і збільшує вміст білка на 2-6 %, навіть при наявності в ґрунті популяцій раніше інтродукційних бульбочкових бактерій [ 10 ].

Ефективність бобово-ризобіального симбіозу оцінювали у фазі бутонізації, цвітіння та утворення бобів на рослинах за кількістю, та активністю бульбочок.

Наведено результати досліджень з вивчення впливу елементів технології вирощування (мінеральні добрива, інокуляція насіння) на симбіотичну активність сої. Встановлено, що максимальну кількість бульбочок симбіотичного апарату протягом вегетації рослини сої обох досліджуваних сортів формували на фоні  $N_{30}P_{60}K_{60}$  та за обробки інокулянтном у фазу розвитку від цвітіння до плодоутворення (табл. 3.3).

За рік дослідження, на контрольному варіанті, де не вносили добрива і не обробляли насіння інокулянтном у фазу бутонізації кількість бульбочок на одній рослині у сорту Рапсодія - 10,1 у сорту Паллада – 11,8 шт./рослині, з них активних – відповідно 6,6 та 8,1 шт./рослині.

Подальше внесення добрив, зокрема фосфорно-калійних, збільшило кількість бульбочок на 3,4 та 4,1 шт./рослині відповідно до сорту. Кількість активних бульбочок становило відповідно 3,6 та 4,3 шт./рослині.

Внесення повного мінерального добрива впливало на наростання загальної кількості, а також і кількості активних бульбочок, але внесення за строками азотних добрив мало свої відмінності.

Внесення оптимальних доз азотних добрив посилювало процес наростання бульбочок на коренях рослин сої, але за внесення підвищених доз азоту цей процес пригнічується.

Таблиця 3.3

Загальна кількість бульбочок у рослин сої залежно від удобрення та інокуляції насіння, шт./рослину, 2023-2024 рр.

Фактор С. Удобрення, кг/га д. р.	Фази росту та розвитку рослин					
	бутонізація		повне цвітіння		плодоутворення	
	передпосівна інокуляція насіння*					
	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Рапсодія -К						
Без добрив - К	10,1	25,1	14,2	29,6	18,2	39,8
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,5	28,3	19,4	32,4	25,4	41,5
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,6	17,7	17,8	23,1	24,5	33,4
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,2	29,5	22,2	33,4	31,5	45,2
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,0	28,9	21,1	32,7	26,2	43,1
Паллада						
Без добрив - К	11,8	26,7	20,5	38,1	24,5	48,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	15,9	30,8	26,3	41,6	33,1	52,2
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	14,7	21,1	25,7	33,6	29,3	40,9
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	25,2	35,6	32,2	44,8	38,4	54,1
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,1	32,6	29,1	43,2	35,2	53,0

Примітка\* б/і – насіння без інокуляції; і – інокльоване

Невеликі дози азотних добрив мають кращий вплив на формування симбіотичного апарату. За внесення дози  $N_{30}$  на фоні  $P_{60}K_{60}$  загальна кількість бульбочок у сорту Рапсодія зростала, відносно до контролю, на 5,9-9,1 шт./рослину, у сорту Паллада – на 9,3-13,4 шт./рослину, в тому числі кількість активних бульбочок на 5,9-9,0 та 9,5-13,3 шт./рослині відповідно.

Збільшення внесення азотних добрив  $N_{45}$  на фоні  $P_{60}K_{60}$  пригнічувала наростання бульбочок, в результаті чого приріст кількості бульбочок на контрольному варіанті, у сорту Рапсодія не перевищував 2,5 шт./рослину, у сорту Паллада – 2,9 шт./рослину, з них активних – відповідно, 1,8 та 2,0 шт./рослину. Проведення бактеризації насіння сої препаратом Ризоактив призвело до збільшення кількості бульбочок на коренях рослин сої обох сортів, порівнюючи з мінеральним удобренням.

Обробка насіння інокулянтом сприяла покращенню поживного режиму в посівах сої та підвищувала загальну кількість бульбочок і їх активну частину (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Кількість активних бульбочок у рослин сої залежно від удобрення та інокуляції, шт./рослину у 2023-2024 рр.

Фактор С. Удобрення, кг/га д. р.	Фази росту та розвитку рослин					
	бутонізація		повне цвітіння		плодоутворення	
	передпосівна інокуляція насіння*					
	б/і	і	б/і	і	б/і	і
1	2	3	4	5	6	7
<b>Рапсодія - К</b>						
Без добрив (контроль)	6,6	20,5	11,9	25,2	14,5	34,6
$P_{60}K_{60}$	10,2	23,8	17,1	26,8	21,2	36,4
$N_{15}P_{60}K_{60}$	12,5	24,1	17,9	27,3	23,5	37,8
$N_{30}P_{60}K_{60}$	15,6	24,5	18,2	27,7	27,3	40,0
$N_{45}P_{60}K_{60}$	8,4	12,0	13,2	17,6	19,4	27,0

## Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7
Паллада						
Без добрив (контроль)	8,1	22,2	18,1	34,8	20,7	42,8
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,4	26,5	24,2	36,1	28,7	47,3
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,6	27,6	25,7	37,5	31,3	47,8
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,4	30,4	27,9	38,7	33,9	48,3
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,1	16,7	21,6	26,4	24,0	33,8

*Примітка\* б/і – насіння без інокуляції; і – інокульоване*

У сорту Рапсодія на 15,0 та 13,9 шт./рослину та сорту Паллада – на 14,9 та 14,1 шт./рослину відповідно.

Застосування мінеральних добрив у нормі N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та бактеризація насіння сприяли кращим умовам формування симбіотичного апарату. За даного варіанту, у фазі бутонізації, загальна кількість бульбочок була на рівні 29,5 шт./рослині, з них кількість активних становила – 24,5 шт./рослині, у сорту Паллада – 35,6 шт./рослині (загальна кількість) та 30,4 шт./рослині активних. Максимальне наростання загальної та активної кількості бульбочок на коренях рослин було відмічено до фази наливу насіння обох досліджуваних сортів.

Нашими дослідженнями встановлено, що внесення мінеральних добрив забезпечило збільшення загальної кількості бульбочок у сорту Рапсодія від 25,4 шт./рослину на фоні P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> до 31,5 шт./рослині за внесення N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Аналогічні показники були і у сорту Паллада від 33,1 до 41,4 шт./рослину відповідно до варіантів. Відповідно, зростала і кількість активних бульбочок від 21,2 до 27,3 та від 28,7 до 33,9 шт./рослину.

### **3.4. Площа листкової поверхні посівів сої залежно від досліджуваних факторів**

Листкова поверхня засвоює сонячну енергію і синтезує органічні сполуки, які йдуть на формування нових органів рослин і врожаю.

Найвищі й найкращі за якістю врожаї сільськогосподарських рослин можна отримати в посівах з оптимальною за розмірами площею листків, оптимальним ходом її формування і структурою [45]. Оптимальний ріст листкової поверхні та формування високого фотосинтетичного потенціалу листа в значній мірі залежать від обґрунтованості технологій вирощування, які забезпечують тривалішу роботу листкового апарату. Вважається, що основою, завдяки якій внаслідок фотосинтетичної діяльності створюється врожай сої, є формування оптимальної площі листкової поверхні. Листкова поверхня вловлює сонячну енергію і синтезує органічні сполуки, які йдуть на формування нових органів рослин і врожаю[27].

Згідно з результатами досліджень проведених у Лісостепу України відомо, що оптимальна площа листкової поверхні для сої повинна становити 40-50 тис. м<sup>2</sup> /га. 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 опадає, а решта працює не ефективно [ 28 ].

Вченими встановлено, що величина та інтенсивність роботи фотосинтетичного листкового апарату сої залежить від генотипу сорту, екологічних умов регіону та агротехнічних заходів по її вирощуванню. Проте в науковій літературі мало зустрічаються дані щодо особливостей формування площі листової поверхні в посівах залежно від позакореневого підживлення та обробки бактеріальними препаратами в умовах Правобережного Лісостепу України [ 5 ].

Нашими дослідженнями встановлено, що усі фактори, що були поставлені на вивчення, в тому числі й сорт, мали позитивний вплив на формування площі листкової поверхні. Найбільшу площу листа було сформовано на посівах сорту Паллада, дещо нижчим цей показник було зафіксовано у сорту Рапсодія (табл. 3.5).

Листкова поверхня обох сортів сої залежала від фенологічної фази росту та від варіанту внесення добрив. Площа листкової поверхні сорту Паллада перевищувала площу листа сорту Рапсодія на 0,3-1,9 тис. м<sup>2</sup>/га. При збільшенні норми внесення добрив відмічалось й збільшення площі листкової поверхні.

Таблиця 3.5

Площа листкової поверхні рослин сої залежно від удобрення та інокуляції насіння, тис.м<sup>2</sup>/га, 2023-2024 рр.

Фактор С. Удобрення, кг/га д. р.	Фази росту та розвитку рослин					
	цвітіння		бутонізація		плодоутворення	
	передпосівна інокуляція насіння*					
	б/і	і	б/і	і	б/і	і
<b>Рапсодія - К</b>						
Без добрив (контроль)	22,7	25,1	29,5	31,7	34,8	37,3
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	24,5	26,7	31,0	33,1	37,0	39,6
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	25,7	27,8	31,9	33,7	37,8	40,1
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,8	29,1	32,9	35,3	39,1	42,0
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	28,1	29,8	34,1	35,9	40,4	42,7
<b>Паллада</b>						
Без добрив (контроль)	23,2	25,4	30,7	32,2	35,7	37,9
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	25,6	27,2	32,6	34,2	38,3	40,6
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,2	28,4	33,3	35,2	39,5	41,8
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	27,9	29,5	34,3	36,0	40,8	43,2
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	28,8	30,3	35,3	36,8	42,0	44,1

Примітка\* б/і – насіння без інокуляції; і – інокуюване

Аналізуючи показники таблиці ми бачимо, що у фазу цвітіння залежно від варіанту внесення добрив, рослини сорту Рапсодія без інокуляції насіння формували площу листя на рівні 22,7-28,1 тис.м<sup>2</sup>/га.

За обробки насіння інокулянтном площа листя збільшилася до рівня 25,1-29,8 тис.м<sup>2</sup>/га. У сорту Паллада, у дану фазу, цей показник був на рівні 23,2-28,8 тис.м<sup>2</sup>/га (без інокуляції) та 25,4-30,3 тис.м<sup>2</sup>/га з інокуляцією насіння.

Збільшенню листкової поверхні, у посівах сої, спричиняло внесення мінеральних добрив. Найбільша площа листкової поверхні становила у сорту Паллада за вирощування сої на варіанті N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та застосуванні інокуляції насіння - 30,3 тис.м<sup>2</sup>/га. Аналогічно на даному варіанті цей показник був найбільшим і у сорту Рапсодія - 29,8 тис.м<sup>2</sup>/га.

У фазу бутонізації на варіантах за внесення в основне удобрення N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, за умов інокуляції насіння, площа листя була найбільша та становила 35,9 та 36,8 тис.м<sup>2</sup>/га відповідно до сорту.

Більших розмірів листкової поверхні рослини сої набули у фазу плодоутворення. В той період коли рослини потребують більше продукту фотосинтезу для формування бобів. Залежно від факторів які вивчалися площа листкової поверхні становила без інокуляції насіння 34,8-40,4 тис.м<sup>2</sup>/га у сорту Рапсодія та 35,7-42,0 тис.м<sup>2</sup>/га у сорту Паллада.

Внесення добрив та застосування передпосівної обробки насіння бульбочковими бактеріями покращило ростові процеси та призвело до збільшення листя площі у фазу плодоутворення, на контрольному варіанті зросла на 2,5 тис.м<sup>2</sup>/га у сорту Рапсодія та на 2,2 тис. м<sup>2</sup>/га – у сорту Паллада або на 7,2 та 6,2 % відповідно.

Більш інтенсивне наростання площі листя відмічалось за внесення мінеральних добрив та застосування інокулянта. Внесення лише фосфорно-калійних добрив у сорту Рапсодія площа листя становила 39,6 тис.м<sup>2</sup>/га у сорту Паллада 40,6 тис.м<sup>2</sup>/га. Внесення мінеральних добрив в нормі N<sub>15</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> збільшило значення даного показника до рівні 40,1-42,7 та 41,8-44,1 тис.м<sup>2</sup>/га відповідно до сорту.

Досліджуючи два сорти нами було виявлено, що у період від фази цвітіння до фази плодоутворення найбільш розвинена листкова поверхня була у сорту Паллада. Посіви сої даного сорту за внесення  $N_{45}P_{60}K_{60}$  та за передпосівної обробки насіння Ризоактивом формували найбільшу площу листя. Аналогічні показники були і за вирощування сорту Рапсодія.

### **3.5. Лінійний ріст рослин сої залежно від удобрення та інокуляції насіння**

Як свідчать дані біометричних спостережень, висота рослин і висота прикріплення нижніх бобів тісно пов'язані: чим більша висота рослин, тим вище закладаються нижні боби. Це дуже важливий показник, який визначає придатність сортів до механізованого збирання врожаю з мінімальними втратами насіння при збиранні.

Неспроможність старих вітчизняних комбайнів зрізати стебло під найнижчим вузлом плодоношення тривалий час була одним із головних факторів у ставленні аграріїв до сої, адже один залишений у полі біб з кожної рослини - це мінус 1-2 ц/га врожаю. І все ж боротися з цим недоліком можна, і є кілька способів для цього: вирівнювання поля, оновлення парку зернозбиральної техніки, правильний вибір сорту. За характеристиками внесених у Держреєстр сортів сої, показник прикріплення нижнього бобу змінюється в межах від 7 до 15 см. Високе розташування нижніх бобів на рослині мають переважно пізньостиглі сорти [31].

Вивчення темпів росту і розвитку рослин сої в онтогенезі дає можливість розкрити найбільш важливі залежності процесу формування високої продуктивності цієї культури. В зв'язку з цим вивчення темпів росту і розвитку рослин сої дає змогу розкрити особливості формування продуктивності посівів сої. Саме тому нами вивчалась динаміка висоти рослин

сортів сої залежно від рівнів забезпеченості елементами мінерального живлення та інокуляцією насіння (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Динаміка висоти рослин та висота прикріплення нижнього бобу рослин сої залежно від досліджуваних факторів, см, 2023-2024 рр.

Фактор С. Удобрення, кг/га д. р.	Фактор В. Інокуляція насіння	Фази росту та розвитку рослин				Висота прикріп лення нижнього бобу
		бутоніза ція	початок цвітіння	кінець цвітіння	плодоут ворення	
Рапсодія - К						
Без добрив (контроль)	1*	23,5	29,1	68,8	77,8	10,3
	2	27,6	31,7	71,5	80,3	10,7
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	27,4	31,5	70,5	79,6	11,4
	2	30,0	34,3	73,4	82,6	11,8
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	29,5	33,4	72,6	84,2	12,6
	2	32,2	36,7	76,1	86,7	13,1
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	31,2	35,5	75,0	89,3	14,3
	2	34,0	38,7	79,7	91,4	14,9
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	33,4	37,9	76,6	93,2	15,7
	2	36,1	41,0	80,5	95,3	16,3
Паллада						
Без добрив (контроль)	1*	25,0	26,4	71,3	91,1	14,8
	2	25,6	28,7	74,0	92,8	15,5
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	25,3	28,5	7	92,2	16,6
	2	27,2	31,0	76,2	110,3	16,9
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	26,7	30,5	76,1	112,2	17,1
	2	29,3	33,4	79,8	113,8	17,3
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	28,5	32,2	79,3	114,3	17,5
	2	31,3	35,8	83,5	94,0	17,7
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	30,8	35,0	80,6	91,6	17,9
	2	33,5	38,2	84,7	104,5	18,0

Примітка: 1\* - насіння без інокуляції; 2 – інокульоване насіння

В результаті проведених нами досліджень визначено, що у період від фази бутонізації до фази плодоутворення, найменша висота рослин була характерна для рослин на контрольних варіантах без інокуляції насіння. На даному варіанті висота рослин була в межах від 23,5 до 78,7 см у сорту

Рапсодія та від 25,0 до 91,1 см у сорту Паллада. За обробки насіння сої інокулянтном висота рослин на контрольному варіанті збільшувалася та становила 27,6 см у фазу бутонізації і до фази плодоутворення цей показник виріс до 80,3 см. У сорту Паллада показники були дещо вищими 25,6 см у фазу бутонізації і до 92,8 см у фазу плодоутворення.

Мінеральні добрива, сприяли збільшенню висоти рослин сої залежно від варіанту дослідження. У фазу початку цвітіння та кінець цвітіння висота рослин за обробки насіння та внесення лише фосфору та калію ( $P_{60}K_{60}$ ) була в межах 31,0-6,2 см у сорту Рапсодія та у сорту Паллада висота рослин на даному варіанті становила 34,3-73,4 см. На фоні внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{15}P_{60}K_{60}$  та  $N_{30}P_{60}K_{60}$  та проведення інокуляції висота рослин на початку цвітіння досягала 33,4-35,8 см у сорту Рапсодія та 36,7-38,7 см у сорту Паллада. На кінець цвітіння ці показники були вищими та становили 76,1-79,7 та 79,8-83,5 см відповідно до сорту.

В результаті проведених досліджень нами було виявлено, що максимальна висота рослин сої сорту Рапсодія та Паллада формувалась у фазі плодоутворення у варіантах досліду, де сою вирощували за внесення  $N_{45}P_{60}K_{60}$  з проведенням передпосівної обробки насіння. Висота рослин сої сорту Рапсодія становила 95,3 см, сорту Паллада - 104,5 см. Обробка насіння інокулянтном в свою чергу впливала на ростові процеси рослин сої. На варіантах де проводили передпосівну бактеризацію насіння висота рослин збільшилася на 8,9-9,5 % залежно від сорту. З метою скорочення втрат насіння сої при збиранні врожаю, висота кріплення нижнього боба від поверхні ґрунту коливається в межах 10,3-16,3 та 14,8-18,0 см залежно від сорту. Інокуляція насіння на фоні внесення мінеральних добрив за норми  $N_{30}P_{60}K_{60}$  забезпечує розміщення бобів на висоті 14,9 см у сорту Рапсодія та 17,7 см у сорту Паллада. Найвище розташування бобів від поверхні ґрунту 18,0 см було зафіксовано у сорту Паллада за внесення мінеральних добрив за норми  $N_{45}P_{60}K_{60}$  та за передпосівної обробки насіння Ризоактивом це призводить до скорочення втрати зерна при збиранні.

## РОЗДІЛ 4

### ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

#### 4.1. Структурні показники сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння

На структуру урожаю сої впливають такі фактори як погодні умови вегетаційного періоду, так і взаємодія окремих елементів технології вирощування культури. Причини певних змін врожайності сої диктуються змінами співвідношення між окремими структурними елементами урожаю. У рослин сої це висота рослин і кріплення нижнього бобу, гілкування рослин, кількості бобів і насіння на одній рослині, кількість насінин в одному бобі, а також загальна маса насіння з однієї рослини.

За даними структурних показників рослин сої виявилось, що сорти, добрива та обробка насіння інокулянтном проявили індивідуальні особливості формування структурних елементів урожаю. Кількість бобів і насінин, вага зерна з однієї рослини та маса 1000 насінин при вирощуванні сої на контрольному варіанті були меншими порівняно з варіантами удобрення у двох досліджуваних сортів (табл. 4.1).

За результатами досліджень проведених у 2023-2024 роках нами було встановлено, що всі фактори які ми вивчали в досліді мали свій вплив на кількість бобів та кількість насінин у бобі.

У сорту Рапсодія за внесення лише фосфорно-калійних добрив без інокуляції насіння кількість бобів - 16,9 шт. та насінин у бобі - 32,1 шт. у сорту Паллада - 20,9 шт. та 38,5 шт. Проведення бактеризації насіння препаратом Ризоактив мало впливу на кількість бобів і насінин. Так, за інокуляції насіння кількість бобів у сорту Рапсодія становила 20,7 шт., кількість насінин – 40,9 шт. у сорту Паллада – 24,6 та 45,9 шт. відповідно.

Таблиця 4.1

Біометрична структура рослин сої залежно від норм  
мінеральних добрив та інокуляції

Фактор С. Удобрення, кг/га д. р.	Кількість бобів, шт./рослину		Кількість насіння, шт./рослину		Маса насіння з однієї рослини, г		Маса 1000 насінин, г	
	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Рапсодія - К								
Без добрив-К	13,8	16,8	26,4	28,9	3,53	4,04	131,3	136,1
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	16,9	20,7	32,1	40,9	4,39	5,77	132,8	138,3
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,8	21,1	33,9	41,9	4,65	6,00	133,7	139,1
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,0	21,9	34,9	45,5	4,83	5,55	135,0	140,6
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,8	22,6	38,7	47,7	5,39	6,90	136,1	141,8
Паллада								
Без добрив-К	16,9	20,2	31,4	34,5	4,12	4,69	133,4	139,9
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	20,9	24,6	38,3	45,9	5,08	6,35	136,6	141,0
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,9	25,1	40,5	47,9	5,41	6,66	137,1	143,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	22,6	25,6	42,4	49,9	5,73	7,01	138,3	144,0
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	23,9	26,7	44,0	51,3	5,99	7,28	139,1	144,8

Примітка: б/і – насіння без інокуляції; і – інокульоване насіння

За внесення добрив в нормі N<sub>15</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> кількість бобів становила з інокуляцією у сорту Рапсодія – 21,1 та 21,9 шт. без інокуляції – 17,8 та 18,0 шт. Відповідні показники на даних варіантах були і по сорту Паллада. Кількість бобів на варіанті з інокуляцією становило 25,1 та 25,6 шт.

без інокуляції – 21,9 та 22,6 шт. Аналізуючи показники кількості насінин з однієї рослини, ми можемо сказати, що їх кількість без інокуляції становила 4,65 та 4,83 шт. з інокуляцією – 6,00 та 5,55 шт. у сорту Рапсодія. У сорту Паллада дані показники були вищими - 40,5 - 42,4 шт. (кількість бобів) та 47,9 - 49,9 шт. (кількість насінин у бобі).

Максимальні показники індивідуальної продуктивності, а саме кількість бобів, кількість насінин з однієї рослини були отримані при проведенні інокуляції та внесення добрив в нормі  $N_{45}P_{60}K_{60}$  у сорту Рапсодія - 22,6 шт. бобів та 47,7 шт. насінин. На цьому ж варіанті досліду у сорту Паллада відмічено найбільшу кількість бобів - 26,7 шт. та кількість насінин з одного бобу – 53,1 шт.

Найменша кількість бобів та кількість насінин було отримано у сорту Рапсодія на контрольному варіанті 13,8 шт. 26,4 шт. (без інокуляції) та 16,8 шт. 28,9 шт. (з інокуляцією). У сорту Паллада дані показники на цьому ж варіанті були дещо більшими. Кількість бобів становила 16,9 шт. кількість насінини 31,4 шт. (без інокуляції) та 20,2 шт. 34,5 шт. (з інокуляцією).

Важливим показником індивідуальної продуктивності сої є маса 1000 насінин, яка залежить від умов вирощування. Найбільша маса 1000 насінин 144,8 г сорту Паллада та 141,8 г сорту Рапсодія було одержано на варіанті, де вносили мінеральні добрива в нормі  $N_{45}P_{60}K_{60}$  та було проведено обробку насіння бактеріальним препаратом Ризоактив.

Без обробки насіння інокулянтном даний показник на цьому ж варіанті був менший та становив 139,1 та 136,1 г відповідно до сорту.

Найменші показники маси 1000 насінин були зафіксовані на контрольному варіанті, де не вносили добрива і не проводили обробку насіння препаратом. Маса 1000 насінин у сорту Рапсодія без інокуляції 131,3 г з інокуляцією 136,1 г. У сорту Паллада даний показник збільшився до 133,4 без інокуляції та 139,9 з інокуляцією.

Отже, проаналізувавши отримані дані, можна сказати, що головним фактором, який впливав на біометричні показники та елементи структури

врожаю, є погодні умови, що складаються в той чи інший період вегетації та властивості сорту.

#### 4.2. Урожайність насіння сої залежно від добрив та інокуляції

Визначальною умовою підвищення продуктивності посівів сої є розробка та впровадження у виробництво таких технологій її вирощування, які найбільш повно відповідають генетичним особливостям сорту та враховують взаємодію рослинного організму із сукупним впливом гідротермічних умов і антропогенних факторів [49]. Серед критеріїв оцінки ефективності технологічних прийомів вирощування культури одними з найголовніших є вихід та якість товарної продукції [59].

За результатами наших досліджень визначено, що застосування мінеральних добрив та проведення бактеризації насіння мало позитивний вплив на формування урожаю сортів сої, що вивчались у досліді (табл. 4.2.).

Таблиця 4.2

Урожайність насіння сої залежно від інокуляції та норм мінеральних добрив, т/га

Фактор С. Удобрення, кг/га д. р.	Рапсодія - К		Паллада	
	передпосівна інокуляція насіння			
	без інокуляції	інокуляція	без інокуляції	інокуляція
Без добрив (контроль)	2,01	2,22	2,21	2,48
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,08	2,48	2,48	2,69
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,21	2,52	2,54	2,78
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,41	2,86	2,67	2,92
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,54	2,89	2,75	2,98

У середньому за 2033-2024 рр. Урожайність насіння сої сорту Рапсодія була в межах 2,01-2,54 т/га без інокуляції насіння та 2,22-2,89 т/га з інокуляцією. У сорту Паллада з інокуляцією насіння урожайність становила 2,21-2,75 т/га з інокуляцією 2,48-2,98 т/га.

Найменші показники урожайності були зафіксовані на контрольному варіанті, де не вносили добрива і не проводили обробку насіння інокулянтном. Урожайність у сорту Рапсодія без інокуляції - 2,01 т/г з інокуляцією 2,22 т/г. У сорту Паллада даний показник був більший - 2,21 т/га без інокуляції та 2,48 т/га з інокуляцією. За внесення повного мінерального добрива  $N_{30}P_{60}K_{60}$  з обробкою насіння урожайність зростала та була на рівні 2,86 - 2,92 т/г у сорту Рапсодія та у сорту Паллада відповідно.

Найвищу насіннєву продуктивність зазначені сорти формували за умови проведення бактеризації насіння препаратом Ризоактив та внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{45}P_{60}K_{60}$  – відповідно 2,89 та 2,98 т/га. Порівняно з абсолютним контролем приріст урожаю на цих варіантах становив 0,67 та 0,50 т/га.

#### **4.3. Якість насіння сортів сої залежно від елементів технології вирощування**

За сучасного розвитку харчової та кормової промисловості рівень урожайності не є кінцевим показником. Важливу роль відіграє якість сільськогосподарської продукції [56]. У сучасних умовах білок та жир – найцінніші сировинні продукти світового ринку, оскільки постійне зростання населення нашої планети вимагає інтенсифікації виробництва високоенергетичних продуктів харчування. Суттєве значення в розв'язанні цієї проблеми займає соя; завдяки багатому й різноманітному хімічному складу вона не знає собі рівних, здавна широко використовується як універсальна харчова, кормова й технічна культура [12].

Вміст білка та жиру в насінні сої коливається у значних межах (38-43 % сирого протеїну, 19-25 % жиру, 25-30 % вуглеводів), що залежить від багатьох факторів: особливостей сорту, кліматичних і ґрунтових умов, забезпечення вологою, рівня і типу мінерального живлення [1]. Вміст білка значною мірою залежить від гідротермічних умов року та досягає максимуму в разі недостатньої кількості опадів і підвищеної температури повітря, а жиру – великої кількості опадів та високої температури [33].

Інокуляція насіння Ризоторфіном та внесення мінеральних добрив, особливо сумісне їх застосування, сприяло значному підвищенню вмісту білка та зменшенню вмісту жиру.

У проведених дослідженнях встановлено, що рівень удобрення значною мірою впливав на формування якісних показників насіння сої (табл. 4.3.).

Таблиця 4.3

Вплив мінеральних добрив та інокуляції насінні сої на вміст білку та жиру  
(середнє за 2023-2024 рр.)

Фактор А. Сорти	Фактор С. Удобрення, кг/га д. р.	Вміст білку, %		Вміст жиру, %	
		б/і	і	б/і	і
Рапсодія-К	Без добрив (контроль)	38,47	39,31	19,12	20,61
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	39,21	39,53	18,97	20,47
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	39,43	39,77	18,78	20,23
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	39,87	40,26	18,32	19,71
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40,03	40,27	18,23	19,66
Паллада	Без добрив (контроль)	38,91	40,01	21,02	22,03
	P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	39,71	40,43	20,91	21,95
	N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40,23	40,87	20,72	21,77
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40,53	41,09	20,23	21,32
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40,77	41,25	19,85	21,22

Так, вміст білка був найнижчим на контрольному варіанті без внесення мінеральних добрив та без застосування інокулянта, де він становив 38,47 та 38,91% відповідно до сорту. За внесення фосфорно-калійних добрив у нормі  $P_{60}K_{60}$  вміст білка в зерні сої підвищився до 39,21 і 39,71%, що на 0,74 та 1,2% вище порівняно з контролем.

Застосування азотних добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  та  $N_{45}P_{60}K_{60}$  сприяло підвищенню вмісту білка до 39,87 і 40,03% у сорту Рапсодія та 40,53 і 40,77% у сорту Паллада, і це можна пояснити тим, що азот є структурним компонентом амінокислот, білків та нуклеїнових кислот.

За передпосівної обробки насіння сої вміст білку у насінні збільшувався від контрольного варіанту до внесення мінеральних добрив. Найбільший вміст білку було отримано у сорту Паллада за внесення  $N_{45}P_{60}K_{60}$  - 41,25 та у сорту Рапсодія цей показник становив – 40,27%. За внесення мінеральних добрив в нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  та  $N_{45}P_{60}K_{60}$  вміст білку у насінні обох сортів сої великої різниці не склав.

Соя є не лише високобілковою культурою, але й важливим джерелом рослинної олії, у своїх дослідженнях ми також визначали вплив удобрення та інокуляції на рівень накопичення в насінні сої олії. Аналізуючи результати наших досліджень за вмістом жиру в насінні сої, ми можемо сказати, що вміст жиру навпаки зменшувався за внесення мінеральних добрив.

У нашому досліді вищим вмістом жиру характеризувався сорт Паллада, в насінні якого залежно від варіанту досліду, містилося від 19,85-22,03%. В насінні сорту Рапсодія вміст жиру складав 18,23-20,61% залежно від елементів технології вирощування.

Щодо впливу окремих факторів досліду встановлено, що бактеризація посівного матеріалу сої за вирощування її на неудобреному фоні підвищувала вміст жиру на 1,01-1,49%, залежно від сорту. За внесення лише мінеральних добрив вміст жиру, навпаки, знижувався.

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА ВПЛИВУ ДОБРИВ ТА ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ

Для успішного розвитку аграрного сектора однією із головних задач під час вирощування сільськогосподарських культур є раціональне використання земельних ресурсів та отримання максимально високої якості продукції за малих затрат праці [9].

Економічна ефективність - результативність економічної системи, виражена у співвідношенні корисних кінцевих результатів її функціонування до витрачених ресурсів. Визначити економічну ефективність можна порівнюючи умовно чистий прибуток і рівень рентабельності з витратами. Оцінюючи економічну ефективність досліджуваних факторів технології вирощування сої, а саме норми мінеральних добрив та застосування передпосівної обробки насіння Ризоторфіном, було визначено та узагальнено всі види витрат, а також виявлений їх вплив на економічну ефективність [25].

Аналіз економічної ефективності вирощування сої в наших дослідженнях проводили за наступними показниками: собівартість одиниці продукції, прибуток з 1 гектара, рівень рентабельності виробництва сільськогосподарської культури. Розрахунок економічної оцінки результатів досліджень проводили за цінами 2024 р., які становили 16200 тис. грн/т. Для підрахунку виробничих витрат застосовували технологічні карти вирощування сої в досліді з урахуванням різних варіантів.

За результатами дослідження визначено, що найвище значення умовно чистого прибутку на рівні 24897 - 27260 тис. грн/га було одержано у варіанті, де вирощували сорти сої Рапсодія та Паллада за внесення мінеральних добрив в нормі  $N_{45}P_{60}K_{60}$  та за обробки насіння біопрепаратом Ризоторфін (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Економічна ефективність вирощування сої залежно від мінеральних добрив та інокуляції насіння (у середньому за 2023-2024 рр.)

Фактор С. Удобрення кг/га д. р.	Фактор В. Інокуляція насіння	Урожайність, т/га	Виробничі витрати, грн/га	Вартість валової продукції грн/га	Чистий прибуток, грн	Рівень рента бельн ості, %
Рапсодія - К						
Без добрив-К	б/і	2,01	19150	32562	13412	70
	і	2,22	19595	35964	16369	83
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	б/і	2,08	20123	33696	13573	67
	і	2,48	20916	40176	19260	92
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	б/і	2,21	20823	35802	14979	71
	і	2,52	21416	40824	19408	90
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	б/і	2,41	21323	39042	17719	83
	і	2,86	21916	46813	24402	113
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	б/і	2,54	21823	41148	19325	88
	і	2,89	22416	46818	24897	108
Паллада						
Без добрив-К	б/і	2,21	15198	35802	20604	135
	і	2,48	16785	40176	23391	139
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	б/і	2,45	18923	39690	20767	109
	і	2,69	19516	43578	24062	123
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	б/і	2,54	19423	41148	21725	111
	і	2,78	20016	45036	25020	125
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	б/і	2,67	19923	43254	23331	117
	і	2,92	20516	47304	26788	130
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	б/і	2,75	20423	44550	24127	118
	і	2,98	21016	48276	27260	129

В середньому по досліді найменший умовно чистий прибуток 13412 тис. грн/га (сорт Рапсодія) та 20604 тис. грн/га (сорт Паллада) було одержано на дослідних варіантах, де вирощували сорти сої без внесення мінеральних добрив та без застосування інокулянту.

Внесення мінеральних добрив в нормі  $N_{15}P_{60}K_{60}$  та проведення передпосівної обробки насіння сорту Паллада сприяло підвищенню даного показника до 25020 тис. грн/га, що на 5612 тис. грн/га більше за сорт Рапсодія, де чистий прибуток становив 19408 тис. грн/га.

Також високий умовно чистий прибуток на рівні 24402-26788 тис. грн/га сформувався у варіантах з сортами Рапсодія та Паллада за внесення азотного добрива у дозі  $N_{30}P_{60}K_{60}$ .

Прибуток від реалізації товарної продукції не є кінцевим результатом, тому що, крім витрат і прибутку від реалізації продукції, існують й інші види витрат і прибутків, що впливають на кінцевий результат – рентабельність. В наших дослідях підвищення рівня рентабельності в межах 123-130 % забезпечило вирощування сорту Паллада за використання біопрепарату Ризоторфін на фоні внесення мінеральних добрив. Аналогічно за даних варіантів вирощування сої сорту Рапсодія рентабельність становила 92-113%.

Слід відмітити, що найменше значення досліджуваного показника – 67 % було отримано у сорту Рапсодія за внесення лише фосфорно-калійних добрив  $P_{60}K_{60}$  та без інокуляції насіння. У сорту Паллада, за даного варіанту вирощування, даний показник становив 109 %.

## ВИСНОВОК

Таким чином, на основі проведених досліджень встановлено, що максимальна реалізація генетичного потенціалу, а як наслідок і показників індивідуальної продуктивності рослин сої та врожайності зерна створюється за умови проведення передпосівної обробки насіння препаратом Ризоактив сумісно із внесенням мінеральних добрив.

Під час проведення досліджень високий показник польової схожості насіння був виявлений у сорту сої Паллада – 89,2% у варіанті за внесення добрив в нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$ , що забезпечило густоту стояння рослин у фазі сходів 623,7 тис. шт./га.

Тривалість міжфазних періодів в онтогенезі сої та їх співвідношення різнилися між собою під впливом погодних умов вегетаційного року, мінеральних добрив та обробки насіння бактеріальним препаратом.

Дослідженнями встановлено, що внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{60}K_{60}$  та застосування препарату Ризоактив забезпечило збільшення загальної кількості бульбочок у сорту Паллада до 54,1 шт./рослину. Відповідно, зростала і кількість активних бульбочок 48,3 шт./рослину.

Листкова поверхня обох сортів сої залежала від фенологічної фази росту та від варіанту внесення добрив. Площа листкової поверхні сорту Паллада перевищувала площу листя сорту Рапсодія на 0,3-1,9 тис. м<sup>2</sup>/га.

Найбільша площа листкової поверхні становила у сорту Паллада за вирощування сої на варіанті  $N_{45}P_{60}K_{60}$  та застосуванні інокуляції насіння - 30,3 тис.м<sup>2</sup>/га. Аналогічно на даному варіанті цей показник був найбільшим і у сорту Рапсодія - 29,8 тис.м<sup>2</sup>/га.

Максимальна висота рослин сої сорту Рапсодія та Паллада формувалась у фазі плодоутворення у варіантах досліду, де сою вирощували за внесення  $N_{45}P_{60}K_{60}$  з проведенням передпосівної обробки насіння. Висота рослин сої сорту Рапсодія становила 95,3 см, сорту Паллада - 104,5 см.

Максимальні показники індивідуальної продуктивності, а саме кількість бобів, кількість насінин з однієї рослини були отримані при проведенні інокуляції та внесення добрив в нормі  $N_{45}P_{60}K_{60}$  у сорту Рапсодія - 22,6 шт. бобів та 47,7 шт. насінин. На цьому ж варіанті досліду у сорту Паллада відмічено найбільшу кількість бобів - 26,7 шт. та кількість насінин з одного бобу – 53,1 шт.

Найвищу насіннєву продуктивність сорти сої Рапсодія та Паллада формували за умови проведення бактеризації насіння препаратом Ризоактив та внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{45}P_{60}K_{60}$  – відповідно 2,89 та 2,98 т/га. Порівняно з абсолютним контролем приріст урожаю на цих варіантах становив 0,67 та 0,50 т/га.

Найбільший вміст білку було отримано у сорту Паллада за внесення  $N_{45}P_{60}K_{60}$  - 41,25 % та у сорту Рапсодія цей показник був – 40,27 %. Вміст жиру в насінні сорту Паллада становив від 19,85 до 22,03 %.

Найвище значення умовно чистого прибутку на рівні 24897 - 27260 тис. грн/га було одержано у варіанті, де вирощували сорти сої Рапсодія та Паллада за внесення мінеральних добрив в нормі  $N_{45}P_{60}K_{60}$  та за обробки насіння біопрепаратом Ризоактивом.

Отже, проаналізувавши отримані дані, можна сказати, що головним фактором, який впливав на урожайність, є внесення добрив та інокуляція насіння також погодні умови, що складаються в той чи інший період вегетації та властивості сорту.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Результати наукових досліджень, які проводили у фермерському господарстві ФГ «Меркурій Агро», свідчать, що в умовах змін клімату для умов Лісостепу України на чорноземах типових малогумусних за гранулометричним складом крупно пилуватий середньо суглинковий рекомендується вирощувати ранньостиглий сорт сої Паллада, за внесення мінеральних добрив в нормі  $N_{45}P_{60}K_{60}$  та застосування передпосівної обробки насіння препаратом Ризоактив, що забезпечує високі показники продуктивності - 2,98 т/га та, умовно чистий прибуток - 27260 тис. грн та рівень рентабельності - 129 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аверчев О.В., Воєвода Н.В., Корженевська К.Р. Обґрунтування переробки нуту у харчової промисловості. Таврійський науковий вісник. 2020. № 116(1). С. 188–123. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.15>
2. Бабич А. О., Колісник С. І., Кобак С. Я., Венедіктов О. М., Серветник О. В., Лохова В. І. Вплив способу передпосівної обробки насіння на урожайність сортів сої різних груп стиглості. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2011. Вип. 68. С. 48–52
3. Бабич А. Сорти сої і перспективи виробництва її в Україні. Пропозиція. 2007. № 4. С. 46–49
4. Бабич А.О. Стратегічна роль сої в розв'язанні глобальної продовольчої проблеми / А.О.Бабич, А.А. Бабич-Побережна // Корми і кормо виробництво: між від. Темат. Наук. Зб. – Вінниця, 2011. – Вип.. 69. – С.11
5. Бахмат О. М. Фотосинтетична активність та врожайність сої залежно від сорту, способу сівби й удобрення / О. М. Бахмат // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 7. – С. 27 – 30
6. Бахмат О.М. Моделювання адаптивної технології вирощування сої: Монографія / О.М.Бахмат.-Камянець Подільський: Вид.Зволейко Д.Г.-2012.-436 с.
7. Вишнівський П. С., Фурман О. В. Польова схожість та виживаність рослин сої залежно від елементів технології вирощування. Інновації в освіті, науці та виробництві : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. онлайн-конф. Київ, 2020. С. 55–57
8. Вишнівський П. С., Фурман О.В. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах правобережно Лісостепу України/ Рослинництво та ґрунтознавство - Том 11, № 1, 2020 С. 13-22
9. Волощук В. П., Рахметов Д. Б. Економічна та енергетична ефективність вирощування топінсоняшника в умовах правобережного Полісся України. Таврійський науковий вісник. 2019. № 109. Ч.1. С. 10–15

10. Вплив інокуляції насіння азотфіксуєчими мікроорганізмами на ріст та розвиток рослин люцерни / [Н. А. Воробей, С. Я. Коць, О. В. Пацко, Т. В. Паршикова] // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Сер. Біологія. – 2005. – Вип. 45-46. – С. 31-33
11. Вплив удобрення на формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сої в умовах Західного Лісостепу/ Лихочвор В. В., Щербачук В. М., Панасюк Р. М., Панасюк О. В./ Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2016. Вип. 60. С.88-96.
12. Ганжа В.В., Іванів М.О. Якість насіння сортів сої залежно від елементів технології за краплинного зрошення. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. Таврійський науковий вісник № 120 С. 11-18
13. Глупак З. І. Оптимізація густоти стояння рослин сої залежно від групи стиглості сорту для умов північно-східної частини Лісостепу України. Вісник Уманського національного університету садівництва.2020.№2.С.23-25.
14. Глупак З. І. Урожайність і якість сої сортів ранньостиглої групи в умовах північно-східної частини лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : «Агрономія і біологія». Вип. 11 (26). 2013. С. 100–103.
15. Дерев'янський В. Удосконалена технологія вирощування сої. Пропозиція. 2014. Спецвипуск (№ 9). С. 4–25
16. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2022 рік. Київ, 2021. 523 с.
17. Дідур І. М. Вплив обробки насіння та позакореневих підживлень на формування продуктивності рослин сої в умовах Правобережного Лісостепу України/ Вісник Сумського національного аграрного університету Серія «Агрономія і біологія», випуск 1 (51), 2023 С. 37-43
18. Дідур І.М., В.І. Циганський, О.І. Циганська, Л.В. Малинка, А.О. Бутенко та Т.І. Клочкова (2019) Вплив системи удобрення на продуктивність сої в умовах правобережного Лісостепу. Український екологічний журнал № 9 (1), С. 76–80

19. Дослідна справа в агрономії. Книга перша: Теоретичні аспекти дослідної справи / Рожков А.О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М. та ін. / Харків: Майдан, 2016. - 300 с.
20. Дослідна справа в агрономії. Книга друга: Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / Рожков А. О., Каленська С. М., Пузік Л. М., Музафаров Н. М. / Харків, 2016.- 298 с.
21. Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., Дідур І.М., Циганський В.І., Панцирева Г.В. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 275 с.
22. Заболотний Г. М. Роль мінерального живлення у формуванні фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу правобережного / Г. М. Заболотний, О. І. Циганська // Міжвідомчий науковий тематичний збірник «Передгірне та гірське землеробство і тваринництво». – Львів-Оброшино, 2015. – Вип. 58 (2). – С. 56 – 62
23. Злобін Ю. А. Курс фізіології і біохімії рослин : підручник / Юліан Андрійович Злобін. – Суми : Універ. кн., 2004. – 464 с.
24. Іванюк С. В., Темченко І. В., Семцов А. В. Тривалість вегетаційного періоду сої – основа формування сортових ресурсів регіону. Корми і кормовиробництво. Вінниця, 2012. Вип. 73. С. 67–71
25. Казанок О. О., Сухотін А. С. Економічна та біоенергетична оцінка елементів технології вирощування сортів сої вітчизняної селекції залежно від досліджуваних факторів. Таврійський науковий вісник. 2012. № 82. С. 46–50
26. Каленська С. М., Новицька Н. В., Андрієць Д. В. Урожайність як інтегральний показник реакції рослин сої на елементи технології вирощування. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Серія "Агрономія". 2010. Вип.149. С. 227–234
27. Каленська С.М. Продуктивність як інтегральний показник застосування технологічних прийомів вирощування сої на чорноземах типових / С. М. Каленська, Н. В. Новицька, Д. В. Андрієць // Корми і

кормовиробництво: між від. Темат. Наук. Зб. – Вінниця, 2011. – Вип.. 69. – С.74-78

28. Камінський В. Ф. Вплив елементів технології вирощування на урожайність сої в умовах північного Лісостепу України / В. Ф. Камінський, Н. П. Мосьондз // Корми і кормовиробництво. Міжвід. темат. наук. зб. – Вінниця, 2010. – Вип. 66. – С. 91 – 95

29. Кобак С., Колісник С., Чорна В. Соя: норма висіву, густина рослин і ширина міжрядь. Агробізнес сьогодні. 2020. Режим доступу: <http://agrobusiness.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/19933-soia-norma-vysivu-hustotaroslyn-i-shyryna-mizhriad.html>

30. Кобак, С.Я. (2016) Якісна інокуляція – перший крок до високого врожаю. Ахрономія сьогодні, 1–2, С. 53–55

31. Колісник С.І. Технологічні аспекти вирощування сої / С.І.Колісник // Насінництво . – К., 2008. № 6 . – С.5-9

32. Кудлай І. М., Осипчук А. М., Осипчук О. С. Урожайність і якість зерна сої залежно від технологічних прийомів вирощування. Агробіологія. 2013. № 11 (104). С. 97–100

33. Кушнір М. В. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на формування продуктивності сортів сої в умовах Лісостепу Правобережного. Корми і кормовиробництво. 2013. № 77. С. 167–173

34. Лихочвор В., Панасюк Р. Соя виходить за межі Соевого поясу. Пропозиція. 2010. № 4. С. 58-60

35. Мазур В.А., Липовий В.Г., Мордванюк М.О. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. Посіб. Вінниця : ТВОРИ. 2020. 204 с.

36. Марков І. Л. Інтегрований захист сої від хвороб / І. О. Марков // Агроном. – 2013. – № 2. – С. 152–158. 8. Маслак О. Привабливість ринку сої / О. Маслак // Агробізнес сьогодні. – 2011. – № 18. – С. 14–15

37. Марущак О. Вирощування сої з інокулянтами. Агроном. 2013. № 1. С 152–153

38. Мельник А. В., Романько Ю. О. Урожайність насіння сої залежно від технології вирощування в умовах лівобережного лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Суми, Вип. 2 (31). 2016. С. 131–135
39. Мигаль І. Вплив рівня мінерального живлення на урожайність і якість насіння сої / І. Мигаль // Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія. – 2009. – № 12 (1). – С. 111–116.
40. Міленко О. Г. Зміна тривалості періоду вегетації та фаз росту і розвитку рослин сої залежно від умов вирощування. Вісник Полтавської державної аграрної академії. Полтава, 2015. № 1-2. С. 165–171.
41. Міленко, О. Г., Соломон, Ю. В., & Вегеренко, В. С. Вплив агротехнічних факторів на урожайність сої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. №2. 119–126. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.14>
42. Наукове обґрунтування технологій виробництва продукції зернобобових культур (Науково-практичні рекомендації затверджені департаментом землеробства Міністерства аграрної політики та продовольства України [Каленська С. М., Нідзельський В. А., Новицька Н. В., Юник А. В. та ін.]. К.: «ЦП «Компринт», 2014. 48 с.
43. Науково-методичні рекомендації / Ю. М. Пашенко, В. Ю. Черчель, М. Я. Кирпа та ін. – Дніпропетровськ: Інститут зернового господарства НААН України, 2010. – С. 10-14
44. Новицька Н. В., Джемесюк О. В. /Формування урожайності сої під впливом інокуляції та підживлення/ Вісник Полтавської державної аграрної академії № 1-2 • 2017 С. 43-47
45. Новітні агротехнології у рослинництві: Підручник / В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, В.А. Мазур, О.Д. Паламарчук. – Вінниця, 2017. – 602 с.
46. Патица В.П., Колмаз Ю.Т., Малиновська І.М., Драч Ю.О. Продуктивність сої залежно від бактеріальної обробки насіння // Збірник наукових праць. Київ.- 2000, Вип. 1. – С. 91-96

47. Пати́ка В.П., Тара́ріко Ю.О. та ін. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксувальних, фосформобілізівних мікроорганізмів, біологічних засобів захисту рослин. Рекомендації. Київ. Аграрна наука. - 2000. – 35 с.
48. Петриченко В. Ф. Наукові основи сталого сосіяння в Україні / В. Ф. Петриченко // Корми і кормовиробництво. – 2011. – Вип. 69. – С. 3–10
49. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. Соя: монографія. Вінниця: Діло, 2016. 400 с.
50. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу <https://propozitsiya.com/ua/inkrustaciya-efektivniy-zahid-pidvishchennya-produktivnosti-soyi>
51. Рекомендації з ефективного застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / [С. І. Мельник, В. А. Жилкін, М. М. Гаврилюк та ін.]. – Міністерство аграрної політики України, Українська академія аграрних наук – К., 2007. – 55 с.
52. Рослинництво з основами кормовиробництва та агрометеорології. Частина 1: Рослинництво Підручник / С.М. Каленська, М.Я. Дмитришак, В.А. Мокрієнко, Т. В. Антал – Київ, 2021.- 435 с.
53. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Іващук, О. В. Корнійчук. – Львів : Укр. технології, 2010. – 1088 с.
54. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві [Текст] : підручник / [Каленська С. М. та ін.] ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України, Вінниц. нац. аграр. ун-т. - Вінниця : Рогальська І. О., 2015. - 445
55. Створення мікробних препаратів нового покоління та технологій їх застосування у землеробстві / В. В. Волкогон, І. К. Курдиш, С. Я. Коць та ін. // Цикл наукових праць. – Ін-т сільськогосподарської мікробіології Української академії аграрних наук. – 2010. – 268 с.

56. Стрижак А. М. Сучасний стан та перспективи розвитку виробництва насіння сої в Україні. Таврійський науковий вісник. 2018. Вип. 99. С. 141–147
57. Ткаченко Ю. А., Позднєв А. В., за матеріалами компанії «АгроПлюс» Оpubліковано в журналі “Агроном”, 2021
58. 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
59. Циганська О. І. Вплив мінеральних добрив, передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення мікроелементами на якісні показники зерна сортів сої. Сільське господарство та лісівництво. Вінниця, 2018. № 8. С. 82-90
60. Циганський, В. І. (2021). Оптимізація системи удосконалення її на основі використання препаратів біологічного походження в умовах Лісостепу Правобережного. Сільське господарство та лісівництво, 21, С. 69-81
61. Чинчик О. С., Козирський Д. В. Кравченко В. С. Польова схожість насіння та виживання рослин сої залежно від технології вирощування в умовах Лісостепу Західного. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Випуск 102 Частина 1, 2023. С. 155-164
62. 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
63. Ямковий В. Особливості сучасної системи удобрення сої. Пропозиція. 2013. № 3. С. 66-70
64. [faostat.fao.org](http://faostat.fao.org)
65. <http://nsfond.gov.ua>