

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан агробіологічного факультету

\_\_\_\_\_ В.П. Коваленко  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри рослинництва

\_\_\_\_\_ С.М. Каленська  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на тему:  
**«Формування продуктивності сої залежно від технологічних  
прийомів вирощування»**

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

**Гарант освітньої програми**  
д. с.-г. н., професор

\_\_\_\_\_ Каленська С. М.

**Керівник магістерської  
кваліфікаційної роботи**  
канд. с.-г. н., доцент

\_\_\_\_\_ Свистунова І. В.

**Виконав**

\_\_\_\_\_ Петляр В.С.

**КИЇВ – 2025**

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри рослинництва,  
д.с.-г.н., професор \_\_\_\_\_ С.М. Каленська

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту  
Петляру Василю Степановичу

Спеціальність: 201 «Агрономія»

Освітня програма: «Агрономія»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна.

Тема магістерської роботи: «Формування продуктивності сої залежно від технологічних прийомів вирощування», затверджена наказом ректора НУБіП України від 18.09.2025 № 1977 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 10 жовтня 2025 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: тип ґрунту – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий, сорти сої Кобуко та Титан, інокуляція бактеріальним препаратом Біомаг-Соє, різні норми та строки внесення азотних добрив на фоні фосфорного та калійного удобрення.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- провести аналіз наукової літератури за обраною темою магістерської кваліфікаційної роботи;
- встановити особливості росту, розвитку рослин та формування врожайності зерна сортів сої залежно від бактеризації та норм і строків внесення мінеральних добрив;
- виконати оцінку індивідуальної продуктивності рослин сої, зернової продуктивності та якості врожаю залежно від досліджуваних чинників;
- дати енергетичну й економічну оцінку запропонованих технологічних моделей вирощування досліджуваних сортів сої.

Дата видачі завдання: 9 вересня 2024 року.

**Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ Свистунова І. В.**

**Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Петляр В. С.**

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота викладена на 64 сторінках комп'ютерного тексту, складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, пропозиції виробництву та списку використаної літератури, який нараховує 51 джерело. Експериментальний матеріал викладено в 14 таблицях.

У першому розділі наведено огляд наукової літератури щодо впливу біологічних особливостей сорту, бактеризації та мінерального удобрення на формування продуктивності та якості зерна сої. Встановлено, що попри багато накопиченого наукового досвіду залишаються недостатньо вивченими питання сортової реакції сої на поєднання бактеріально-мінерального удобрення, що досить актуальною виробничою проблемою.

Другий розділ висвітлює опис ґрунтово-кліматичних умов регіону, де проводились дослідження на предмет відповідності їх біологічним потребам досліджуваних сортів сої, проаналізовані гідротермічні умови під час проведення досліджень, представлена схема польового та використовувани методики досліджень.

Третій розділ подає результати досліджень, які були проведені у 2025 р. в умовах ТОВ «Золоті лани Тернопільщини», в тому числі: особливості росту та розвитку рослин сої сортів Кобуко та Титан за умови бактеризації, норм і строків внесення мінеральних добрив; обґрунтовано вплив технологічних прийомів вирощування на формування врожайності досліджуваних сортів сої та їх продуктивність за виходом сирого протеїну та олії; проаналізовано енергетичну та економічну доцільність запропонованої технологічної моделі

На основі результатів завершеної роботи сформульовані узагальнені висновки та пропозиції виробництву.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СОЯ, СОРТ, УРОЖАЙНІСТЬ, СИРИЙ ПРОТЕЇН, ОЛІЯ, ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

## ЗМІСТ

<b>Завдання до виконання роботи .....</b>	<b>3</b>
<b>Реферат.....</b>	<b>4</b>
<b>Вступ.....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>9</b>
1.1 Роль сорту, як біологічної основи в технології вирощування сої.....	9
1.2 Особливості мінерального живлення й удобрення сої.....	11
1.3 Значення інокуляції насіння сої в підвищенні її продуктивності.....	16
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	<b>19</b>
2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови.....	19
2.2 Схема досліду й методика проведення досліджень.....	24
<b>РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>27</b>
3.1 Динаміка густоти стояння рослин сої та їх виживаність.....	27
3.2 Динаміка висоти рослин сої залежно від технологічних прийомів вирощування.....	29
3.3 Наростання вегетативної маси рослин сої під впливом технологічних прийомів вирощування .....	31
3.4 Динаміка накопичення посівами сої сухої речовини.....	34
3.5 Формування площі листкової поверхні посівами сої залежно від дії досліджуваних чинників.....	36
3.6 Формування симбіотичного апарату рослинами сої.....	39
3.7 Індивідуальна продуктивність рослин сої.....	42
3.8 Урожайність зерна сої залежно від технологічних прийомів вирощування.....	46
3.9 Вплив технологічних чинників вирощування на вміст сирого протеїну та олії в зерні сої.....	48
<b>РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ</b>	<b>51</b>

	6
4.1 Економічна оцінка.....	51
4.2 Енергетична оцінка.....	53
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>56</b>
<b>ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>	<b>58</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>59</b>

## ВСТУП

Соя належить до стратегічно важливих зернобобових культур сучасного світового землеробства. Її вирощування відіграє провідну роль у вирішенні проблеми дефіциту рослинного білка, забезпеченні потреб у рослинних оліях, підвищенні родючості ґрунтів і зміцненні економічної стабільності аграрних підприємств. Саме тому ця культура сьогодні посідає ключові позиції в Україні як за темпами розширення посівних площ, так і за рівнем виробництва.

Підвищення продуктивності посівів сої можливе лише за умови впровадження технологій вирощування, що максимально враховують генетичні особливості сорту та його реакцію на поєднану дію гідротермічних і антропогенних факторів.

Серед ключових чинників інтенсифікації соєвиробництва визначальне значення мають сорт, передпосівна бактеризація насіння та застосування мінеральних добрив. Дослідження їх впливу та взаємодії під час формування врожаю створює підґрунтя для вдосконалення та регіональної адаптації технологічних прийомів вирощування, що зрештою забезпечує отримання високих і стабільних врожаїв вітчизняних сортів сої з належними показниками якості.

**Мета досліджень** – встановити особливості формування зернової продуктивності сортів сої залежно від інокуляції та норм і строків внесення мінеральних добрив.

**Предмет досліджень:** сорти сої: Кобуко, Титан; бактеріальний препарат Біомаг-Соя; мінеральні добрива; урожайність; якість зерна.

**Об'єкт досліджень:** процеси росту й розвитку рослин сої, формування продуктивності їх посівами і якості зерна залежно від технологічних чинників вирощування в умовах конкретного ґрунтового-кліматичного регіону.

**Методи дослідження.** Дотримувались загальнонаукових та спеціальних методів досліджень: польовий (спостереження за ростом й розвитком рослин сої); лабораторні: хімічний (визначення нагромадження сухої маси та якості зерна); математично-статистичний (визначення вірогідності отриманих

результатів); порівняльно-розрахунковий (при проведенні розрахунків енергетичної й економічної оцінки ефективності досліджуваних технологічних моделей).

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в розробці дієвих заходів оптимізації процесів формування продуктивності сортів сої залежно від впливу норм мінеральних добрив та інокуляції.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технології вирощування сортів сої на основі бактеризації насіння та внесення азотних добрив роздільним способом на фоні фосфорного й калійного удобрення.

**Апробація результатів досліджень.** Основні результати досліджень, проведених за темою магістерської кваліфікаційної роботи, доповідалися на засіданнях кафедри рослинництва НУБіП України та Міжнародній науково-практичній конференції «Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів». НУБіП України. Київ, 22–23 травня 2025.

Магістерська кваліфікаційна робота розглянута та рекомендована до захисту на засіданні кафедри рослинництва НУБіП України.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Роль сорту, як біологічної основи в технології вирощування сої

Соя (*Glycine max* (L) Merrill) – це білково-олійна культура, яка характеризується універсальним використанням та збалансованим амінокислотним складом білку. Завдяки її вирощуванню покращуються фізико-хімічні властивості ґрунту, він збагачується азотом і значно підвищується продуктивність ріллі [29, 50].

Біологічний потенціал сортів сої в Україні сьогодні реалізований десь на 38–57 %, але на думку науковців, можна досягти й 78–93 %. Найдоступнішим засобом підвищення врожайності є сорт, від його генетичних особливостей продуктивність культури може змінюватись до 60 %. Завдяки вдало вибраному сорту можна мінімізувати негативну дію несприятливих погодних умов, нестачу добрив і засобів захисту рослин [33, 46].

Від реакції сортів сої на різні зовнішні фактори залежить їх пластичність. Сорти з високою пластичністю за сприятливих умов швидко збільшують ознаки продуктивності, але й швидко знижують їх у невідповідних їм умовах. Такі сорти врожайні і добре підходять для вирощування за оптимальних умов, водночас демонструючи чутливість до регульованих факторів (удобрення, зрошення, застосування хімічних засобів). А сорти з низькою пластичністю слабо реагують на зміни в довкіллі та зберігають стабільну продуктивність і при поганих умовах вирощування [34].

Українськими фахівцями було визначено «соевий пояс України», площа якого становить близько 3 мільйонів гектарів. До нього входять регіони з вегетаційним періодом тривалістю від 100 до 140 днів, сумарною кількістю активних температур у межах 1800–3000 °C і середньорічною кількістю опадів не менше ніж 500–600 мм. Упродовж вегетації соя здатна поглинати енергію в обсязі від 1260 МДж/м<sup>2</sup> для ранньостиглих сортів до 1550 МДж/м<sup>2</sup> для середньо- та пізньостиглих сортів. Близько двох третин площ посівів сої в Україні розташовані саме в межах цього «соевого поясу». Проте, слід додати,

що останніми роками вітчизняні селекціонери вивели нові скоростиглі сорти сої з високим потенціалом врожайності, що дало змогу значно розширити межі вирощування культури на південь Полісся та північ Лісостепу України [33].

Соя належить до культур короткого дня, і для переходу її рослин до репродуктивної стадії розвитку необхідне певне співвідношення світлового та темного періодів. Через це соя чутливо реагує на тривалість дня і кожен її сорт оптимально росте у зоні шириною 160–240 км у напрямку з півночі на південь. Зміна географічного середовища впливає на тривалість вегетаційного періоду, строки дозрівання, продуктивність, хімічний склад зерна, стійкість до шкідників та стресових факторів [35].

У скоростиглих сортів у умовах короткого дня фенологічні фази розвитку проходять швидше, однак уповільнюються ростові процеси і формуються низькорослі та менш врожайні посіви. Загалом ці сорти менш чутливі до тривалості дня порівняно із середньостиглими й особливо пізньостиглими сортами. Пізньостиглі сорти за умов довгого дня демонструють активніше зростання, утворюючи більше вузлів, квіток і бобів, завдяки чому їхня продуктивність є вищою [3, 34].

Відтак, для забезпечення високої врожайності насіння сої важливо вирощувати сорти у регіонах, де тривалість дня відповідає їхнім біологічним потребам. Водночас слід зазначити, що українські селекціонери також створили сорти з нейтральною реакцією на фотоперіодизм, а тому вони пристосовані для вирощування як у Лісостепу, так і в Поліссі України [29].

У багатьох країнах, де культивується соя, тривалість світлового дня є ключовим критерієм для визначення ґрунтово-кліматичної зони, придатної для вирощування певного сорту. Водночас в Україні основним чинником є забезпечення теплом, а в окремих регіонах – ще й вологою [5].

За скоростиглістю сорти сої класифікують на: ультраранні ( $\leq 85$  днів), ранньостиглі (86–105 днів), середньоранні (106–125 днів), середньостиглі (126–135 днів), середньопізні (131–150 днів), пізньостиглі (151–160 днів), дуже пізньостиглі (161–170 днів) та надпізньостиглі ( $\geq 170$  днів). За потребою

в сумі позитивних температур протягом вегетації сорти розподіляють на малотеплолюбні, середньотеплолюбні та високотеплолюбні [21].

Завдяки кращій адаптації до місцевих умов, у північних областях країни рекомендовано вирощувати скоростиглі, ранньостиглі та середньостиглі сорти. У центральних регіонах перевагу надають ранньостиглим і середньостиглим, а у південних – ранньостиглим, середньостиглим і середньопізним. В умовах західного Лісостепу, де спостерігається надмірна вологість і нестача тепла, найкраще підходять скоростиглі та ранньостиглі сорти. Раціональне розташування і використання сортових ресурсів сої сприяє формуванню високопродуктивних агрофітоценозів та оптимальному використанню ресурсів [21, 29, 34].

При виборі сорту сої ключовими критеріями виступають його тривалість вегетаційного періоду, насіннева продуктивність, висота закладання нижнього бобу, стійкість до хвороб, шкідників, осипання і вилягання, а також висока якість зерна. У посушливих умовах важливою є посухостійкість сорту, а в регіонах із надмірним зволоженням або зрошенням – здатність переносити тимчасове перезволоження. Значимими характеристиками також є швидкі початкові темпи росту, що забезпечують затінення ґрунту і пригнічення бур'янів, тривалість цвітіння та формування бобів, міцність стебла, рівномірність дозрівання бобів і опадання листя на різних ярусах рослини [29].

Таким чином, узагальнення наукових джерел свідчить, що для створення високопродуктивних агрофітоценозів сої важливим є науково обґрунтоване використання сортового потенціалу культури.

## **1.2 Особливості мінерального живлення й удобрення сої**

Мінеральні добрива займають важливе місце серед ефективних засобів підвищення продуктивності сої. Проте погляди вчених щодо їх використання суперечливі, що пов'язано зі здатністю сої засвоювати симбіотичний азот і специфічними реакціями рослини на несприятливі умови вегетації. Однією з причин такої специфіки є розтягнутий період від цвітіння до плодоношення,

протягом якого абіотичні фактори суттєво змінюються, впливаючи на інтенсивність поглинання поживних речовин [33, 49, 51].

Соя є однією з найбільш вимогливих культур до наявності поживних елементів у ґрунті. Особливо важливим є забезпечення рослин поживними речовинами у критичні періоди росту й розвитку, зокрема, в фазах цвітіння та формування бобів. Нестача навіть одного елементу в ці моменти може призводити до абортивності квіток, зав'язей та утворення низькоякісного зерна. Сучасні високоінтенсивні сорти сої здатні демонструвати високу врожайність виключно за оптимального мінерального забезпечення, яке забезпечується застосуванням мінеральних добрив [7, 9, 25].

Під час вегетації рослини сої нерівномірно поглинають основні елементи живлення. Від сходів до цвітіння розвиток відбувається повільно, а споживання поживних речовин низьке. У цей час соя найбільше потребує калію (24–26 % від загального споживання за період вегетації), менше азоту (16–17 %) і зовсім незначно фосфору – 8–12 % [27].

Під час цвітіння й формування бобів споживання цих елементів різко зростає, досягаючи максимуму: 58–60 % азоту, 60–65 % фосфору, 65–70 % калію. У подальшому, від наливу бобів до дозрівання, потреба в макроелементах знижується до 30–35 % азоту і фосфору та 20–25 % калію. Особливо важливим є забезпечення рослин сої азотом у період 2–3 тижнів до цвітіння і 2 тижнів після. Дефіцит цього елемента у зазначений час різко зменшує врожайність, що неможливо компенсувати пізнішим азотним підживленням. У цей критичний період рослини можуть засвоювати близько 5 кг азоту на добу [29, 33].

Існує три основні джерела надходження азоту до рослин сої: ґрунтовий азот, біологічно зв'язаний азот з атмосфери та мінеральні добрива. Обсяг азоту, який рослина засвоює з повітря, залежить від його вмісту в ґрунті: чим бідніший ґрунт, тим активніша азотфіксація. Наприклад, за рівня ґрунтового азоту 41–80 мг/кг істотно стимулюється симбіотична азотфіксація [29].

Соя також має високу потребу в калії, який підвищує стійкість рослин до хвороб, полегшує засвоєння фосфору й азоту та зменшує вилягання. Калій, порівняно з іншими макроелементами, швидше мігрує до рослини. Максимальне споживання цього елемента припадає на період 85–95 діб після сходів, із поступовим зниженням споживання за 2–3 тижні до фази дозрівання зерна. У завершальній фазі цвітіння соя споживає калію в 1,5 рази більше, ніж азоту (18,5–20,1 %), але в період дозрівання співвідношення зміщується в бік азоту (26,4–18,9 %). Хоча калійні добрива самостійно не мають вирішального впливу на розвиток рослин сої, у поєднанні з азотними та фосфорними сприяють формуванню високих врожаїв [34].

Соя споживає фосфор у менших кількостях порівняно з азотом і калієм. Недостатність фосфору уповільнює ріст рослин і зменшує площу їх листя. Коренева система рослини починає поглинати цей елемент вже через 3–5 діб після проростання насіння; максимальні рівні засвоєння (до 0,45 кг/добу) – у фазі формування бобів і поступово знижуються за 10 діб до повної стиглості зерна. Фосфор активно споживається на ранніх етапах розвитку рослини з подальшим накопиченням його у вегетативних органах і перерозподілом у зерно. Потребу у фосфорі соя забезпечує виключно шляхом поглинання його з ґрунту або з внесених фосфорних добрив [29, 37].

Збалансоване фосфорно-калійне живлення зменшує ураження рослин хворобами, позитивно впливає на розвиток кореневої системи рослин, формування симбіотичного апарату та його продуктивність, а також олійність зерна. В кінцевому підсумку це підвищує продуктивність культури [44].

Для забезпечення нормального росту та розвитку сої, а також формування високого та якісного врожаю важливим є й оптимальне надходження кальцію, магнію, сірки, марганцю, молібдену, цинку, бору та міді. Недостатність таких елементів обмежує ефективність азотфіксації, стійкість до хвороб та негативно впливає на величину і якість врожаю [33].

На формування кожного центнера зерна сої витрачається приблизно 7,2–10,0 кг азоту, 1,7–4,0 кг фосфору та 2,2–4,4 кг калію. Значне винесення азоту з урожаєм пояснюється високим вмістом білка в зерні сої. Після збирання врожаю соя залишає в ґрунті близько 60–150 кг/га біологічно фіксованого азоту, 20–25 кг/га фосфору та 30–40 кг/га калію [29, 33]

Норми та терміни внесення мінеральних добрив залежать від типу ґрунту і його агрохімічних характеристик, запланованого врожаю, сортових особливостей та рівня зволоження [47].

Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями соя здатна забезпечити до 50-70 % своєї потреби в азоті самостійно. Однак використання азотних добрив є дискусійним питанням через складність визначення точних норм внесення азоту. Тому норми його внесення слід визначати з урахуванням масштабу використання біологічного азоту через симбіотичну активність рослин. Суперечності щодо азотного живлення сої пов'язані як із біологічними особливостями культури, так і з різними умовами ґрунтово-кліматичного середовища під час проведених досліджень [47, 51].

Деякі науковці [29, 33] вважають, що для нормального розвитку рослин сої на початкових етапах онтогенезу необхідна незначна кількість азоту, яку рослини можуть спожити з ґрунту. При цьому внесення навіть невеликих доз азоту ( $N_{10-30}$ ) може пригнічувати формування бульбочкових бактерій і їх нітрогеназну активність. Однак для формування гарного врожаю зерна важливо забезпечити раннє утворення бульбочок й ефективний симбіоз.

Інша група дослідників [51] стверджує, що, хоча соя в значній мірі може покривати потребу в азоті завдяки його біологічній фіксації з атмосфери, вона позитивно реагує на внесення мінерального азоту. Застосування азотних добрив збільшує вегетативну масу, висоту рослин, площу листя, що в підсумку підвищує врожайність і якість зерна. При цьому думки стосовно норм внесення мінерального азоту різні.

Одні науковці [12, 29, 33] доводять доцільність внесення невеликих «стартових доз» азоту ( $N_{10-45}$ ) під сою, особливо на збіднених ґрунтах. І

пояснюють це тим, що протягом перших 10–20 днів, коли бульбочки ще не сформовані, соя використовує саме мінеральний азот для розвитку асиміляційної поверхні. Інші [51], пропонують вносити вищі норми мінерального азоту (60–90 кг/га), враховуючи взаємодоповнення автотрофного й симбіотрофного живлення.

Водночас застосування високих доз азотних добрив ( $N_{120}$ ) зазвичай призводить до майже повного пригнічення симбіотичної діяльності бульбочкових бактерій. У таких випадках приріст врожаю обумовлюється виключно засвоєнням мінерального азоту. У разі несприятливих умов для активної симбіотичної діяльності (через пересихання чи ущільнення ґрунту, нестачу тепла або високу кислотність ґрунтового середовища) значення мінеральних азотних добрив суттєво зростає [13].

Ефективність азотних добрив значною мірою залежить від часу їх внесення. Найкращі результати досягаються при їх внесенні у два етапи: спочатку – 2/3 загальної кількості під час основного обробітку ґрунту, потім – решту 1/3 для підживлення. Такий підхід обґрунтовується тим, що основну частину поживних елементів соя засвоює у фазі цвітіння та наливання зерна, коли запаси поживних речовин у ґрунті вже виснажуються. Щоб забезпечити оптимальні умови для росту і розвитку рослин, важливо на початку вегетації дати їм достатню кількість мінерального азоту, а пізніше коригувати азотне живлення за поточними потребами [14, 33].

Вишнівський П.С. [7], рекомендує при виявленні поганого стану бульбочок або жовтуватого забарвлення рослин проводити 1–2 підживлення азотними добривами у дозах  $N_{30-45}$  у фазі бутонізації чи цвітіння.

Отже, враховуючи здатність сої споживати симбіотичний азот і засвоювати фосфор із важкодоступних сполук ґрунту, застосування мінеральних добрив потребує врахування такої специфіки культури. Правильно спланована система удобрення разом значно впливає на реалізацію потенціалу продуктивності сої.

### 1.3 Значення інокуляції сої в підвищення її продуктивності

Симбіотична фіксація атмосферного азоту бульбочковими бактеріями роду *Rhizobium* у взаємодії з рослинами родини бобових (*Fabaceae*) є унікальним явищем. Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями соя протягом вегетації засвоює від 70 до 280 кг/га атмосферного азоту, що покриває її потребу в цьому елементі на 50–70 %. У сприятливих умовах культура залишає в ґрунті після збирання врожаю разом із пожнивними та кореневими рештками додатково 25–60 кг/га азоту. Це покращує баланс цього елементу в ґрунтах сівозміни, підвищує врожайність наступних культур і сприяє зростанню загальної ефективності виробництва [8].

З огляду на нестачу азотних мінеральних добрив у сільському господарстві та їх високу вартість, використання біологічного азоту все більш актуальне. Мікробіологічна фіксація атмосферного азоту, до того ж, єдиний екологічно безпечний спосіб забезпечення рослин зв'язаним азотом. Вона дозволяє уникнути значних енергетичних витрат на виробництво мінеральних добрив і зберігати природний баланс екосистем. За обсягами накопичення біологічного азоту соя поступається лише люцерні чи конюшині [14].

Фіксований симбіотичними бактеріями азот, що залишається у корневих рештках і засвоюється рослинами майже повністю. Натомість коефіцієнт використання рослинами азоту з мінеральних добрив становить лише 40–60 % від внесеного обсягу, тоді як решта втрачається різними шляхами [31].

Процес азотфіксації відбувається в бульбочках – спеціалізованих утвореннях, які з'являються внаслідок симбіозу бобових культур з азотфіксуючими бактеріями. Їх кількість на одній рослині за оптимальних умов може варіюватися від 20 до 80 штук. Найбільша кількість бульбочок розташована в орному шарі ґрунту, ближче до поверхні, головним чином, на основних та бічних коренях [31, 32].

Формування бульбочок на коренях сої починається вже через тиждень після проростання насіння, разом із початком фотосинтетичної активності.

Через 10–14 днів після появи сходів рослини можуть забезпечувати більшу частину своєї потреби в азоті. Активний процес азотфіксації триває протягом 6–7 тижнів, причому нові бульбочки утворюються упродовж усього періоду росту рослини. Максимальна інтенсивність симбіотичної продуктивності спостерігається у фазах цвітіння, формування бобів і насіння, а потім вона значно знижується [32, 36].

За природних умов зараження сої бульбочковими бактеріями не завжди відбувається, а на нових ділянках, де сою раніше не вирощували, ґрунт взагалі може не містити природних популяцій *Rhizobium japonicum*. У таких випадках бульбочки не формуються, і рослини отримують азот лише з ґрунту й добрив. Для забезпечення ефективного симбіозу сої з ризобіумами необхідною є штучна інокуляція насіння високоефективними штамми азотфіксуючих бактерій. Використання бактеріальних штамів, які не відповідають даному сорту сої, не забезпечує утворення бульбочок у рослини. Як свідчать дослідження Патики В. [31], бактеризація насіння високоефективними штамми здатна підвищити азотфіксуючий потенціал культури на 15–50 %.

Симбіоз сої з ризобіями зменшує залежність рослин від доступності азоту в ґрунті і підвищує їх стійкість до стресових умов. Використання інокулянтів сприяє збільшенню площі і тривалості функціонування листкової системи, підвищує інтенсивність фотосинтезу й азотфіксації та накопичення органічних речовин, особливо азотистих сполук. Також бактеризація насіння позитивно впливає на формування висоти рослин, кількості гілок, вузлів, бобів і насіння, а також маси та кількості бульбочок на коренях. Урожайність може зрости на 20–35 %, вміст білка в зерні – на 5–6 %, покращуються також показники щодо олії, вітамінів та інших компонентів [29].

Отримання високих урожаїв сої можливе й без застосування інокуляції, однак у такому разі істотно зростає винесення азоту з ґрунту. Тому для формування підвищеної продуктивності за рахунок симбіотичної азотфіксації необхідно забезпечити своєчасне утворення бульбочок і стабільне функціонування симбіозу [22].

Симбіотична система рослина–ризобії є дуже чутливою до зовнішніх умов, зокрема до дефіциту або надлишку вологи, екстремальних температур, підвищеної кислотності чи засоленості ґрунту, слабкого освітлення, дисбалансу елементів живлення або надмірного внесення добрив. Оптимальними для прояву максимальної азотфіксувальної активності є температура 20–25 °С та рН ґрунту 6,5–7,0 [22, 31].

Недостатнє зволоження пригнічує роботу бульбочок: вони отримують менше вуглеводів, втрачають здатність ефективно фіксувати азот і поступово руйнуються. Порушення аерації призводить до ослаблення розвитку кореневої системи та зменшення кількості й маси бульбочок. Особливо негативно на формування симбіозу впливає засолення ґрунту [31].

Ефективність функціонування симбіотичного апарату сої значною мірою визначається технологічними прийомами вирощування. Один із перспективних напрямів удосконалення технології полягає у створенні систем бактеріально-мінерального живлення. Зокрема, внесення фосфорно-калійних добрив сприяє збільшенню кількості бульбочок та покращенню перебігу симбіотичних процесів [38, 43].

У практиці сучасного агровиробництва України широко використовуються комплексні препарати для інокуляції насіння. Такі засоби, поряд із бульбочковими бактеріями, можуть містити фізіологічно активні речовини природного походження — фітогормони, вітаміни, амінокислоти та інші стимулятори росту. Їх застосування позитивно впливає на розвиток рослин, посилює засвоєння елементів живлення за рахунок активного формування кореневої системи, підвищує стійкість рослин до хвороб і патогенів, а також покращує енергію проростання та схожість насіння [22].

Таким чином, передпосівна інокуляція насіння виступає вагомим і науково обґрунтованим елементом інтенсифікації технології вирощування сої, однак, питання про можливість і доцільність одночасного використання інокулянтів із мінеральними добривами, зокрема азотними, досі залишається дискусійним і потребує додаткових досліджень.

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Ґрунтово-кліматичні та погодні умови

Польовий дослід було закладено у 2025 р. на полях ТОВ «Золоті лани Тернопільщини» Тернопільської області.

Клімат Тернопільщини характеризується помірною континентальністю, а тому в регіоні відмічаються нежарке літо, м'яка зима і достатня кількість опадів. Кліматичні умови області значно залежать від повітряних мас, що надходять з різних напрямків. Атлантичні потоки сприяють циклональній погоді; взимку вплив має Сибірський антициклон, що приносить холодну погоду, влітку активним стає Азорський максимум. У весняні та ранньоосінні періоди нерідко проникають холодні арктичні маси.

Протягом року найчастішими є вітри північно-західного та південно-західного напрямків; найменш поширені – північні та південні. Активна циркуляція атмосфери забезпечує формування значної кількості опадів. Найвищий показник спостерігається на заході та північному заході області (понад 650–600 мм), найнижчий – на південному сході (близько 550 мм). Більшість опадів припадає на літній період (до 77%), тоді як зимові місяці характеризуються мінімальними показниками. Літній сезон супроводжується зливами, часто – грозами та градом. Сніговий покрив, зазвичай, утворюється у другій половині грудня і може триматися до початку березня. Його середня товщина становить 7–10 см, з максимумом у другій декаді лютого.

Денна сонячна радіація змінюється протягом року: максимум припадає на червень (535 кал/см<sup>2</sup>), а мінімум – на грудень (134 кал/см<sup>2</sup>). Річний радіаційний баланс становить близько 42 ккал/см<sup>2</sup>. Висота Сонця над горизонтом у червні в полудень сягає 64–66°, у грудні — 16–19°, а під час рівнодення — 39–42°. Тривалість світлового дня варіюється від 8 годин у зимові місяці до 16,5 годин у літні.

Тернопільська область характеризується континентальним термічним режимом. Річна амплітуда температур повітря коливається в межах 22–24 °С. У липні, найтеплішому місяці, середня температура становить 17–19 °С, тоді як січень, найхолодніший місяць, має середню температуру -4,4– -5 °С. Найвищі показники липневої температури спостерігаються у південній частині області (+18,7 °С), а найнижчі – у західній та центральній (18–18,4 °С). У січні центральна частина області демонструє нижчі температури (-5,3 °С) порівняно з іншими районами. Це пояснюється її розташуванням на вищому рельєфі, до того ж, без лісів.

Через вплив континентальних мас повітря температура може значно змінюватися, досягаючи влітку +38 °С, а взимку, опускаючись до -33 °С. Розподіл сум активних температур (понад 10 °С) не рівномірний: у південній та південно-східній частинах вони становлять 2650–2690 °С, у північних зниженнях – 2540 °С, а на підвищеннях центральної та північної частин – 2460–2450 °С.

Тривалість безморозного періоду варіює від 165–168 днів на південно-сході до 155–165 днів на решті території. Вегетаційний період рослин триває 204–210 днів: з першої декади квітня до кінця жовтня. Період активної вегетації у центральній підвищеній частині області займає 155–166 днів, тоді як у низинах півночі та на півдні триває 161–164 дні.

На території області чітко виділяються пори року. Весна приходить у середині березня, коли середньодобова температура переходить через 0 °С. Літо триває з третьої декади травня до першої декади вересня, коли середня температура переходить через +15 °С. Осінь завершується наприкінці листопада з переходом температури через 0 °С.

Найдовша тривалість зими в центральних і східних районах області – до 112 днів, тоді як найкоротший зимовий сезон спостерігається на заході та в низовинних ділянках на півночі – до 103 днів. Літо найдовше у південно-східній частині регіону, а в центральній частині коротше на 13–19 днів. У весняний та осінній періоди можливі заморозки: найпізніші зазвичай на півдні

– в другій декаді травня, на решті території – у третій декаді травня, тоді як найраніші – у середині вересня.

В області виділяють три основні кліматичні райони:

– *північний* – охоплює найнижчі території північної частини області. Середня температура січня становить  $-4,4^{\circ}\text{C}$ , липня  $-18,4^{\circ}\text{C}$ , сума активних температур сягає  $2555^{\circ}\text{C}$ . Річна кількість опадів перевищує 650 мм, що створює надмірне зволоження. Безморозний період триває 161–165 днів.

– *центральний*, до цього району належать найвищі місцевості північної та центральної частин області. Його називають «холодним Поділлям». Середньорічна температура тут складає  $+6,7^{\circ}\text{C}$ , сума активних температур –  $2450\text{--}2500^{\circ}\text{C}$ . Літо - найкоротше в області (97–90 днів), безморозний період триває 155–16 днів. Найбільша кількість днів зі сніговим покривом становить 84–93 дні, річна кількість опадів перевищує 620–650 мм.

– *південний*, відомий як «тепле Поділля», охоплює Чортківський регіон і характеризується середньорічною температурою  $+7,2^{\circ}\text{C}$ , в тому числі, середньою температурою січня в межах  $-4,5\text{--}-5^{\circ}\text{C}$  та липня – на рівні  $+19,5^{\circ}\text{C}$ . Сума активних температур тут досягає  $2750^{\circ}\text{C}$ . Весна починається на два тижні раніше, ніж у інших районах області. У цьому кліматичному районі сприятливі умови для вирощування теплолюбних культур, особливо на південних схилах долини Дністра.

Клімат області загалом сприятливий для вирощування сільськогосподарських культур лісостепової зони. В окремі роки в області трапляються пізні весняні й ранні осінні заморозки, змивання посівів під час злив, вилягання зернових культур тощо. Інколи влітку низькі температури повітря у поєднанні з похмурою погодою гальмують розвиток сільськогосподарських культур. Загалом умови зволоження і температурний режим забезпечують потреби рослин лісостепової зони у теплі, світлі та волозі.

Ґрунт дослідної ділянки належить до чорноземів типових малогумусних середньосуглинкових за гранулометричним складом. У верхньому (0–20 см) шарі вміст гумусу становить 4,54 %. У цьому ж горизонті міститься:

легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 157–160 мг/кг, рухомого фосфору (за Чиріковим) – 46–53 мг/кг, обмінного калію – 96–105 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового розчину – близька до нейтральної (рН 6,7–7,2).

Метеорологічні умови впродовж періоду досліджень в цілому відповідали біологічним вимогам рослин сої (табл. 2.1). У квітні середня місячна температура повітря на 1,3 °С перевищувала багаторічне значення, завдяки чому під час сівби сої (5 травня) ґрунт був добре прогрітий. Достатня зволоженість ґрунту та сприятливий температурний режим забезпечили появу дружніх сходів вже через 8–9 діб. У травні всі аналізовані гідротермічні показники перевищували багаторічну норму: середньомісячна температура була вищою на 3,4 °С, сума температур  $\geq 10$  °С – зросла на 135,1 °С, а кількість опадів збільшилася на 19,8 мм.

У червні середня місячна температура перевищувала багаторічний рівень на 2,4 °С, а кількість опадів – на 59,5 %. Гідротермічний коефіцієнт дорівнював 2,2. Завдяки цьому рослини сої проходили фази розвитку інтенсивно, а цвітіння відбувалося за сприятливих погодних умов. Липнева середньомісячна температура повітря відповідала багаторічному значенню (19,9 °С), але кількість опадів була значно меншою – 41,4 % від норми. Унаслідок цього гідротермічний коефіцієнт склав лише 0,7 при нормі 1,5. Особливо сухою виявилася перша половина місяця. Серпень приніс більш сприятливі погодні умови для інтенсивного розвитку рослин. За достатньої кількості опадів температурний режим залишався близьким до багаторічної норми – 19,3 °С. Гідротермічний коефіцієнт досяг рівня 1,3. Такі умови позитивно впливали на формування та дозрівання насіння сої. Саме в цей період культура потребує достатньої кількості вологи, адже за її нестачею у верхніх ярусах рослин процес наливу насіння порушується, що призводить до зниження загального рівня врожаю. У вересні середньомісячна температура повітря була на 0,6 °С нижче від норми. Це було зумовлено різким похолоданням у третій декаді місяця. Тим часом кількість опадів значно

перевищувала середнє багаторічне значення – загальний їх обсяг перевищував норму для регіону на 145,1 %.

Таблиця 2.1

**Метеорологічні умови  
впродовж весняно-літнього періоду 2025 р.**

Показник	Місяць					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Сума активної температури, >10 °С						
Перша декада	2,1	182,5	192,1	207,7	208,8	155,2
Друга декада	76,6	200,4	213,9	190,9	201,1	150,4
Третя декада	153,3	195,7	220,8	208,5	179,0	37,6
Сума за місяць	227,8	574,4	622,6	603,0	584,7	339,0
Середньобагаторічна, t°С	193,3	439,2	546,6	583,2	572,5	368,1
Середньодобов температура повітря, °С						
Перша декада	4,0	18,5	19,5	21,1	21,2	16,2
Друга декада	11,0	20,3	21,7	19,4	20,4	15,3
Третя декада	16,5	18,1	22,4	19,3	16,6	9,3
Середнє за місяць	10,5	19	21,2	19,9	19,3	13,6
Середньобагаторічна за місяць	9,2	15,6	18,8	20,0	19,2	14,2
Опади., мм						
Перша декада	0,5	14,6	42,8	9,9	8,6	28,1
Друга декада	12,1	16,6	13,5	2,5	14,5	32,0
Третя декада	36,7	30,7	73,5	22,7	32,5	58,3
Сума за місяць	48,3	60,9	128,8	34,1	54,6	117,4
Середньобагаторічна	43,7	41	81	81,6	53,1	48,2
ГТК						
За місяць	2,2	1,2	2,2	0,7	1,3	3,4
Середньобагаторічна	2,4	1,0	1,6	1,5	1,0	1,4

Отже, ґрунтово-кліматичні умови Тернопільщини є цілком придатними для вирощування сої. Хоча погодні умови в період проведення досліджень частково відхилялися від багаторічних показників регіону, загалом вони були сприятливими для реалізації потенціалу продуктивності культури.

## 2.2 Схема досліду й методика проведення досліджень

Полевий дослід за темою кваліфікаційної магістерської роботи було закладено та проведено у 2025 р. в умовах ТОВ «Золоті лани Тернопільщини», спираючись на вимоги, викладені в «Основах наукових досліджень в агрономії» [30].

Метою досліджень було встановити особливості формування зернової продуктивності сортів сої залежно від інокуляції та норм і строків внесення мінеральних добрив в умовах Західного Лісостепу України.

### Схема досліду

*Фактор А* – сорт:

1. Кобуко;
2. Титан;

*Фактор В* – інокуляція насіння:

1. Без інокуляції (контроль);
2. Біомаг–Соя;

*Фактор С* – удобрення, кг/га д.р.:

1. Без добрив (контроль)
2.  $N_{30}P_{60}K_{60}$
3.  $N_{45}P_{60}K_{60}$
4.  $N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$
5.  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ .

Площа облікових ділянок становила 25 м<sup>2</sup>; розміщення варіантів систематичне, повторність чотирьохразова.

Дослідження проводили з сортами вітчизняної селекції. Сорт *Кобуко* (2023 р.), вегетаційний період складає 105–119 днів. Сорт відзначається підвищеною стійкістю до основних хвороб, зокрема, фузаріозу та пероноспорозу, характеризується стабільною врожайністю і високим вмістом білка й олії.

Сорт *Титан* (2020 р.), має вегетаційний період 112–123 дні, лінійний ріст рослин становить 85–100 см. Сорту властиві високі стійкість до вилягання,

вміст білка – до 41 %, олії – до 23,5%, добре пристосований до кліматичних умов Західного Лісостепу України.

Технологія вирощування сої відповідає рекомендаціям для зони проведення досліджень, за винятком тих агротехнічних прийомів, які безпосередньо вивчалися у досліді.

Попередником культури була пшениця озима. Після її збирання здійснювали основний обробіток ґрунту, який включав лушення стерні на глибину 8–10 см та зяблеву оранку на 20–22 см.

Система удобрення передбачала внесення під основний обробіток ґрунту фосфорних і калійних добрив (суперфосфат гранульований і 40 % калійна сіль) у дозі  $P_{60}K_{60}$  д. р. Азотні добрива (аміачна селітра) вносили згідно зі схемою досліджень – під передпосівну культивуацію та у фазі бутонізації шляхом підживлення рослин у відповідних варіантах.

У день сівби насіння інокулювали Біомаг-Соя, який містить бактерії роду *Brodyrhizobium japonicum* штаму IBM В-7505 з титром життєздатних клітин 2000–2500/мкг препарату.

Спостереження та обліки проводили згідно наступних методик:

- фенологічні спостереження [4];
- висоту рослин – вимірюванням висоти головних пагонів 25 рослин, закріплених кілочками у 3-разовій повторності [4];
- густоту стояння рослин на зафіксованих площадках площею 1 м<sup>2</sup>: під час фази повних сходів та повної стиглості зерна [4, 26];
- оцінку фотосинтетичної діяльності посівів [4];
- накопичення сухої речовини термостатно-ваговим методом [4];
- оцінку роботи симбіотичного апарату [4];
- структуру та індивідуальну продуктивність рослин шляхом відбору пробних снопів, облік урожаю – подільсько-прямим комбайнуванням з подальшим перерахунком на стандартну вологість та з урахуванням засміченості зерна [4];

- якісний склад зерна (вміст жиру та сирого протеїну) [15, 16];
- математичну обробку – методом дисперсійного і кореляційно-регресійного аналізу;
- економічну й енергетичну ефективність досліджуваних технологічних моделей [1].

## РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1 Динаміка густоти стояння рослин сої та їх виживаність

Соя може формувати високі врожаї лише за оптимальної щільності стеблостою та рівномірного розподілу добре розвинених рослин на площі. У зріджених посівах рослини схильні до інтенсивного гілкування, надмірно облиствені, формують велику кількість насіння і бобів. У результаті, під вагою бобів або впливом вітру гілки часто обламуються. Рослинам в таких посівах властиве низьке розташування бобів і нерівномірне дозрівання, а тому навіть попри високу їх індивідуальну продуктивність врожайність з одиниці площі знижується. У загущених посівах щільне розміщення рослин погіршує їх освітленість, що негативно впливає на фотосинтез, викликає передчасне пожовтіння і опадання листя, зменшує кількість утворених бобів та зерен, що також відображається на загальному врожаї. Рівномірність розподілу рослин на площі та густина їх стояння значною мірою залежать від польової схожості насіння. Низькі показники цієї властивості призводять до значного розриву між нормою висіву насіння та фактичною кількістю рослин на час збору врожаю [11, 17, 39].

У наших дослідженнях під дією досліджуваних чинників та гідротермічних умов польова схожість у сорту Кобуко була 86,3–93,1 %, у сорту Титан – 88,9-96,3 %, що забезпечило густоту рослин у фазі сходів, відповідно, 54,7-69,5 та 66,5-71,7 шт./м<sup>2</sup> (табл. 3.1).

Визначено, що на фоні основного удобрення норма азоту N<sub>45</sub> знижувала схожість рослин – у сорту Кобуко на 3,8 %, у сорту Титан – на 4,3 %. На норму азоту N<sub>30</sub> рослини реагували незначним підвищенням схожості – відповідно, на 0,2 та 0,6 %.

Бактеризація насіння сої бактеріальним препаратом Біомаг-Соя позитивно впливала на проростання насіння і його схожість на всіх варіантах. У результаті схожість насіння на неудобрених варіантах в обох сортів зростала

на 2,3 % , густота сходів у сорту Кобуко була на рівні 69,0 шт./м<sup>2</sup>, у сорту Титан – 71,0 шт./м<sup>2</sup>.

Таблиця 3.1

**Польова схожість насіння та виживаність рослин сої залежно від дії досліджуваних факторів**

Удобрення	Інокуляція	Густота стояння рослин, шт./м <sup>2</sup>		Польова схожість, %	Вживаність на період збирання, %
		повні сходи	на період збирання		
Сорт Кобуко					
Без добрив (контроль)	1*	67,4	60,6	90,2	89,9
	2	69,0	63,0	92,4	91,3
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	67,6	62,7	90,4	92,8
	2	68,7	64,8	92,0	94,3
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	64,7	59,6	86,3	92,1
	2	65,3	61,1	87,2	93,6
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	68,1	63,6	91,1	93,4
	2	69,5	66,0	93,1	95,0
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	67,4	63,5	90,2	94,2
	2	68,6	65,5	91,8	95,5
Сорт Титан					
Без добрив (контроль)	1*	69,5	61,8	93,1	88,9
	2	71,0	64,4	95,3	90,7
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	69,9	64,8	93,7	92,7
	2	70,8	66,3	95,0	93,6
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	66,5	61,2	88,9	92,0
	2	67,1	62,6	89,7	93,3
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	70,2	65,6	94,2	93,4
	2	71,7	67,7	96,3	94,4
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	70,0	65,9	93,8	94,1
	2	70,9	67,4	95,1	95,1
НІР <sub>0,05</sub> загальна		1,21	1,09	–	–

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

Внесення азоту в нормі N<sub>45</sub> за одночасного поєднання з інокуляцією насіння, порівняно до аналогічного варіанту удобрення проте без інокуляції, забезпечувало підвищення схожості рослин на 0,7–0,9 %.

Максимальна польова схожість у сортів сої Кобуко (93,1 %) та Титан (96,3 %) формувалась на варіанті досліду, де проводили бактеризацію насіння та вносили мінеральні добрива в нормі  $N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$ .

Формування густоти рослин сої суттєво залежить від їхньої виживаності – параметр, що характеризує стійкість рослин до несприятливих умов зовнішнього середовища впродовж вегетації і залежить, перш за все, від біологічних особливостей рослин, середовища їх росту та технології вирощування. Цей показник обраховується діленням кількості рослин у фазі повних сходів до їх кількості під час повної стиглості зерна на одиницю площі.

Аналіз отриманих результатів у нашому експерименті свідчить про зменшення густоти рослин впродовж їх вегетації, що обумовлено випаданням рослин під час їх росту і розвитку. Загалом же на час збирання врожаю виживаність рослин сої у сорту Кобуко складала 89,9-95,5 %, у сорту Титан – 88,9-95,1 %, а тому густина рослин на період збирання була на рівні 59,6-66,0 та 61,2-67,7 шт./м<sup>2</sup>, відповідно. Найбільше зрідження рослин спостерігали на контрольних ділянках досліду – відповідно, 89,9 та 88,9 %.

За умови внесення мінеральних добрив відсоток виживаності рослин сої зростав – у сорту Кобуко на 1,6-4,6 %, у сорту Титан – на 1,4-5,8 %. При сукупній взаємодії мінеральних добрив й інокулянта загальна виживаність рослин впродовж вегетації зростала, відповідно, на 3,1-6,2 та 2,8-6,7 %.

Відтак, найсприятливіші умови для збереження більшої кількості рослин були на тих варіантах, де поєднували інокуляцію насіння Біомаг-Соя та вносили  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ . В результаті на час збирання густина рослин у сорту Кобуко на рівні 65,5 шт./м<sup>2</sup>, у сорту Титан – 67,4 шт./м<sup>2</sup>.

### **3.2 Динаміка висоти рослин сої залежно від технологічних прийомів вирощування**

Важливим чинником впливу на продуктивність сої є висота рослин. Вона змінюється під впливом сортових особливостей, гідротермічних умов під

час вегетації, ґрунтових та кліматичних умов, довжини дня та агротехнічної моделі вирощування [33].

Встановлено, що у фазі бутонізації найменший лінійний ріст рослин був на контрольному варіанті. На ділянках з мінеральним удобренням висота рослин зростала – у сорту Кобуко на 8,6–32,6 %, у сорту Титан – на 6,3–31,2 %, за максимальних значень, відповідно, 35,4 та 32,8 см на варіантах, що передбачали внесення  $N_{45}P_{60}K_{60}$  (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Висота головного пагону рослин сої залежно від технологічних чинників вирощування, см**

Удобрення	Інокуляція	Фази росту та розвитку		
		бутонізація	кінець цвітіння	налив зерна
<b>Кобуко</b>				
Без добрив	без інокуляції	27,2	70,8	79,8
	інокуляція	29,6	73,5	82,3
$N_{30}P_{60}K_{60}$	без інокуляції	33,2	77,0	87,1
	інокуляція	36,0	81,7	91,1
$N_{45}P_{60}K_{60}$	без інокуляції	35,4	78,6	88,2
	інокуляція	38,1	82,5	92,0
$N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$	без інокуляції	32,0	79,8	89,3
	інокуляція	34,8	83,6	93,4
$N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$	без інокуляції	33,8	81,4	90,6
	інокуляція	36,6	85,9	95,2
<b>Титан</b>				
Без добрив	без інокуляції	25,5	73,3	83,8
	інокуляція	27,6	76,0	86,4
$N_{30}P_{60}K_{60}$	без інокуляції	30,5	81,3	92,3
	інокуляція	33,3	85,5	96,0
$N_{45}P_{60}K_{60}$	без інокуляції	32,8	82,6	93,6
	інокуляція	35,5	86,7	97,1
$N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$	без інокуляції	29,3	83,3	94,1
	інокуляція	32,0	87,9	98,3
$N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$	без інокуляції	31,0	85,0	96,0
	інокуляція	33,9	89,5	100,5
$HP_{0,05}$ загальна		1,64	25,4	73,2

Зростання висоти рослин відмічали і на ділянках, де проводили інокуляцію насіння – на 8,7–9,6 %, залежно від сорту.

Загалом, за висотою головного пагону під час бутонізації кращі умови для лінійного росту рослин складались за взаємодії чинників мінерального удобрення та бактеризації насіння. Як наслідок, висота рослин у сорту Кобуко порівняно до контролю зростала на 19,0–43,3 %, сорту Сузір'я – на 15,7–42,6 %, залежно від норм і строків внесення мінеральних добрив.

В подальшому, внаслідок збільшення габітусу рослин ріст їх головного пагону тривав до настання фази наливу зерна, при досягненні якої висота рослин була 70,8–85,9 см у сорту Кобуко та 83,8–100,5 см – у сорту Титан.

Максимальний лінійний ріст рослин сої в зазначеній фенологічній фазі (у сорту Кобуко – 95,2 см, у сорту Титан – 100,5 см) відмічений на варіантах, що передбачали передпосівну обробку насіння Біомаг-Соя та внесення  $N_{30}P_{60}K_{60}$  в основне удобрення і  $N_{15}$  у підживлення у фазі бутонізації. Отримані значення перевищували контроль, відповідно, на 22,1 та на 23,2 %.

### **3.3 Наростання вегетативної маси рослин сої під впливом технологічних прийомів вирощування**

Формування високої врожайності можливе за умови нарощування рослинами оптимального об'єму надземної маси. Збільшення листостеблової частини сприяє інтенсивнішому накопиченню пластичних речовин, які забезпечують розвиток репродуктивних органів та безпосередньо впливають на величину урожаю [48].

Нами визначено, що у фазі бутонізації посіви сорту сої Кобуко на контрольному варіанті формували 7,9 т/га надземної біомаси, сорту Титан – 8,3 т/га (табл. 3.3). Внесення мінеральних добрив підвищувало значення даного показника, відповідно, на 11,4–33,5 та 9,4–37,3 %.

Застосування бактеризації насіння сої забезпечило приріст вегетативної маси на неудобрених ділянках на 26,5–29,5 %, залежно від сорту. Найбільша надземна маса формувалась на варіантах, де поєднували інокуляцію з

мінеральним удобренням – у сорту Кобуко 12,1–14,2 т/га, у сорту Титан – 12,7–14,9 т/га, що перевищувало контроль на 55,5–83,3 та 53,1–80,3 %, відповідно.

Таблиця 3.3

**Динаміка формування вегетативної маси рослин сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування, т/га**

Удобрення	Інокуляція	Фази росту та розвитку		
		бутонізація	кінець цвітіння	налив зерна
<b>Кобуко</b>				
Без добрив	без інокуляції	7,8	12,9	15,0
	інокуляція	10,1	15,4	18,6
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	10,2	16,9	18,9
	інокуляція	13,9	20,1	21,9
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	10,4	17,4	19,5
	інокуляція	14,2	20,9	22,1
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	9,7	18,2	20,4
	інокуляція	13,4	21,9	23,8
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	10,3	19,5	21,9
	інокуляція	14,0	22,6	24,5
<b>Титан</b>				
Без добрив	без інокуляції	8,3	13,4	16,6
	інокуляція	10,5	16,7	20,1
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	10,9	17,4	20,6
	інокуляція	14,5	21,6	23,2
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	11,4	17,8	21,2
	інокуляція	14,9	21,9	23,8
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	10,2	19,0	23,1
	інокуляція	14,2	23,8	26,5
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	11,1	20,4	23,6
	інокуляція	14,7	24,7	27,3
НІР <sub>0,05</sub> загальна		1,91	3,02	3,27

Максимальний приріст вегетативної маси у фазі бутонізації сорт Кобуко демонстрував за умови оброблення насіння препаратом Біомаг-Соє у поєднанні з удобренням N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 14,2 т/га. У сорту Титан найбільша надземна маса, на рівні 14,9 т/га, також формувалась за аналогічної комбінації оброблення насіння та мінерального удобрення.

У подальшому розвиток рослин супроводжувався інтенсивним наростанням вегетативної маси і наприкінці фази цвітіння її значення досягало для сорту Кобуко 12,9–22,6 т/га, а для сорту Титан – 13,4–24,7 т/га. Приріст надземної маси залежно від варіанту удобрення коливався в межах 2,0–6,7 т/га у сорту Кобуко та 2,5–7,1 т/га у сорту Титан.

Передпосівна інокуляція також справила позитивний вплив на формування вегетативної маси. Як наслідок, на неудобрених ділянках її величина досягала 15,4 т/га у сорту Кобуко та 16,7 т/га у Титану, що перевищувало контроль, відповідно на 2,6 і 3,4 т/га. Найвищі показники надземної маси зафіксовано у варіантах із поєднанням бактеризації насіння та внесення мінеральних добрив – 15,0–24,5 т/га у сорту Кобуко та 16,6–27,3 т/га у сорту Титан. Роздрібне внесення азотних добрив призводило до більш інтенсивного наростання надземної біомаси сої, ніж одноразове внесення такої ж норми добрив.

До фази наливу зерна відмічали подальше збільшення вегетативної маси, яка на контрольному варіанті становила 15,0 т/га у сорту Кобуко й 16,6 т/га у сорту Титан. Застосування мінеральних добрив сприяло приросту цього показника на 14,1–46,2 % у Кобуко та на 13,8–42,5 % у Титану. Максимальні значення вегетативної маси – 21,9 т/га у сорту Кобуко й 23,6 т/га у сорту Титан були отримані за застосування добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ .

Передпосівна інокуляція насіння також позитивно впливала на формування біомаси, як наслідок, на неудобрених ділянках її обсяг збільшувався на 24,2 % у сорту Кобуко та на 21,2 % у сорту Титан, порівняно з контролем.

Серед усіх досліджуваних варіантів найбільшу ефективність продемонстрували ті, що поєднували передпосівну інокуляцію насіння препаратом Біомаг-Соя із внесенням мінеральних добрив. Застосування такої технологічної комбінації забезпечило формування значно більшої вегетативної маси: у сорту Кобуко – на рівні 20,8–24,5 т/га, а у сорту Титан – 21,4–27,3 т/га.

Узагальнюючи результати, можна відмітити, що найбільший приріст надземної біомаси був отриманий на ділянці, де висівали насіння, інокульоване препаратом Біомаг-Соя та вносили мінеральні добрива у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  під основний обробіток і  $N_{15}$  – у підживлення рослин у фазі бутонізації. За таких умов посіви сорту Кобуко формували 24,5 т/га вегетативної маси, а сорту Титан – 27,3 т/га, що перевищувало контрольні варіанти, відповідно на 63,5 % та 64,4 %.

### 3.4 Динаміка накопичення посівами сої сухої речовини

Встановлено, що синтез органічної речовини рослинами сої по мірі їх росту й розвитку зростав і досягав найвищій значень у фазі фізіологічної стиглості (табл. 3.4).

У фазі бутонізації найменше сухої речовини посіви сої формували на контрольних ділянках: сорту Кобуко – 1,51 т/га, сорт Титан – 1,68 т/га. Проведення мінерального удобрення інтенсифікувало ростові процеси рослинах, а отже й збільшувало обсяг накопичення ними сухої речовини у сорту Кобуко на 22,6–44,5 %, у сорту Титан – на 17,2–37,5 %, досягаючи максимальних значень, відповідно 2,18 та 2,31 т/га, на варіантах, де вносили мінеральні добрива у нормі  $N_{45}P_{60}K_{60}$ .

Найкращі агротехнічні умови для нагромадження сухої маси посівами сої були за поєднання інокуляції насіння препаратом Біомаг-Соя та внесення мінерального добрива. Як наслідок величина нагромадженої сухої речовини зростала у сорту Кобуко на 0,96–1,47 т/га, у сорту Титан – на 1,1–1,5 т/га. Максимальний збір сухої речовини під час бутонізації обидва сорти забезпечували за комплексної дії чинників інокуляції та внесення  $N_{45}P_{60}K_{60}$  – 2,98 т/га на посівах сорту Кобуко та 3,18 т/га на посівах сорту Титан.

Нагромадження сухої маси посівами сої продовжувалось до настання фази наливу зерна. При цьому, на контрольних ділянках посіви сорту Кобуко формували 3,71 т/га сухої маси, сорту Титан – 4,19 т/га. Внесення мінеральних добрив збільшувало приріст сухої маси, відповідно, на 0,58–1,56 та 0,65–1,66 т/га.

Ефективнішим, як і під час бутонізації, було поєднання інокуляції насіння та внесення мінеральних добрив, в результаті – обсяг нагромадженої сухої біомаси зростав на 41,1–67,6 % у сорту Кобуко та на 29,0–62,2 % у сорту Титан.

Таблиця 3.4

**Динаміка накопичення сухої речовини посівами сої залежно від дії досліджуваних факторів, т/га**

Удобрення	Інокуляція	Фази росту та розвитку			
		бутонізація	кінець цвітіння	налив зерна	фізіологічна стиглість
<b>Кобуко</b>					
Без добрив	без інокуляції	1,51	2,69	3,71	3,82
	інокуляція	2,06	3,34	4,83	4,94
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	2,13	3,56	4,69	4,86
	інокуляція	2,94	4,52	5,43	5,67
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	2,18	3,67	4,76	4,98
	інокуляція	2,98	4,61	5,50	5,72
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	2,04	3,84	5,17	5,40
	інокуляція	2,80	4,90	6,03	6,33
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	2,14	4,06	5,28	5,52
	інокуляція	2,96	5,10	6,21	6,52
<b>Титан</b>					
Без добрив	без інокуляції	1,68	2,86	4,19	4,35
	інокуляція	2,21	3,84	5,03	5,20
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	2,26	3,88	5,21	5,33
	інокуляція	3,11	5,03	5,87	6,12
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	2,31	3,95	5,24	5,35
	інокуляція	3,18	5,04	5,95	6,22
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	2,22	4,29	5,65	5,95
	інокуляція	3,03	5,45	6,51	6,85
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	2,28	4,48	5,86	6,22
	інокуляція	3,13	5,65	6,79	7,16
НІР <sub>0,05</sub> загальна		0,29	0,91	1,08	1,15

Варто відмітити, що обсяг сухої речовини зростав також зі збільшенням норм азотних добрив, причому кращі значення за даним показником продемонстрували ті варіанти, де азотні добрива вносили роздільним способом. Так, порівняно з одноразовим внесенням такої ж маси азотних

добрив внесення  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$  призводило до збільшення обсягу накопиченої сухої речовини на 11,1 % у сорту Кобуко та на 12,1 % у сорту Титан. За інокуляції насіння приріст сухої речовини на вказаних варіантах становив, відповідно, 12,7 та 14,2 %.

Нагромадження сухої речовини посівами сої продовжувалось до фази фізіологічної стиглості зерна, під час настання якої вихід сухої речовини з посівів сорту Кобуко складав 4,94–6,52 т/га, сорту Титан – 5,20–7,16 т/га, що було більше за контроль, відповідно, на 29,3–70,7 та 19,5–64,6 %.

Отже, проведення інокуляції насіння препаратом Біомаг-Соя та внесення мінеральних добрив позитивно впливало на формування сухої речовини досліджуваними посівами сої. Найвищу продуктивність за даним показником забезпечували варіанти, де вносили  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$  та проводили оброблення насіння препаратом Біомаг-Соя, в результаті чого посіви сорту Кобуко та Титан накопичували 6,52 та 7,16 т/га сухої біомаси, відповідно.

### **3.5 Формування площі листкової поверхні посівами сої залежно від дії досліджуваних чинників**

Величина врожаю сої суттєво обумовлюється розміром листкової поверхні та часом її продуктивної дії, так як у результаті фотосинтезу, який відбувається, переважно, в листках формується до 95 % сухої речовини врожаю. Оптимальна площа листя для сої повинна бути в межах 40–50 тис.  $m^2/га$  [18, 23, 28, 40, 42].

Визначено, що обидва сорти, які вивчали у досліді, характеризуються добрим наростанням листкової поверхні, але найбільшу її площу формує сорт Титан (табл. 3.5) – його листкова поверхня, залежно від варіанту досліду й фенологічної фази розвитку була більшою за площу листя сорту Кобуко на 0,3-1,9 тис.  $m^2/га$ .

На всіх етапах спостережень поліпшення умов мінерального живлення сприяло активнішому розвитку листкового апарату сої, що проявлялося у збільшенні площі листкової поверхні.

Таблиця 3.5

**Динаміка наростання площі листкової поверхні в посівах сої  
залежно від дії технологічних чинників, тис. м<sup>2</sup>/га**

Удобрення	Фаза росту і розвитку рослин					
	цвітіння		утворення бобів		налив зерна	
	передпосівна інокуляція насіння*					
	б/і	і	б/і	і	б/і	і
<b>Кобуко</b>						
Без добрив (контроль)	22,8	25,2	29,6	31,8	34,9	37,4
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	26,9	29,2	33,0	35,4	39,2	42,1
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	28,2	29,9	34,2	36,0	40,5	42,8
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	28,3	29,9	34,5	36,8	41,2	43,8
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	28,6	30,8	35,5	37,6	42,6	45,2
<b>Титан</b>						
Без добрив (контроль)	23,3	25,5	30,8	32,3	35,8	38,0
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	28,0	29,6	34,4	36,1	40,9	43,3
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	28,9	30,4	35,4	36,9	42,1	44,2
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	29,1	31,0	36,2	37,7	43,0	45,6
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	29,7	31,9	36,9	39,0	44,3	46,9
НІР <sub>0,05</sub> загальна	1,79		2,01		2,21	

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

Так, під час цвітіння площа листя в посівах сорту Кобуко становила 22,8–30,8 тис. м<sup>2</sup>/га, сорту Титан – 23,3–31,9 тис. м<sup>2</sup>/га. Завдяки внесенню мінеральних добрив листкова поверхня у посівах зазначених сортів зростала відносно контролю, відповідно, на 7,8–25,7 та 10,2–27,5 %. Найбільшу площу листя – відповідно, 28,6 і 29,7 тис. м<sup>2</sup>/га ці сорти формували за внесення N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>15</sub> (у фазі бутонізації).

За бактеризації насіння препаратом Біомаг-Соєа прирости листкової поверхні становили, залежно від сорту, 2,3–2,5 тис.м<sup>2</sup>/га. Максимальна за розмірами листкова поверхня на час цвітіння (Кобуко – 30,8 тис.м<sup>2</sup>/га, Титан

сорт – 31,9 тис.м<sup>2</sup>/га) була відмічена на ділянках, де висівали інокульоване насіння та вносили N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>15</sub>.

Наростання площі листя відбувалось до фази наливу зерна, адже саме в цей період рослини найбільше потребують продуктів фотосинтезу для їх накопичення у зерні. В зазначену фазу листкова поверхня у сорту Кобуко , становила 34,9–45,2 тис.м<sup>2</sup>/га, у сорту Титан – 35,8-46,9 тис. м<sup>2</sup>/га.

Інокуляція насіння і внесення добрив, як і в попередні фази розвитку, стимулювали ростові процеси та сприяли збільшенню листкової поверхні. Так, за рахунок бактеризації насіння Біомаг-Соя розміри площі листя посівів сої у зазначеній фазі на неудобреному варіанті зростали на 2,5 тис. м<sup>2</sup>/га у сорту Кобуко і на 2,2 тис. м<sup>2</sup>/га – у сорту Титан або 7,2 та 6,2 % відповідно.

Внесення мінеральних добрив обумовлювало більш інтенсивне наростання листкової поверхні в посівах сої – на 6,3-23,8 % (на 2,2-7,7 тис. м<sup>2</sup>/га у сорту Кобуко та на 2,6-8,5 тис. м<sup>2</sup>/га у сорту Титан, за абсолютних значень на контролі, відповідно – 34,9 та 35,8 тис. м<sup>2</sup>/га). Найбільша площа листя у Кобуко та Титан – 42,6 та 44,3 тис. м<sup>2</sup>/га була сформована на ділянках, де вносили мінеральні добрива у нормі N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та проводили підживлення рослин N<sub>15</sub> у фазі бутонізації. Слід відмітити, що збільшення норми азотних добрив та внесення їх роздрібним способом, порівняно з одноразовим, сприяло зростанню площі листової поверхні на посівах обох сортів сої, що вивчались у досліді.

Максимальну площу листкової поверхні у фазі наливу насіння посіви сої формували на варіантах, що передбачали поєднання інокуляції насіння Фосфонітрагіном та внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>15</sub> – 45,2 тис. м<sup>2</sup>/га у сорту Кобуко та 46,9 тис. м<sup>2</sup>/га – у сорту Титан.

Відтак, найкращі умови для формування листкової поверхні у сорту сої Кобуко (45,2 тис. м<sup>2</sup>/га) та сорту Титан (46,9 тис. м<sup>2</sup>/га) склались за інокуляції насіння Біомаг-Соя та внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>15</sub>.

### 3.6 Формування симбіотичного апарату рослинами сої

Унаслідок симбіотичної взаємодії з ризобіальними бактеріями бобові культури значно менше залежать від ґрунтових запасів мінерального азоту та виявляють вищу стійкість до стресових факторів. Така взаємодія також сприяє поліпшенню фітосанітарного стану посівів і посиленню процесів фотосинтезу. Однак, на ефективність симбіотичної взаємодії макро- і мікросимбіонтів впливають різноманітні екологічні фактори: біотичні, абіотичні та антропогенні. Найбільш дискусійною науковою проблемою залишається доцільність і строки внесення азотних добрив під сою [31, 32, 45].

Найвища інтенсивність засвоєння молекулярного азоту соєю спостерігається під час цвітіння, формування й наливу зерна за оптимальних гідротермічних умов (температура 24–28 °С і відносна вологість 40–60 %) [33].

Встановлено, що протягом вегетації рослин число бульбочок зростає та досягає свого максимуму у фазі наливу зерна, а потім знижується (табл. 3.6, табл. 3.7).

На контрольному варіанті на коренях однієї рослини сої сорту Кобуко формувалося 6,7 активних бульбочок, у сорту Титан – 8,1 бульбочок.

За внесення  $N_{15-30}P_{60}K_{60}$  кількість активних бульбочок перевищувала контрольне значення у сорту Кобуко на 6,0–9,1 шт./рослину, у сорту Титан – на 9,4–13,4 шт./рослині. За внесення  $N_{45}P_{60}K_{60}$  процес формування симбіотичного апарату пригнічувався, в результаті чого приріст кількості бульбочок у сорту Кобуко не перевищував 1,9 шт./рослину, у сорту Титан – 2,1 шт./рослину.

На кількість сформованих бульбочок на рослинах обох сортів у більшій мірі впливала бактеризація насіння Біомаг-Соя, ніж мінеральне удобрення. Інокуляція сприяла підвищенню кількості активних бульбочок у сорту Кобуко на 14,0 шт./рослину, у сорту Титан – на 14,1 шт./рослину.

Найбільш результативним щодо впливу на формування симбіотичної системи було поєднання передпосівної інокуляції насіння з внесенням мінеральних добрив у дозі  $N_{30}P_{60}K_{60}$ . Як наслідок, на рослинах сорту Кобуко

під час бутонізації нараховували 24,6 шт./рослині активних бульбочок, сорту Титан – 30,5 шт./рослині.

Таблиця 3.6

**Динаміка кількості активних бульбочок у рослин сої залежно від  
удобрення та інокуляції, шт./рослину**

Удобрення	Фаза росту і розвитку рослин					
	бутонізація		цвітіння		налив зерна	
	б/і*	і	б/і	і	б/і	і
<b>Кобуко</b>						
Без добрив (контроль)	6,7	20,6	12,0	25,3	14,6	34,7
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	15,7	24,6	18,3	27,8	27,4	40,1
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,5	12,1	13,3	17,7	19,5	27,1
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	12,8	23,9	19,5	29,1	29,5	42,9
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	15,9	23,7	20,9	29,5	30,1	43,4
<b>Титан</b>						
Без добрив (контроль)	8,2	22,3	18,2	34,9	20,8	42,9
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,5	30,5	28,0	38,8	34,0	48,4
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,2	16,8	21,7	26,5	24,1	33,9
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	17,5	27,3	29,8	40,8	36,0	50,4
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	21,2	29,7	30,0	41,1	36,9	51,1
НП <sub>0,05</sub> загальна	1,36		1,61		2,11	

*\*Примітка:* б/і – насіння без інокуляції; і – насіння іноккульоване.

У фазі наливу зерна кількість активних бульбочок на рослинах сої досягала максимальних значень на всіх варіантах досліду та за внесення мінеральних добрив і сівби іноккульованим насінням збільшувалась сорту Кобуко до 27,1–43,4 шт./рослину, у сорту Титан – до 33,9–51,1 шт./рослину.

Під впливом досліджуваних чинників змінювалась не лише кількість, але й маса активних бульбочок. Визначено, що у фазі бутонізації маса активних бульбочок становила 0,20–0,71 г/рослину.

Найнижчі значення за даним показником були на контрольних ділянках: у сорту Кобуко 0,20 г/рослину, у сорту Титан – 0,23 г/рослину. За сівби іноккульованим насінням та внесення N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> було отримано найбільшу масу

активних бульбочок – 0,59 г/рослину у сорту Кобуко та 0,71 г/рослину – у сорту Титан.

До настання фази наливу зерна, зі зростанням кількості бульбочок зростала і їх маса – до 0,52–1,27 г/рослину у сорту Кобуко і 0,64–1,57 г/рослину – у сорту Титан. Серед варіантів досліду найбільш розвинений симбіотичний апарат за масою корневих бульбочок був на варіантах, де вивчали взаємодію чинників інокуляції та мінерального удобрення ( $N_{30}P_{60}K_{60}+N_{15}$ ). Як наслідок, маса активних бульбочок у сорту Кобуко становила 1,27 г/рослину, у сорту Титан – 1,57 г/рослину.

Таблиця 3.7

**Динаміка маси активних бульбочок у рослин сої залежно від  
удобрення та інокуляції, г/рослину**

Удобрення	Фаза росту і розвитку рослин					
	бутонізація		цвітіння		налив зерна	
	б/і*	і	б/і	і	б/і	і
Кобуко						
Без добрив (контроль)	0,20	0,47	0,40	0,86	0,52	1,08
$N_{30}P_{60}K_{60}$	0,37	0,59	0,71	0,99	0,79	1,20
$N_{45}P_{60}K_{60}$	0,21	0,29	0,47	0,70	0,61	0,79
$N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$	0,31	0,55	0,73	1,02	0,82	1,24
$N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$	0,39	0,56	0,81	1,07	0,84	1,27
Титан						
Без добрив (контроль)	0,23	0,54	0,53	1,08	0,64	1,23
$N_{30}P_{60}K_{60}$	0,49	0,71	0,94	1,29	0,93	1,47
$N_{45}P_{60}K_{60}$	0,24	0,38	0,68	0,94	0,69	0,99
$N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$	0,39	0,62	0,97	1,34	1,02	1,53
$N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$	0,47	0,67	1,06	1,40	1,08	1,57
НІР <sub>0,05</sub> загальна	0,09		0,14		0,11	

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

Отже, передпосівна обробка насіння сої препаратом Біомаг-Соє та роздрібне внесення азотних добрив на фоні  $P_{60}K_{60}$  забезпечувало збільшення кількості та маси активних бульбочок на коренях сої у сорту Кобуко,

відповідно, до 42,9–43,4 шт./рослину й 1,24–1,27 г/рослину, у сорту Титан – 50,4–51,1 шт./рослину і 1,53–1,57 г/рослину.

### **3.7 Індивідуальна продуктивність рослин сої**

Процес формування врожаю насіння сої є складним і багатофакторним. Це зумовлено обмеженою здатністю рослин регулювати кількість плодоносних пагонів, тривалою диференціацією генеративних структур та високою чутливістю їх розвитку до зовнішніх умов. Значною мірою продуктивність культури визначається особливостями структурних елементів урожаю та індивідуальною продуктивністю кожної рослини [33].

Під дією конкретних ґрунтово-кліматичних умов, гідротермічного режиму впродовж вегетації та застосованих агротехнологічних прийомів структура врожаю зазнає певних змін, які відображають рівень забезпечення рослин життєво необхідними ресурсами на різних етапах їх росту й розвитку. Водночас істотний вплив на формування структурних елементів урожаю чинять бактеріальні препарати та забезпеченість рослин мінеральними елементами живлення, адже сучасні високоінтенсивні сорти, характеризуючись підвищеною вимогливістю до умов живлення, здатні реалізувати свій урожайний потенціал лише за оптимального надходження поживних речовин [19, 41].

Дослідженнями встановлено, що внесення мінеральних добрив та інокуляція насіння препаратом Біомаг-Соєа позитивно впливали на формування структури урожаю сортів сої (табл. 3.8).

Визначено, що на рослинах з контрольних ділянок у сорту Кобуко нараховувалось 13,9 шт./рослині, у сорту Титан – 16,9 шт./рослині. Інокуляція насіння препаратом Біомаг-Соєа забезпечувала зростання даних значень, відповідно, на 21,6 та 19,4 %. Внесення мінеральних добрив більш ефективно впливало на інтенсивність формування бобів, що проявлялося у зростанні їх кількості порівняно з контролем на 22,4–51,3 % у сорту Кобуко та на 23,6–47,8 % – у сорту Титан.

Максимальна кількість бобів на рослині, як у сорту Кобуко (24,8 шт./рослині), так і в сорту Титан (28,9 шт./рослині) формувалась за сумісної дії інокуляції насіння препаратом Біомаг-Соє та внесення  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$  – приріст до контролю становив, відповідно, 78 та 70,3 %.

Таблиця 3.8

**Біометрична структура сортів сої залежно від норм мінеральних добрив та інокуляції**

Удобрення	Висота прикріплення нижнього бобу, см		Кількість плодоеlementів, шт./рослину				Маса насіння з однієї рослини, г	
			бобів		зернин			
	б/і*	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Кобуко								
Без добрив (контроль)	11,8	11,6	13,9	17,0	26,5	29,0	3,54	4,06
$N_{30}P_{60}K_{60}$	12,3	13,0	18,1	22,1	35,0	45,6	4,84	6,57
$N_{45}P_{60}K_{60}$	12,7	13,5	19,9	22,8	38,8	47,8	5,40	6,92
$N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$	12,6	13,7	20,7	24,3	39,4	49,5	5,54	7,21
$N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$	12,9	14,2	21,0	24,9	40,5	51,1	5,71	7,52
Титан								
Без добрив (контроль)	11,9	12,0	17,0	20,3	31,5	34,6	4,14	4,70
$N_{30}P_{60}K_{60}$	12,8	13,6	22,7	25,7	42,5	50,0	5,75	7,02
$N_{45}P_{60}K_{60}$	13,2	14,1	24,0	26,8	44,1	51,4	6,01	7,29
$N_{15}P_{60}K_{60} + N_{15}$	12,9	13,9	24,9	27,6	45,0	53,5	6,21	7,64
$N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$	13,3	14,8	25,1	28,9	45,1	56,2	6,31	8,12
НІР <sub>0,05</sub> загальна	1,13		2,37		4,13		0,83	

*\*Примітка:* б/і – варіанти досліду без застосування інокуляції; і – варіанти досліду із застосуванням передпосівної інокуляції.

За проведення бактеризації насіння зростала також кількість насінин на рослині: у сорту Кобуко – на 2,6 шт./рослині, у сорту Титан – на 3,2 шт./рослині, відносно контролю. За внесення мінеральних добрив значення

даного показника зростали, відповідно, на 21,7–53,1 та 21,9–42,8 %. Найбільше насінин на рослині, за результатами досліджень, формувалось за внесення  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$  – відповідно, 40,5 та 45,1 шт./рослині. Максимальна кількість насінин на одній рослині сої у досліді відмічена за сумісної дії інокуляції та мінерального удобрення – приріст відносно контролю у сорту Кобуко склав 55,0–93,7 %, у сорту Титан – 46,1–78,6 %.

Маса насіння з однієї рослини є одним із ключових показників індивідуальної продуктивності сої. Залежно від умов вирощування, рівня забезпечення рослин факторами життя та сортових особливостей, цей показник може варіювати від 0,1 до 30 г [19].

Серед варіантів нашого досліду найбільша маса насінин з рослини відмічена у сорту Титан (8,12 г/рослину) за технологічної моделі, що передбачала проведення інокуляції посівного матеріалу препаратом Біомаг-Соя та внесення мінерального добрива у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ . Рослин сорту Кобуко формували максимальну масу насіння з однієї рослини на аналогічному варіанті – 7,50 г/рослину.

Умови вирощування суттєво впливають також на масу 1000 насінин сої. Хоча цей показник є сортовою характеристикою, його величина може змінюватися у межах 20–30 % під дією зовнішніх факторів, що визначають ріст і розвиток рослин. Варіювання маси окремої насінини тісно корелює із загальним рівнем урожайності [19].

У наших дослідженнях у результаті дії та взаємодії факторів інокуляції та удобрення встановлена певна мінливість маси 1000 насінин сої (табл. 3.9).

Найбільша маса 1000 насінин у сортів Кобуко (148,2 г) та Титан (145,6 г) була за проведення інокуляції насіння препаратом Біомаг-Соя та внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ . Приріст до контролю був, відповідно, 10,4 та 10,2 %.

Таблиця 3.9

## Маса 1000 насінин сої залежно від досліджуваних чинників, г

Удобрення	Кобуко		Титан	
	б/і*	і	б/і	і
Без добрив (контроль)	134,6	140,9	132,3	137,1
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	139,3	145,0	136,0	141,6
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	140,1	145,8	137,1	142,8
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	141,6	146,6	139,0	143,8
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	142,2	148,2	140,7	145,6
HP <sub>0,05</sub> загальна	6,53			

*\*Примітка:* б/і – варіанти досліду без застосування інокуляції;  
і – варіанти досліду із застосуванням передпосівної інокуляції.

До ключових показників, що визначають придатність посівів сої до механізованого збирання з мінімальними втратами урожаю, є висота прикріплення нижнього бобу, оптимальні значення якої становлять 12–15 см. Значення цього параметра обумовлюють як сортові особливості, так і гідротермічні умови впродовж вегетації, ґрунтово-кліматичні чинники та застосовані агротехнічні заходи [19].

Встановлено, що під дією досліджуваних чинників висота прикріплення нижнього бобу у рослин сорту Кобуко коливалась у межах 11,6–14,2 см, у сорту Титан – 12,0–14,8 см, що повністю відповідає допустимим технологічним нормам. Експериментально доведено, що без мінерального удобрення бактеризація насіння препаратом Біомаг-Соє на висоту прикріплення нижнього бобу суттєво не впливала. Проте, при поєднанні чинників бактеризації й мінерального удобрення висота прикріплення нижнього бобу у сорту Кобуко зростала на 0,2–2,3 см, у сорту Титан – на 0,3–2,8 см.

Таким чином, найкращі умови для формування оптимальних показників індивідуальної продуктивності рослин сортів сої Кобуко та Титан забезпечувались за поєднання передпосівної інокуляції насіння препаратом Біомаг-Соє з внесенням мінеральних добрив у дозі N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> та додатковим

підживленням  $N_{15}$  у фазі бутонізації. Саме така комбінація технологічних заходів сприяла підвищенню загального рівня урожайності.

## **6.2. Урожайність зерна сої залежно від технологічних прийомів вирощування**

Нинішні технології вирощування сільськогосподарських культур і, зокрема, сої характеризуються зростаючою складністю та високим рівнем наукоємності. Досягнення високого врожаю можливе лише за умови глибокого розуміння впливу окремих факторів і їх взаємодії на ріст і розвиток рослин, а також здатності прогнозувати реакцію рослинного організму на ці чинники [10, 20, 24].

Аналіз показників урожайності та його якісних характеристик дає змогу об'єктивно оцінити результативність застосованих агротехнічних прийомів. За результатами проведеного польового експерименту встановлено, що максимальну зернову продуктивність досліджувані сорти сої Кобуко (2,89 т/га) та Титан (3,15 т/га) формували за проведення бактеризації насіння Біомаг-Соя та внесення  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$  (у фазу бутонізації), що дозволило отримати на посівах сорту. (табл. 3.10).

Порівняно до абсолютного контролю приріст урожаю на зазначених варіантах становив, відповідно, 1,01 та 0,97 т/га або 54,0 та 44,7 %.

Застосовуючи лише мінеральні добрива врожай сорту Кобуко зростав на 23,2–34,3 %, сорту Титан – на 21,6–33,0 % при абсолютних контролях – 1,88 та 2,18 т/га, відповідно. Максимальні прирости врожаю були на варіантах, де вносили мінеральні добрива у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}+N_{15}$  (у фазі бутонізація) – у сорту Кобуко становила 2,52 т/га, у сорту Титан – 2,89 т/га.

Позитивно на рівень зернової продуктивності впливала інокуляція насіння препаратом Біомаг-Соя, яка на неудобрених ділянках забезпечила приріст урожаю у сорту Кобуко на рівні 0,26 т/га, у сорту Титан – 0,23 т/га.

Таблиця 3.10

**Урожайність зерна сої залежно від технологічних прийомів  
вирощування, т/га**

Удобрення	Інокуляція	Середнє	Прибавка	
			т/га	%
<b>Кобуко</b>				
Без добрив	без інокуляції	1,88	-	-
	інокуляція	2,14	0,26	14,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	2,31	0,43	23,2
	інокуляція	2,68	0,80	42,8
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	2,45	0,57	30,6
	інокуляція	2,71	0,83	44,3
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	2,46	0,58	31,1
	інокуляція	2,79	0,91	48,6
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	2,52	0,64	34,3
	інокуляція	2,89	1,01	53,9
<b>Титан</b>				
Без добрив	без інокуляції	2,18	-	-
	інокуляція	2,41	0,23	11,1
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	2,64	0,46	21,6
	інокуляція	2,82	0,64	29,8
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	без інокуляції	2,71	0,53	24,8
	інокуляція	2,86	0,68	31,6
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	2,77	0,59	27,5
	інокуляція	3,00	0,82	38,0
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	без інокуляції	2,89	0,71	33,0
	інокуляція	3,15	0,97	44,8
НІР <sub>0,05</sub> загальна		0,52	-	-

За реакцією на досліджувані агротехнічні чинники обидва сорти були подібними. При цьому, урожайність зерна сорту Кобуко у досліді складала знаходилась у межах 1,88–2,89 т/га, сорту Титан – 2,18–3,15 т/га.

Таким чином, в умовах Лісостепу Правобережного Найвищу врожайність досліджуваних сортів сої – у межах 2,89–3,15 т/га отримали за технологічної моделі, згідно якої проводили бактеризацію насіння препаратом Біомаг-Соя та вносили N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>+N<sub>15</sub> (у фазі бутонізації). На вказаних варіантах досліді вищу продуктивність забезпечував сорт сої Титан.

### 3.9 Вплив технологічних чинників вирощування на вміст сирого протеїну та олії в зерні сої

Незважаючи на те, що вміст білка (33–52 %) й олії (14–25 %) у зерні сої, в основному, визначається генетичними особливостями сорту, їхній рівень до певної міри може варіювати під впливом зовнішніх чинників, зокрема, технологічних прийомів вирощування [24, 33].

У наших дослідженнях вміст сирого протеїну у зерні сої сорту Кобуко становив 38,46–40,72 %, у сорту Титан – 38,46–40,72 %. В наслідок інокуляції насіння сої препаратом Біомаг-Соя за вирощування її на неудобреному фоні білковість зерна зростала, відповідно на 1,09 та 0,83 %. За внесення мінеральних добрив прибавка до контролю становила в межах 0,73–2,05 %, залежно від сорту.

Таблиця 3.11

#### Вплив норм мінеральних добрив та інокуляції на вміст сирого протеїну в насінні сої та його вихід

Удобрення	Вміст олії, %		Вихід олії, т/га		Вміст сирого протеїну, %		Вихід сирого протеїну, т/га	
	б/і*	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Кобуко								
Без добрив	21,01	22,02	0,39	0,47	38,46	39,30	0,72	0,84
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	20,22	21,31	0,46	0,56	39,86	40,25	0,92	1,08
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19,84	21,20	0,48	0,57	40,02	40,26	0,98	1,09
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	20,24	21,26	0,49	0,59	40,26	40,55	0,99	1,13
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	19,86	21,29	0,50	0,61	40,52	40,72	1,02	1,17
Титан								
Без добрив	19,11	20,60	0,41	0,49	38,90	40,00	0,84	0,96
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,31	19,70	0,48	0,55	40,52	41,08	1,07	1,16
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18,22	19,65	0,49	0,56	40,76	41,24	1,10	1,18
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	18,36	20,09	0,50	0,60	40,78	41,46	1,13	1,24
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	18,20	19,84	0,52	0,62	40,90	41,82	1,18	1,31
НІР <sub>0,05</sub> загальна	3,46		0,17		4,62		0,20	

\*Примітка: б/і – без застосування інокуляції;

і – насіння інокульоване

Визначено, що за роздрібного внесення азотних добрив у зерні досліджуваних сортів сої нагромаджувався вищий вміст сирого протеїну, порівняно з варіантами, де аналогічну масу азоту вносили одноразово.

Максимальний вміст сирого протеїну у зерні сорту Кобуко (40,72 %) та сорту Титан (41,82 %) було одержано на варіантах, де проводили інокуляцію насіння препаратом Біомаг-Соє та вносили  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$  – отримані значення перевищували контроль, відповідно, на 2,25 та 2,91 %.

Хоча вміст сирого протеїну в насінні є важливим показником його якості, більш об'єктивну оцінку ефективності технології вирощування сої забезпечує показник виходу протеїну з одиниці площі. У нашому досліді, за відсутності удобрення та інокуляції вихід сирого протеїну з посівів сорту Кобуко становив 0,72 т/га, сорту Титан – 0,84 т/га. За проведення інокуляції насіння значення даного показнику в обох сортів зростало на 0,12 т/га. За умови внесення повного мінерального добрива вихід сирого протеїну з гектару зростав на 0,20–0,30 т/га у сорту Кобуко та на 0,23–0,34 т/га – у сорту Титан. Найбільш ефективним було поєднання технологічних чинників інокуляції насіння та внесення мінеральних добрив, в наслідок чого вихід сирого протеїну зростав на 30,2–61,5 % та 25,8–55,2 %, відповідно.

Серед сортів, що вивчали у дослід, вищий вміст олії в зерні нагромаджував сорт Кобуко – 19,84–22,02 % олії. В зерні сорту Титан вміст олії становив 18,22–20,60 %.

За інокуляції насіння вміст олії в сої сорту Кобуко зростав на 1,02 %, сорту Титан – 1,48 %. За проведення лише мінерального удобрення вміст олії, навпаки, знижувався – відповідно, на 0,12–1,14 та 0,14–0,90 %. Причому, зі збільшення норми азотних добрив вміст олії в зерні обох сортів інтенсивніше знижувався. При взаємодії зазначених технологічних заходів було відмічено приріст олії – у сорту Кобуко на 0,18–0,92 %, у сорту Титан – 0,53–1,35 %.

Залежно від вмісту олії в зерні та врожайності варіював загальний вихід олії з площі. Загалом, збір олії збільшувався зі збільшенням урожайності і складав у сорту Кобуко 0,39–0,61 т/га, у сорту Титан – 0,41–0,63 т/га.

За рахунок більшого врожаю при нижчій олійності зерна максимальний вихід олії забезпечував сорт сої Титан (0,62 т/га) за проведення інокуляції насіння та внесення  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ . Сорт Кобуко на аналогічному варіанті забезпечив також найвищий вихід олії – на рівні 0,61 т/га.

Таким чином, в умовах Лісостепу правобережного з метою одержання 1,17–1,31 т/га сирого протеїну та 0,61–0,62 т/га олії необхідно проводити інокуляцію насіння препаратом Біомаг-Соя та вносити  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$  у фазі бутонізації. Більш продуктивним за рівнем нагромадження сирого протеїну в зерні та виходом його з одиниці площі виявився сорт Титан.

### РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

#### 4.1. Економічна оцінка

Попит на сою як цінну високобілкову й олійну культуру постійно зростає, що обумовлює розширення площ її вирощування та створення нових високопродуктивних і технологічних її сортів. Для їх ефективного використання у виробництві необхідним є опрацювання сортової технології вирощування, яка б забезпечувала не лише повну реалізацію потенціалу продуктивності, а й отримання високоякісної та економічно вигідної продукції.

Чистий прибуток показує різницю між вартістю вирощеного врожаю і виробничими витратами; рентабельність – це відсоткове відношення чистого прибутку до виробничих витрат. Економічно ефективні технології вирощування культур – це ті, які забезпечують одержання максимального врожаю з одиниці площі за найменших витрат праці й коштів. Відтак, оцінка економічної ефективності показує кінцевий результат від всіх вкладених засобів виробництва й живої праці і розраховується їх відношенням до одержаних результатів [1, 6].

За результатами економічного аналізу технологічних моделей вирощування сої визначено (табл. 4.1).

Найнижчу собівартість 1 т зерна було одержано на неудобрених варіантах, де висівали насіння, інокульоване Біомаг-Сою – 10560 грн/т у сорту Кобуко та 8796 грн/т у сорту Титан. На варіантах, де вносили мінеральні добрива та висівали неінокульоване насіння, у наслідок збільшення виробничих витрат зростала й собівартість вирощеної продукції – до 9928–10486 та 8664–9458 грн/т, відповідно. Поєднання технологічних заходів удобрення та інокуляції насіння сприяло збільшенню приросту врожаю та як результат – зниження собівартості 1 т насіння.

Таблиця 4.1

**Економічна ефективність вирощування сої залежно від  
технологічних прийомів вирощування**

Удобрення	Іноку- ляція	Виробничі витрати, грн/га	Вартість урожаю, грн	Собівартість 1 т, грн	Чистий прибуток, грн	Рівень рентабельності, %
<b>Кобуко</b>						
Без добрив	1*	22005	42574	11705	20568	93
	2	22598	47241	10560	24643	109
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	27323	50274	11828	22951	84
	2	27916	56691	10416	28775	103
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	27823	52666	11356	24843	89
	2	28416	57274	10486	28858	102
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	27599	52957	11219	25358	92
	2	28192	58674	10105	30482	108
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	28099	54009	11150	25910	92
	2	28692	60368	9928	31676	110
<b>Титан</b>						
Без добрив	1	20605	47769	9452	27168	132
	2	21198	52085	8796	30887	146
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	25923	56108	9819	30185	116
	2	26516	59141	9403	32625	123
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	26423	57217	9750	30794	117
	2	27016	59957	9446	32941	122
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	26199	58383	9458	32184	123
	2	26792	62291	8931	35499	132
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	26699	60482	9238	33783	127
	2	27292	64917	8664	37625	138

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

Зі зростанням урожайності зерна сої зростав також чистий прибуток. За проведення інокуляції насіння на неудобрених ділянках прибуток від вирощування сої сорту Кобуко становив 24643 грн/га, сорту Титан – 30887 грн/га, що перевищувало контроль, відповідно, на 4075 та 3719 грн/га. Сівба необробленим насінням за мінерального удобрення забезпечила одержання чистого прибутку у сорту Кобуко на рівні 22951–25910 грн/га, у сорту Титан – у межах 30185–33783 грн/га.

Найбільш прибутковими були ділянки, де вивчали взаємодію чинників інокуляції насіння Біомаг-Соя та внесення  $N_{15-30}P_{60}K_{60} + N_{15}$  (у фазі бутонізації). За такої технологічної моделі прибуток у сорту Кобуко складав 30482–31676 грн/га, у сорту Титан 35499–37625 грн/га, що перевищувало контроль, відповідно, на 58,2–65,3 та 35,1–44,5 %.

Аналізуючи рівень рентабельності при вирощуванні сої за запропонованими технологічними моделями встановлено, що при сівбі неінокульованим насінням на фоні мінерального удобрення значення цього показника були нижчі ніж на контролі в обох сортів. На варіантах, де проводили удобрення та інокуляцію насіння, в наслідок росту чистого прибутку рівень рентабельності зростав до 102-110 % у сорту Кобуко та до 122–138 % у сорту Титан.

Таким чином, найбільш економічно ефективною була технологічна модель вирощування сортів сої Кобуко та Титан, що передбачає внесення  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$  (у фазі бутонізації) та проведення інокуляції насіння препаратом Біомаг-Соя, що дозволяло одержати чистий прибуток 31676 та 37625 грн/га, відповідно, при рівні рентабельності 110 та 138 %.

#### **4.2. Енергетична оцінка**

У зв'язку з тим, що економічна оцінка ефективності застосування тих чи інших технологічних заходів за нестабільності у цінній оцінці отриманої продукції є не завжди достатньо об'єктивною останніми роками все частіше виконують енергетичний аналіз технологічного процесу вирощування культури. Така оцінка дозволяє більш точно співставити сукупно затрачену енергію на технологічні процеси й операції та енергію, акумульовану в увирощеній продукції. Відтак, економічна й енергетична оцінка ефективності технологічних прийомів вирощування с.-г. культур взаємодоповнюють одна одну [1].

Встановлено, що найменший вихід енергії з урожаєм сої був на контрольних варіантах – 31,69 ГДж/га у сорту Кобуко та 36,66 ГДж/га у сорту

Титан (табл. 4.2). При цьому, витрати сукупної енергії при вирощуванні цих сортів становили 22,15 ГДж/га, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 1,44 та 1,67, відповідно.

Таблиця 4.2

**Енергетична ефективність вирощування сої залежно від технологічних прийомів вирощування**

Удобрення	Інокуляція	Вихід загальної енергії з урожаєм, ГДж/га	Витрати сукупної енергії на вирощування, ГДж/га	Коефіцієнт енергетичної ефективності
<b>Кобуко</b>				
Без добрив	1*	31,69	22,15	1,44
	2	36,16	22,38	1,64
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	39,06	26,01	1,77
	2	45,21	26,24	2,05
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	41,35	27,31	1,88
	2	45,76	27,54	2,08
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	41,63	26,01	1,89
	2	47,11	26,24	2,14
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	42,64	27,31	1,94
	2	48,73	27,54	2,21
<b>Титан</b>				
Без добрив	1	36,66	22,15	1,67
	2	40,79	22,38	1,85
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	44,65	26,01	2,03
	2	47,55	26,24	2,16
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1	45,71	27,31	2,07
	2	48,33	27,54	2,19
N <sub>15</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	46,83	26,01	2,12
	2	50,57	26,24	2,29
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>15</sub>	1	48,84	27,31	2,22
	2	53,08	27,54	2,41

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

За проведення бактеризації насіння препаратом Біомаг-Соє вихід енергії з урожаєм у сортів Кобуко та Титан зростав, відповідно, на 4,47 та 4,13 ГДж/га. При цьому, КЕЕ зростав до 1,64 у сорту Кобуко та 1,85 – у сорту Титан. Вирощуючи сою за внесення мінеральних добрив, проте без інокуляції

кількість акумульованої енергії в урожаї зростала до 34,42–2,64 ГДж/га у сорту Кобуко і 41,18–48,84 ГДж/га – у сорту Титан.

Найбільше акумульованої у врожаї енергії було відмічено при роздрібному внесенні азотних добрив – приріст до контролю становив у сорту Кобуко 9,95–10,96 ГДж/га, у сорту Титан – 10,16–12,17 ГДж/га. На зазначених варіантах КЕЕ складав 1,89–1,94 та 2,12–2,22, відповідно.

Найвищу ефективність вирощування обох сортів сої забезпечувала взаємодія технологічних прийомів інокуляції насіння та мінерального удобрення. В результаті, коефіцієнт енергетичної ефективності сорту Кобуко становив 1,83–2,21, сорту Титан – 2,01–2,41.

Таким чином, встановлено, що найбільш доцільним з точки зору енергетичної ефективності, є поєднання передпосівної бактеризації насіння препаратом Біомаг-Соя та внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ , що забезпечує отримання КЕЕ на рівні 2,21–2,41.

## ВИСНОВКИ

Після опрацювання наукової літератури за темою досліджень, , а також проведеного аналізу результатів польових та лабораторних досліджень можна зробити нижчезазначені висновки:

1. Найсприятливіші умови для збереженості рослин впродовж їх вегетації були за поєднання інокуляції насіння препаратом Біомаг-Соє та внесення  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ . В результаті, на час збирання урожаю густина стояння рослин сорту Кобуко була на рівні 65,5 шт./м<sup>2</sup>, сорту Титан – 67,4 шт./м<sup>2</sup>.

2. Максимальна висота рослин сої була у фазі наливу зерна. Вищий лінійний ріст рослин (сорт Кобуко 95,2 см, сорт Титан 100,5 см) на варіантах, що передбачали передпосівну обробку насіння Біомаг-Соє та внесення  $N_{30}P_{60}K_{60}$  в основне удобрення і  $N_{15}$  у підживлення у фазі бутонізації. Отримані значення перевищували контроль, відповідно, на 22,1 та на 23,2 %.

3. Найбільший приріст вегетативної маси отримано на ділянці, де висівали насіння, інокероване препаратом Біомаг-Соє та вносили мінеральні добрива у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  під основний обробіток і  $N_{15}$  – у підживлення рослин у фазі бутонізації. За таких умов посіви сорту Кобуко перевищували контрольні варіанти, за даним показником на 63,5 %, сорту Титан – на 64,4 %. На цих варіантах було відмічено і найвищий вихід сухої речовини – відповідно, 6,52 та 7,16 т/га.

4. Найкращі умови для формування листкової поверхні у сорту сої Кобуко (45,2 тис. м<sup>2</sup>/га) та сорту Титан (46,9 тис. м<sup>2</sup>/га) склались за проведення бактеризації насіння бактеріальним препаратом Біомаг-Соє та внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ .

5. Передпосівна обробка насіння сої препаратом Біомаг-Соє та роздрібне внесення азотних добрив на фоні  $P_{60}K_{60}$  забезпечувало збільшення кількості та маси активних бульбочок на коренях сої у сорту Кобуко, відповідно, до 42,9–43,4 шт./рослину й 1,24–1,27 г/рослину, у сорту Титан – 50,4–51,1 шт./рослину і 1,53–1,57 г/рослину. Найкраще симбіотичний апарат, як за кількістю, так і за масою активних бульбочок формувався на варіантах,

де висівали інокульоване насіння та вносили повне мінеральне добривл у нормі  $N_{30}P_{60}K_{60} + N_{15}$ .

6. Оптимальні параметри індивідуальної продуктивності рослин сортів Кобуко та Титан формувались за поєднання передпосівної інокуляції насіння препаратом Біомаг-Соя з внесенням мінеральних добрив у дозі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  та додатковим підживленням  $N_{15}$  у фазі бутонізації. За такої технологічної моделі було одержано і найвищу у досліді урожайність (2,89–3,15 т/га) та вихід сирого протеїну та олії. Вищу подуктивність як за врожайністю, так і за виходом сирого протеїну та олії забезпечував сорт Титан.

## ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Тернопільської області на чорноземі типовому малогумусному для отримання урожайності насіння сої на рівні 3,15 т/га із вмістом сирого протеїну 41,82 % та олії 19,84 рекомендується висівати сорт сої Титан, проводити інокуляцію насіння бактеріальним препаратом Біомаг-Соя та вносити мінеральні добрива в дозі  $N_{30}P_{60}K_{60}$  в основне удобрення й  $N_{15}$  – у підживлення у фенологічній фазі бутонізації рослин.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств. Київ : КНЕУ, 2004. 624 с.
2. Бабич А. О., Іванюк С. В., Темченко І. В., Колісник С. І. Мінливість показників якості насіння сортів сої в умовах правобережного Лісостепу. *Селекція і насінництво*. Харків : Магда LTD, 2008. Вип. 96. С. 347–352.
3. 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*. 2011. Вип. 68. С. 48–52.
4. Бабич А. О., Кулик М. Ф., Макаренко П. С. Методика проведення досліджень у кормовиробництві та годівлі тварин / за ред. А. О. Бабича. Київ : Аграрна наука, 1998. 80 с.
5. Бахмат М. І., Бахмат О. М., Трач І. В. Сортова продуктивність сої в умовах Лісостепу Західного. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 76. С. 146–150.
6. Василенко М. Г., Душко П. М. Окупність виробничих витрат у технології вирощування сої за різних систем удобрення. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 1. С. 49–53.
7. Вишнівський П. С. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах правобережного Лісостепу України. *Plant and soil science*. 2020. Vol. 11. № 1. С. 13–22.
8. Гамаюнова В. В., Назарчук А. А. Формування продуктивності сої залежно від сорту, мінерального живлення та обробки насіння біопрепаратами на півдні України. *Агропромислове виробництво Полісся*. Житомир, 2013. Вип. 6. С. 70–73.
9. Гарбар Л. А., Довбаш Н. І., Венгер В. В. Формування продуктивності сої за впливу дії інокуляції, удобрення, стимуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 12–17.

10. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Леонова К. П., Бойко В. П. Урожайність і якість насіння сої за різного удобрення на чорноземі опідзоленому. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 97. Ч. 1. С. 136–144.

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

12. Дзюбайло А. Г., Мигаль І. Б. Формування продуктивності сортів сої залежно від норм висіву насіння, удобрення та інокулювання. *Корми і кормовиробництво*. 2015. Вип. 69. С. 129–132.

13. Дідора В. Г., Деробон І. Ю., Саврасих Л. Д. Технологічні показники якості сої залежно від інокуляції та удобрення в умовах українського Полісся. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. № 1 (58). Т. 1. С. 57–63.

14. Дідора В. Г., Ступніцька О. С., Баранов А. І. Продуктивність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2013. № 1 (1). С. 80–83.

15. ДСТУ ISO 5983-1:2014 Корм для тварин. Визначення вмісту азоту та обчислення вмісту сирого протеїну. Частина 1. Метод К'ельдаля (ISO 5983-1:2005, IDT) [Чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 12 с. (Інформація та документація).

16. ДСТУ ISO 6492:2003 Корми для тварин. Визначання вмісту жиру. (ISO 6492:1999, IDT). [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2005. 12 с.

17. Забарна Т. А. Динаміка густоти стояння та виживаність сої, залежно від позакореневих підживлень в умовах Правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 14. С. 88–95.

18. Заболотний Г. М., Циганська О. І. Роль мінерального живлення у формуванні фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу

правобережного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. № 58 (2). С. 56–62.

19. Заболотний Г. М., Циганський В. І., Циганська О. І. Вплив мінеральних добрив та мікродобрива на формування індивідуальної продуктивності рослин сої в умовах Лісостепу правобережного. *Агробіологія*. 2018. № 2. С. 130–133.

20. Іванюк С. В., Вільгота М. В., Жаркова О. Ю. Вплив гідротермічних умов на формування продуктивності сої в Умовах лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 82. С. 21–28.

21. Івасик М. В. Формування продуктивності нових сортів сої в умовах Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. №133. С. 19–24.

22. Кобак С. Я., Серветник О. В., Чорна В. М. Обов'язковий елемент технології вирощування сої – бактеризація. *Агробізнес сьогодні*. 2017. № 4. С. 62–65.

23. Лихочвор В. В., Щербачук В. М., Панасюк Р. М., Панасюк О. В. Вплив удобрення на формування фотосинтетичної та зернової продуктивності сої в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 60. С. 88–96.

24. Ляшенко В. В., Лотиш І. І., Тараненко А. О., Крикунова В. Ю., Кундиус К.О. Вплив азотних добрив на урожайність та якість насіння сої. *Вісник Полтавської державної академії*. 2019. № 4. С. 58–65.

25. Мельник А. В., Романько Ю. О. Вплив комплексного застосування азотних добрив та бактеріальних препаратів на врожайність сої в умовах лівобережного лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2015. Вип. 9 (30). С. 170–172.

26. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / ред. : В. В. Волкодав; Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. 2000. 100 с.

27. Молдован В. Г., Молдован Ж. А., Собчук С. І. Формування врожаю сої залежно від технологічних елементів вирощування в умовах правобережного

Лісостепу України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. № 2 (50), т. 1. С. 279–285.

28. Новохацький М. Л. Оптимізація умов фотосинтезу агроценозів сої та використання рослинами його продуктів. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2017. Вип. 21. С. 258–267.

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

30. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенка. Київ : Дія, 2005. 288 с.

31. Патика В. П., Гнатюк Т. Т., Булеца Н. М., Кириленко Л. В. Біологічний азот у системі землеробства. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 12–20.

32. Петриченко В. Ф., Кобак С. Я., Темрієнко О. О. Особливості симбіотрофного живлення та формування урожайності сортів сої в умовах Лісостепу правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 77–86.

33. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Іванюк С. В. Соя : монографія. Вінниця : Діло, 2016. 400 с.

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

35. Соя : монографія / за ред. В. В. Кириченка. Харків, 2016. 400 с.

36. Темрієнко О.О. Симбіотична продуктивність та урожайність насіння сої залежно від інокуляції та позакореневих підживлень в умовах Лісостепу правобережного. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2018. Вип.9. С.187–199.

37. Цехмейструк М. Г., Шелякін В. О., Глибокий О. М Застосування добрив і оптимізація агрофону живлення сої. *Селекція і насінництво*. 2018. Вип. 113. С. 227–234.

38. Циганська О. І. Вплив мінеральних добрив, передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення мікроелементами на якісні показники зерна сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8. С. 82–90.

39. Циганська О. І., Циганський В. І. Вплив системи удобрення на проходження фаз росту і розвитку сортів сої та на показник коефіцієнту збереження рослин. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 13. С. 105–118.

40. Четверик О. О., Шакалій С. М., Марініч Л. Г. Вплив елементів технології на фотосинтетичну продуктивність посівів сої. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 200–206.

41. Чинчик О. С. Вплив способів удобрення на формування структури та врожайності сої (*Glycine max (L.) Merr.*) в умовах Лісостепу Західного. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2016. Вип. 24. С. 35–41.

42. Чинчик О. С., Оліфірович С. Й. Фотосинтетична продуктивність посівів сої залежно від впливу елементів технології вирощування. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. №38. С. 55–63.

43. Чинчик О. С., Оліфірович С. Й., Оліфірович В. О., Кравченко В. С. Застосування мікробних препаратів у технології вирощування зернобобових культур. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 207–216.

44. Чорна В. М. Насіннева продуктивність сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2016. Вип. 82 С. 69–77.

45. Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Черешнюк В. В. Динаміка кількості бульбочок залежно від інокуляції насіння сої та позакорневих підживлень. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 138. С. 229–235. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.29>.

46. Шовкова О.В. Особливості вирощування сої за умов зміни клімату. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та*

освіти : зб. тез II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 10-12 квіт. 2019 р.). Київ-Миколаїв-Херсон : ДУ НМЦ «Агроосвіта», 2019. С. 92–93.

47. Яровий Я. О. Продуктивність сої залежно від удобрення та інокуляції. *Збірник Уманського НУС*. 2024. С. 268–278.

48. Яровий Я. О. Формування показників росту рослин сої залежно від інокуляції та удобрення. *Аграрні інновації*. 2024. № 28. С. 128–133.

49. Fan Y., Chen J., Wang Z., Tan T., Li S., Li J., Wang B., Zhang J., Cheng Y., Xiaoling Wu, Yang W., Yang F. Soybean (*Glycine max L. Merr.*) seedlings response to shading: leaf structure, photosynthesis and proteomic analysis. *BMC Plant Biology*. 2019. URL: <https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-019-1633-1>.

50. Fogelberg F. Soybean (*Glycine max*) cropping in Sweden—influence of row distance, seeding date and suitable cultivars. *Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci*. 2021. Vol. 71(5). P. 311–317.

51. Panasiewicz K., Faligowska A., Szymańska G., Ratajczak K., Sulewska H. Optimizing the amount of nitrogen and seed inoculation to improve the quality and yield of soybean grown in the southeastern baltic region. *Agriculture*. 2023. Vol. 13. P. 798.